



Bilan 2012 du suivi Temporel des libellules en France

Quels sont les paramètres qui influent l'estimation des probabilités d'occupation des sites et de détection des espèces d'odonates ?



**Programme coordonné par
la Société Française d'Odonatologie,
l'Office Pour les Insectes et leur Environnement,
le Conservatoire d'espaces naturels du Nord et du Pas-de-Calais et
le Muséum national d'Histoire naturelle**

**Dans le cadre du
Plan national d'actions en faveur des odonates
et du programme Vigie-Nature**

Anne-Laure Gourmand
Cédric Vanappelghem

Avec le soutien de :



Table des matières

Remerciements	3
1. Introduction.....	4
2. Matériel et méthode	4
a. Rappel du protocole STELI.....	4
b. Méthode d'analyse.....	5
3. Résultats descriptifs du jeu de données 2012.....	6
a. Bilan de la participation.....	6
b. Bilan des espèces recensées	10
c. Recensement des co-variables qui influent le taux d'occupation des sites ou la probabilité de détection des espèces	11
4. Résultat de l'influence des co-variables identifiées sur le taux d'occupation des sites et la probabilité de détection des espèces	18
a. Analyse de l'effet observateur	18
b. Calcul du taux d'occupation et de détection pour un exemple de cinq espèces en fonction des co-variables	20
5. Discussion	28
6. Conclusion et perspectives.....	30

Remerciements

Merci Xavier Houard et Raphaëlle Itrac-Bruneau pour le portage efficace et enthousiaste du STELI dans les actions du Plan national d'actions (PNA) odonates.

Merci à Alexandre Robert, Martin Jeanmougin et Grégoire Loïs pour leurs appuis scientifiques.

Merci aux participants à cette deuxième année :

Adrien Simon, Antoine Verny, Baptiste Hubert, Bénédicte Lemaire, Cécile Binet, Claire Archeray, Damien Top, Dominique Mouchéné, Emmanuel Mace, Frédéric Dhainne, Gérard Vermercsh, Heather Cuddy, Julien Masquelier, Jullian Rumi, Kevin Ransquin, Margaux Lecras, Matthieu Lorthiois, Maxime Lionet, Nicolas François, Quentin Dumont, Remy Becquart, Sébastien Meziere, Stéphane Lemonnier, Stephanie Darblade, Thierry Leroy, Thomas Raulin, Yoann Boeglin, Yohan Tison

Et merci aux structures qui ont mis du temps à disposition :

Conservatoire d'espaces naturels de Haute Normandie, Conservatoire d'espaces naturels du Nord et du Pas-de-Calais, Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon, Parc des marais du Cotentin et du Bessin, Maison de l'Environnement de Dunkerque, A Rocha France, Parc naturel régional Scarpe-Escaut, Conseil général du Nord, Parc Naturel Régional des Caps et Marais d'Opale, Réserve naturelle de Baie de Canche, Eden 62, Réserve Naturelle Nationale de l'Etang Noir, Réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy, Observatoire de la biodiversité de Haute Normandie, mairie de Lille

Coordinateurs du programme STELI

Anne-Laure Gourmand et Cédric Vanappelghem

1. Introduction

Elaboré en 2010, puis testé en 2011, le Suivi Temporel des Libellules (STELI) connaît une deuxième année de mise en œuvre.

Ce projet co-piloté par le MNHN, le Conservatoire d'espaces naturels du Nord et du Pas-de-Calais, l'OPIE et la SFO s'intègre dans le Plan national d'actions (PNA) en faveur des odonates et le programme Vigie-Nature. L'objectif du STELI est de suivre l'évolution des populations d'Odonates à l'échelle nationale en s'appuyant sur des réseaux d'observateurs volontaires, afin de diagnostiquer les causes de variations.

Pour suivre les populations d'odonates à très large échelle, il est illusoire de viser l'exhaustivité des inventaires d'Odonates sur l'ensemble du territoire et sur plusieurs années. Egalement, une simple prospection des espèces ne prend pas en compte la probabilité qu'une espèce notée absente n'ait en fait pas été détectée alors qu'elle était présente sur le site. Ainsi, le STELI se base sur la méthode « site occupancy » développée par MACKENZIE *et al.* (2006) qui permet d'estimer la probabilité de présence d'une espèce sur un site en prenant en compte sa détectabilité.

L'objectif de la phase test de 2011 était de tester le protocole dans quelques régions pilotes, et d'évaluer la pertinence de la méthodologie proposée.

Cette année, après un bilan de la participation, nous identifierons les paramètres qui influent l'estimation des probabilités d'occupation des sites et de détection des espèces d'odonates, afin de les prendre en compte pour le calcul des indices, et tester la pertinence des résultats par rapport à la connaissance des espèces. Pour ce faire, nous testerons l'influence des paramètres des habitats aquatiques, terrestres et météorologiques sur l'estimation du taux d'occupation des sites, ainsi que le temps de prospection, et l'effet observateurs sur la détectabilité des espèces.

2. Matériel et méthode

a. Rappel du protocole STELI

Le protocole du STELI reste inchangé par rapport à 2011. Chaque observateur définit le périmètre du site qu'il souhaite suivre et décrit des habitats terrestres et aquatiques à l'aide d'une grille de description standardisée. Pour les sites présentant plusieurs types d'habitats, l'observateur décrit chacun des habitats présents sur le site et les hiérarchise selon leur importance en termes de surface (habitat dominant, secondaire et faiblement représenté). L'observateur informe également des activités humaines pratiquées sur le site.

Les relevés d'espèces ou des groupes d'espèces sont fait sous forme d'inventaire à vue et/ou par capture au plus proche de ce que l'observateur estime être l'exhaustif. Néanmoins, l'observateur a le choix de relever soit la présence des espèces observées, soit des fourchettes d'abondance des espèces observées, soit le dénombrement précis des espèces observées. Pour la capture d'espèces protégées, l'observateur doit détenir une autorisation de capture, obtenue via l'animation régionale du Plan national d'actions. Les observateurs qui le souhaitent peuvent compléter leurs inventaires en prospectant les exuvies ou les larves et renseigner les stades biologiques puis les comportements observés.

Pour garantir une pression d'observation suffisante, l'observateur doit rester au minimum 30 minutes sur le site mais ne doit pas excéder une journée. Par ailleurs, l'observateur indique les heures de début et de fin du relevé STELI.

La saison odonatologique est divisée en 3 sessions : avant le 15 juin, entre le 16 juin et le 31 juillet et après le 1^{er} août. Les relevés doivent être répétés 3 fois par session avec un pas de temps maximum de 15 jours entre les passages. L'observateur choisit une, deux ou trois sessions qu'il renouvellera chaque année dans la mesure du possible.

b. Méthode d'analyse

Les observateurs réalisant la liste des espèces vues durant le temps de chaque passage, toutes les espèces non vues sont considérées comme absentes. Le calcul de la probabilité de détection de l'espèce (p) sur un site donné à partir des 1 (présence) et des 0 (absence ou non détection) permet d'estimer la probabilité qu'un site où l'espèce n'a jamais été observée, d'être pourtant occupé. Les données de présence/absence sont traitées selon la méthodologie « *site occupancy* » décrite par ROYLE & KERY (2007) et ROYLE & DORAZIO (2008) pour estimer le taux d'occupation ajusté à la probabilité de détection de chaque espèce. Ces informations seront traitées avec le logiciel « *Presence 5.9* ».

L'estimation de ces indices peut dépendre de facteurs extérieurs comme les conditions météorologiques, ou la structure de l'habitat. Il s'agit de co-variables et il en existe deux types : celles susceptibles d'influer la probabilité de présence de l'espèce (comme l'habitat), et celles susceptibles d'influer la probabilité de détection de l'espèce (comme le temps de prospection). Ces différentes co-variables sont associées soit au site, donc constantes d'un passage à l'autre (comme l'habitat), soit aux passages (comme la météo).

Pour chaque espèce considérée, nous analyserons les co-variables les plus influentes en retenant le modèle qui présente la valeur du critère d'Akaike le plus bas (noté AIC pour Akaike Information Criterion) (MacKenzie et al., 2006). La significativité de l'influence de chaque co-variable sera ensuite testée.

Le détail de la méthodologie est décrit dans le tutoriel suivant : « Gourmand AL. 2012, Comment analyser des données STELI ? Tutoriel du logiciel Presence - Calcul des probabilités d'occupation des sites et des probabilités de détection des espèces »

3. Résultats descriptifs du jeu de données 2012

a. Bilan de la participation

En 2012, 29 volontaires ont réalisés des relevés STELI sur 86 sites. Une plus vaste couverture géographique a été suivie en 2012 avec 12 départements représentés contre 6 en 2011 (Figure 1). 65 espèces ont été identifiées, comptabilisant ainsi 2171 données. Ceci représente 17 114 minutes de prospections, soit 285 heures. La participation a nettement augmentée entre 2011 et 2012. Un tableau comparatif permet de mieux appréhender cette évolution (Figure 2).

Figure 1 : Localisation des sites STELI suivis en 2012 en France

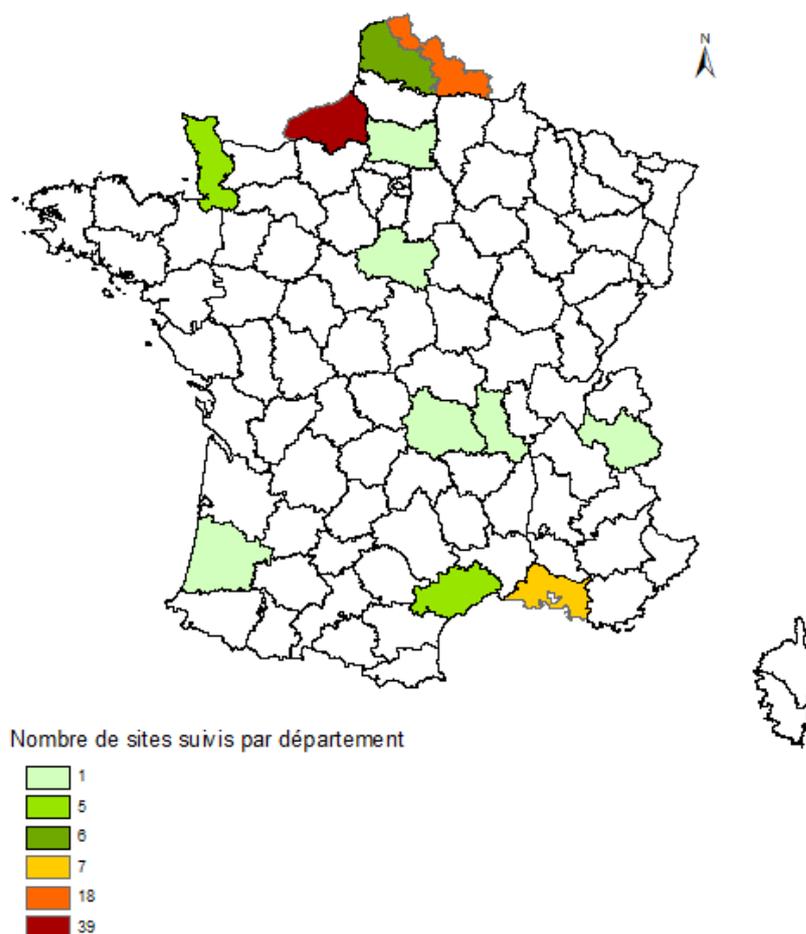
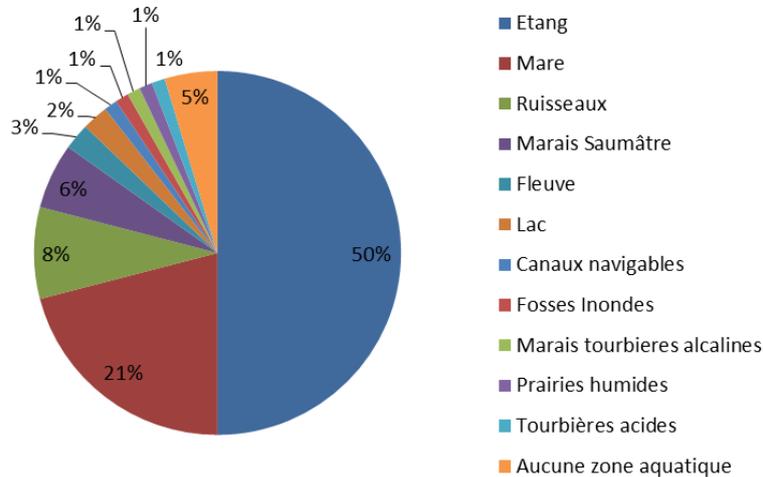


Figure 2 : Evolution de la participation entre 2011 et 2012

	2011	2012
Nombre de sites	55	86
Nombre de départements	6	12
Nombre d'observateurs	22	29
Nombre de données	1512	2171

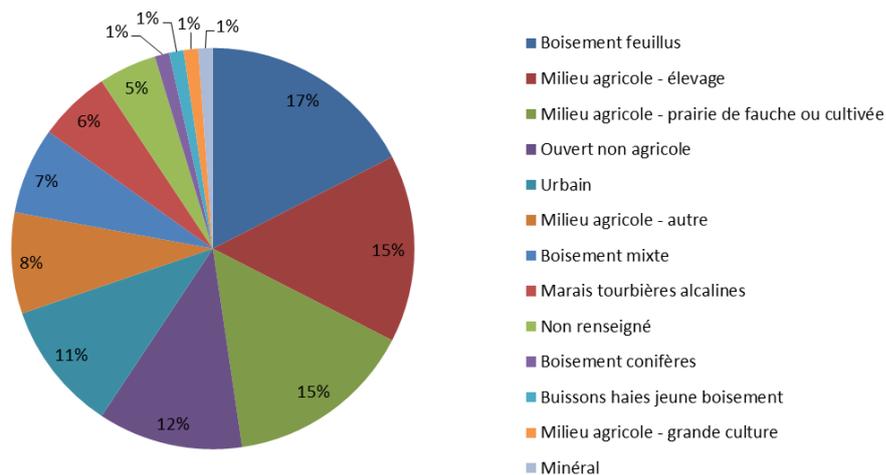
Les habitats aquatiques suivis pendant cette année test sont majoritairement des étangs (50%) et des mares (21%) (Figure 3). Les milieux d'eau courante ne représentent que 11% des sites suivis. 5% des suivis sont réalisés sur des sites entièrement terrestres.

Figure 3 : Habitats aquatiques principaux suivi en 2012



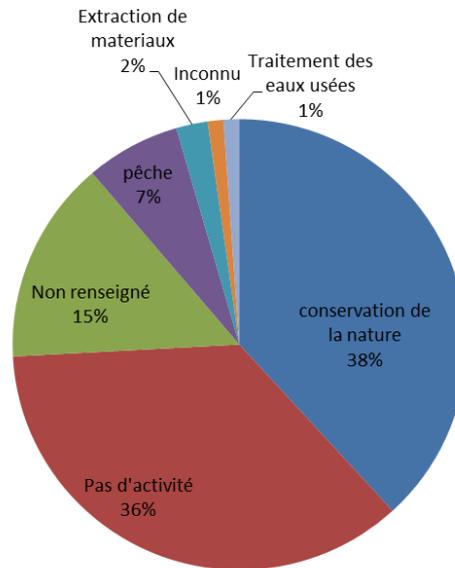
Les milieux terrestres principaux des sites STELI sont assez diversifiés avec 12 types de milieux différents répertoriés (Figure 4). 59% des sites se situent en milieu forestier (feuillu, conifère, ou mixte) et 26% en milieu agricole.

Figure 4 : Milieux terrestres principaux des sites STELI suivis en 2012



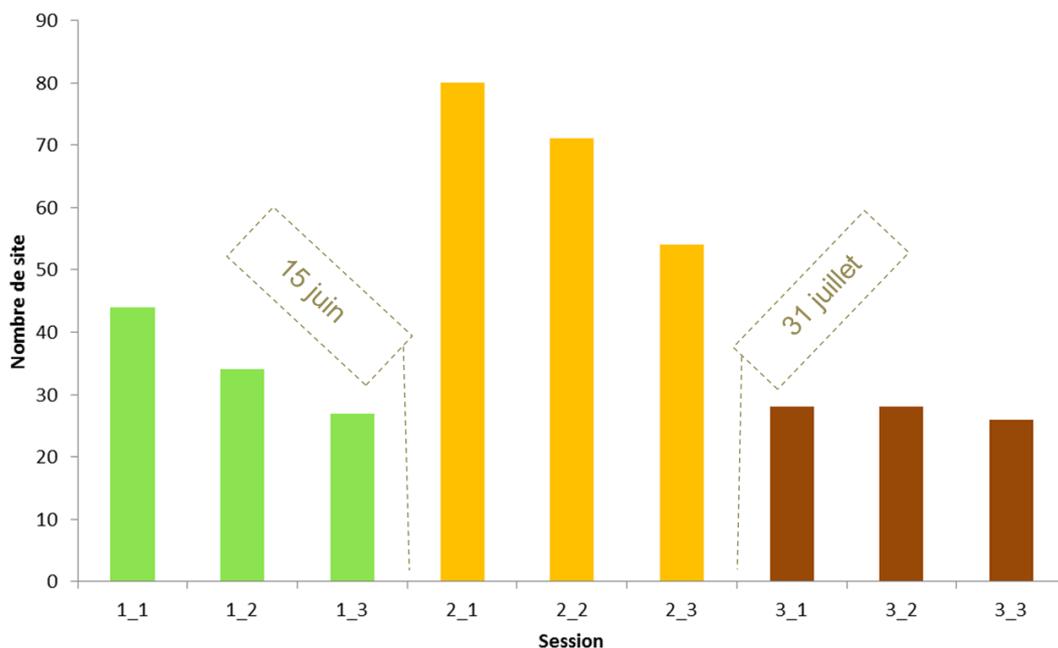
Une grande partie des sites (38%) ont leur gestion tournée autour de la conservation de la nature, et 36% des sites n'accueillent pas d'activité humaine. L'activité humaine la plus représentée est la pêche représentant 7% des sites (Figure 5).

Figure 5 : Activités humaines pratiquées sur les sites STELI suivis en 2012



Le principe du protocole est de réaliser 3 passages soit avant le 15 juin, soit entre le 15 juin et le 31 juillet, soit après le 31 juillet. La Figure 6 illustre le nombre de site qui ont fait l'objet d'une visite, d'une deuxième puis d'une troisième au cours d'une session.

Figure 6 : Nombre de sites ayant fait l'objet de répétition d'inventaire

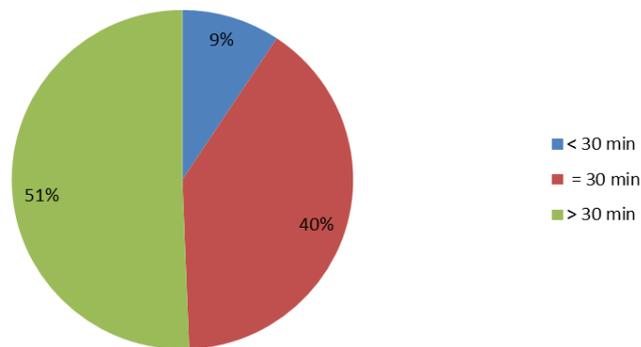


Au total, 391 visites ont été effectuées. La deuxième session a eu beaucoup plus de succès que les deux autres avec 80 sites visités, contre 44 pour la 1^e session et 28 pour la 3^e. Lors de la 1^e session, 23% de sites sont abandonnés lors du 2^e passage et 50% sont abandonnés entre le 1^e et le 3^e passage. Cet ordre de grandeur est moindre pour la 2^e session avec respectivement

11% et 37% d'abandon. En revanche, la fidélité est très forte pour la 3^e session. Tous les sites suivis au 1^e passage l'ont également été pour le 2^e passage. Seul 3 sites ont été arrêtés lors du 3^e passage.

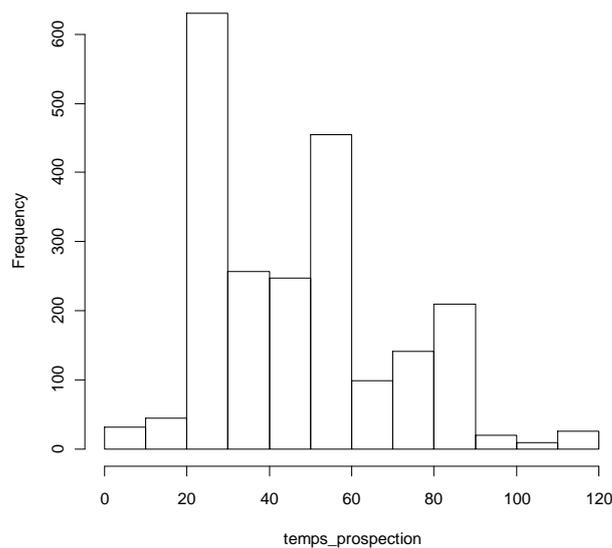
Le protocole conseillait de réaliser un inventaire pendant 30 minutes au minimum. Seul 9% des relevés ont eu une durée inférieure. 40% des inventaires ont été exactement de 30 minutes (contre 26% en 2011) et 51% des relevés ont excédé ce temps minimum (Figure 7).

Figure 7 : Temps de relevé effectué par rapport aux 30 minutes recommandées dans le protocole



Le temps moyen de prospection est en moyenne de 43 minutes, mais est plus hétérogène qu'en 2011. Si 40% des passages font exactement 30 minutes, 18% font entre 50 et 60 minutes (Figure 8).

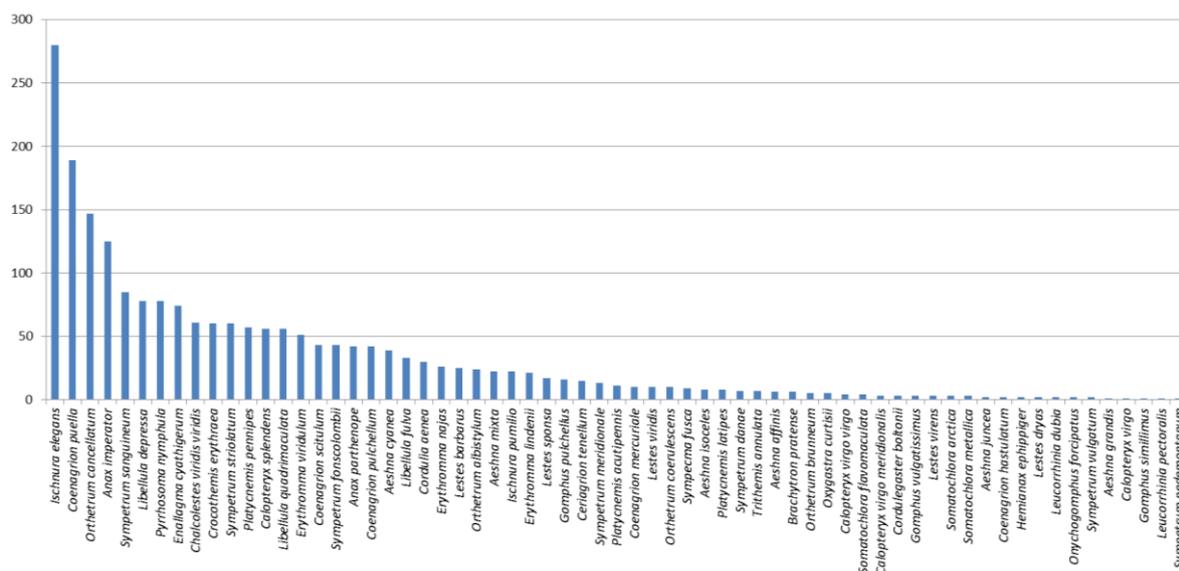
Figure 8 : Représentation du nombre de relevés par unité de temps (exprimé en minutes)



b. Bilan des espèces recensées

65 espèces ont été vues au moins une fois. 13% des observations sont représentées par *Ischnura elegans*, une espèce très commune en France et ubiquiste. Arrivent ensuite *Coenagrion puella*, *Orthetrum cancellatum* et *Anax imperator* qui représentent chacune entre 5 et 10% des observations. Le nombre d'observation de l'ensemble des espèces figure sur le graphique suivant.

Figure 9 : Nombre d'observation par espèce



Tout comme en 2011, la quasi-totalité des identifications ont été faites à l'espèce (96%). Les identifications par groupes d'espèces ne représentent que 3% pour le niveau 1 (comme « libellule jaune »), et 1% pour le niveau 2 (comme *Anax* par exemple) (Figure 10), ce qui est globalement équivalent à 2011. En revanche, 50% des identifications ont eu recours à la capture des individus, contre 40% en 2011 (cette pratique nécessite une autorisation préfectorale de capture dans le cas d'espèces protégées) (Figure 11).

Figure 10 : Proportion de données par niveau de détermination

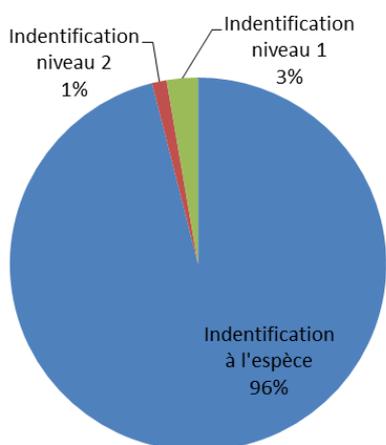
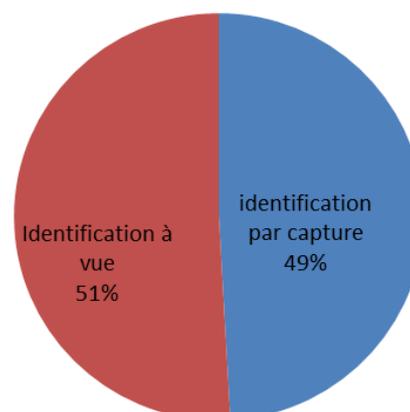


Figure 11 : Proportion d'identifications effectuées à vue et par capture



c. Recensement des co-variables qui influent le taux d'occupation des sites ou la probabilité de détection des espèces

La première étape d'analyse consiste à mettre en évidence les différentes co-variables et à sélectionner celles qui pourront être intégrées dans les calculs. En effet, si un paramètre ne concerne que quelques sites, nous ne pourrions pas tirer de conclusion. Par exemple, pour voir l'influence de la végétation aquatique sur la présence des odonates, l'idéal est d'avoir autant de sites avec de la végétation aquatique que de sites sans végétation. Pour certaines co-variables qui présentent beaucoup de subdivisions (comme l'habitat aquatique, par exemple, avec 12 catégories), peu de sites représenteront chaque catégorie. Nous en réduirons le nombre pour les rendre exploitables dans un premier temps.

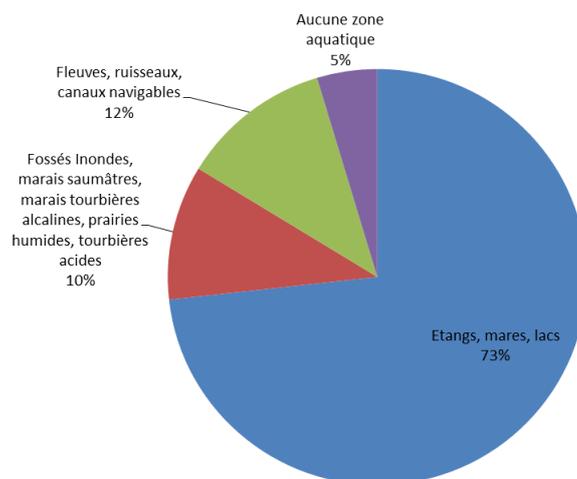
Les co-variables associées aux sites influençant la probabilité d'occupation des sites des différentes espèces d'odonates

Habitat aquatique principal

Douze subdivisions sont proposées aux observateurs pour décrire l'habitat aquatique principal de leur site de suivi. 72% des sites sont des mares ou des étangs. 7 de ces catégories sont représentées par 1 ou 2 sites, et 3 catégories par 4 à 7 sites, ce qui rend impossible la prise en compte de toutes les catégories d'habitat. Il est alors nécessaire de procéder à des regroupements. A ce stade du projet, nous proposons 4 catégories (Figure 12) :

- Plan d'eau : Etangs, mares, lacs (63 sites)
- Eau courante : Fleuves, ruisseaux, canaux navigables (10 sites)
- Fossés inondés, marais saumâtres, marais tourbières alcalines, prairies humides, tourbières acides (9 sites)
- Aucune zone aquatique (4 sites)

Figure 12 : Regroupement des habitats aquatiques principaux des sites STELI suivis en 2012 utilisé pour les analyses



Détail de l'habitat aquatique pour la catégorie « étangs, mares, lacs »

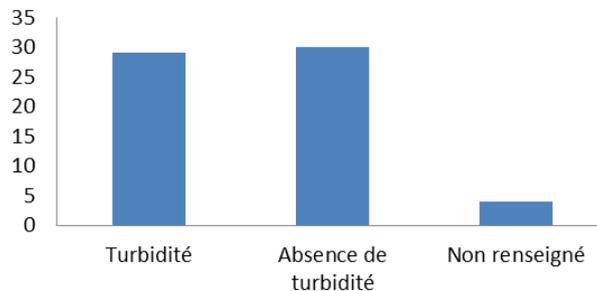
Cinq descripteurs permettent de décrire plus en détail l'habitat aquatique, à savoir la nature de l'eau (turbidité et eutrophisation), la variation du niveau de l'eau, la vitesse du courant, le type de végétation aquatique, et la végétation des rives.

Nous ne pourrions prendre en compte ces subdivisions que pour la catégorie « étangs, mares, lacs », car cette catégorie est la plus homogène et présente le plus de sites.

- Turbidité de l'eau

46% des étangs, des mares et des lacs présentent une eau turbide, contre 48% avec une eau non turbide (Figure 13). Cette proportion équivalente va nous permettre la prise en compte de cette co-variable pour le calcul du taux d'occupation des sites.

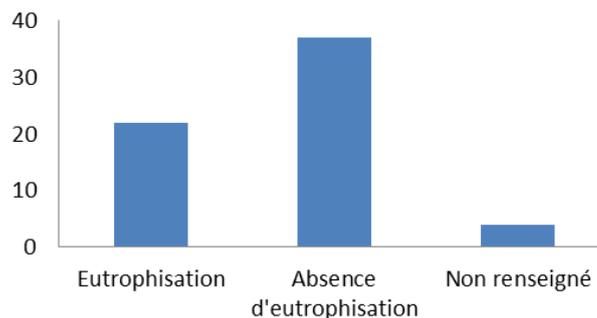
Figure 13 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant une eau turbide



- Eutrophisation de l'eau

35% des sites possèdent une eau eutrophe et 59% une eau non eutrophe (Figure 14). Ce critère sera pris en compte dans le calcul du taux d'occupation des sites par les espèces.

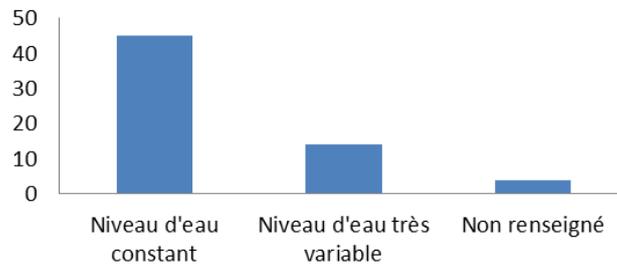
Figure 14 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant une eau eutrophe



- Variation du niveau de l'eau

22% des sites ont un niveau d'eau très variable et 72% un niveau d'eau constant au cours de l'année (Figure 15). La proportion de site avec une variation de niveau d'eau semble *a priori* trop faible pour être prise en compte dans le calcul du taux d'occupation.

Figure 15 : Variation du niveau de l'eau des étangs, des mares et des lacs



- Végétation aquatique

La présence ou l'absence de plantes hélophytes est répartie de manière équilibrée entre les différents sites (respectivement 49% et 45%) (Figure 16), ce qui permet leur prise en compte comme co-variable. Dans une moindre mesure, la présence ou l'absence d'herbiers peut également être prise en compte (57% des sites ont des herbiers, 37% n'en ont pas) (Figure 17).

En revanche, la quasi-totalité des sites n'ont pas de végétation flottante (72%) (Figure 18). Ce critère ne sera pas pris en compte comme co-variable.

Figure 16 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant des plantes hélophytes

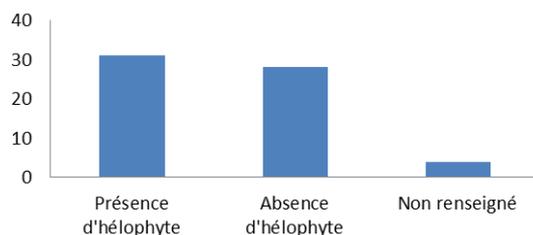


Figure 17 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant des herbiers aquatiques

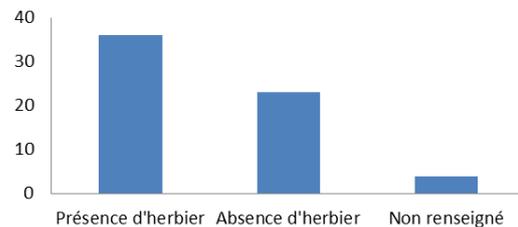
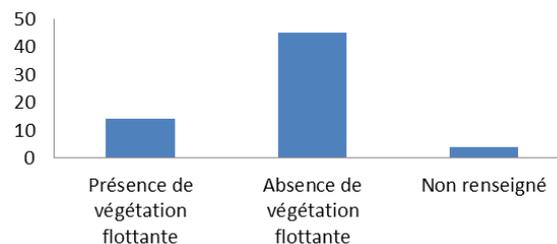


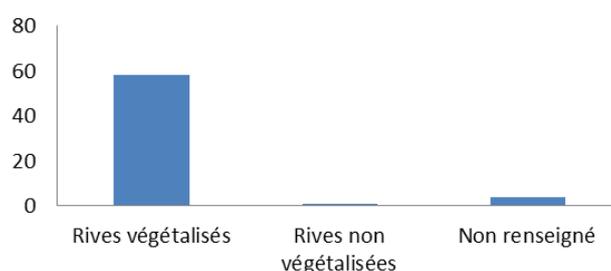
Figure 18 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant de la végétation flottante



- Végétation des rives

Toutes les berges des sites suivis ont des berges végétalisées (92% des sites) (Figure 19). La comparaison du taux d'occupation des sites avec ou sans berges végétalisées sera impossible. Cette co-variable ne pourra être intégrée dans les calculs.

Figure 19 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant des rives végétalisées



En décomposant le type de berges végétalisées (herbacée ou ligneuse), on remarque qu'il en est de même pour les rives herbacées, avec 83% des étangs, des mares et des lacs qui en possèdent (Figure 20). En revanche, 53% des sites ont des rives avec une végétation ligneuse et 41% n'ont pas de ligneux sur les berges (Figure 21). Nous pourrions inclure cette co-variable dans les analyses.

Figure 20 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant des rives avec végétation herbacée

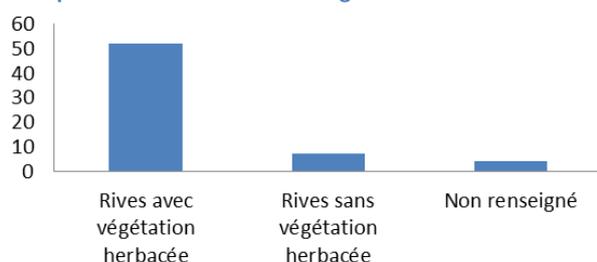
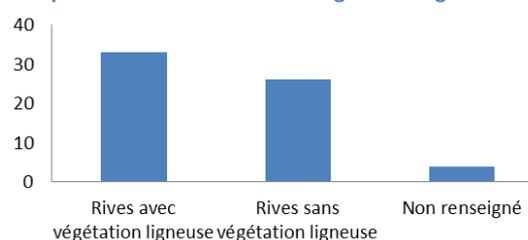


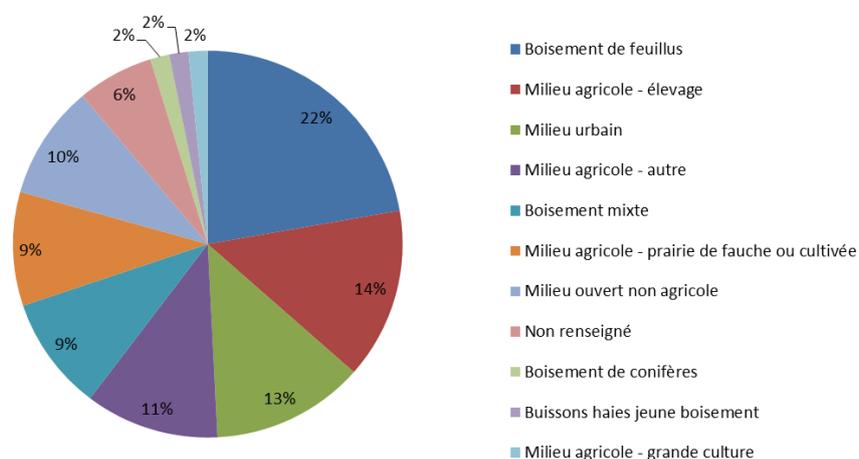
Figure 21 : Nombre d'étangs, de mares et de lacs présentant des rives avec végétation ligneuse



Habitat terrestre

La description des habitats terrestres pour les étangs, les mares et les lacs se décompose en 11 catégories. 3 catégories ne sont représentées que par 1 site chacune, et 7 catégories par 4 à 9 sites (Figure 22). Ainsi, trop de catégories subdivisent les 63 sites considérés.

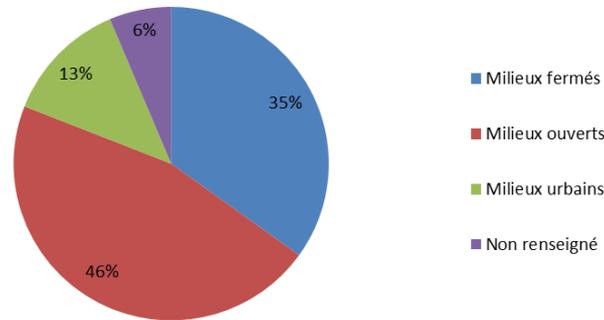
Figure 22 : Milieux terrestres des étangs, des mares et des lacs suivis en 2012



Nous proposons alors de regrouper les habitats terrestres en 3 catégories (Figure 23) :

- Les milieux fermés (22 sites)
- Les milieux ouverts (29 sites)
- Les milieux urbains (8 sites)

Figure 23 : Milieux terrestres principaux autour des étangs, des mares et des lacs des sites STELI suivis en 2012

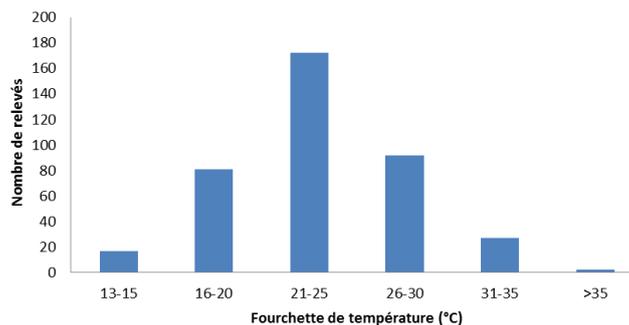


Les co-variables associées aux passages influençant la probabilité d'occupation des sites des différentes espèces d'odonates

Les conditions météorologiques

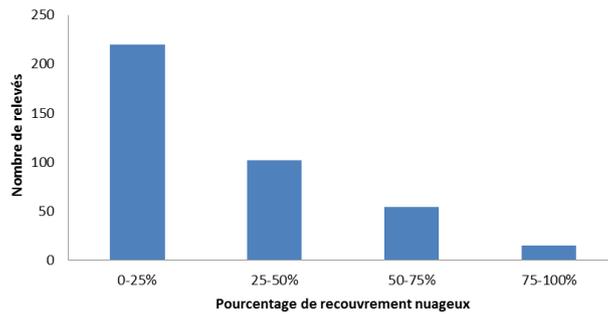
Les conditions météorologiques, comme la température, la couverture nuageuse et le vent, ont une influence sur la présence des individus. Le protocole propose 6 fourchettes de température à relever avant chaque passage (entre 13 et 15°C, 16 et 20°C, 21 et 25°C, 31 et 35°C, et au-delà de 35°C). 44% des relevés ont été fait entre 21 et 25 °C, et très peu dans des conditions peu favorables (<15°C ou >35°C) (Figure 24).

Figure 24 : Nombre de relevés effectués selon les différentes conditions de températures relevés par les observateurs



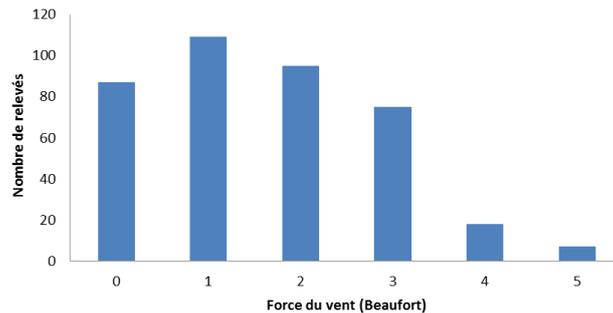
Les observateurs relèvent le pourcentage de la couverture nuageuse visible au moment de leur passage selon 4 catégories : 0-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%. Il est recommandé d'effectuer les relevés avec un minimum de couverture nuageuse pour optimiser ses chances d'avoir une d'activité optimale des odonates. Les observateurs suivent bien cette recommandation, puisque 56% des relevés ont été réalisés avec moins de 25% de recouvrement nuageux (Figure 25).

Figure 25 : Nombre de relevés effectués selon les différentes conditions de recouvrement nuageux relevés par les observateurs



Les conditions de vent impactent également l'activité des odonates. Le protocole recommande de ne pas faire de relevé avec un vent au-delà de 5 beaufort (c'est à dire « bonne brise. Les petits arbres balancent, les sommets des arbres s'agitent. 29 à 38 km/h. »). 50% des relevés ont été fait avec un vent inférieur à 1 Beaufort (très légère brise. La fumée des cheminées indique la direction du vent. 1 à 5 km/h). Le nombre de relevés effectués avec un vent supérieur à 4 Beaufort est très faible.

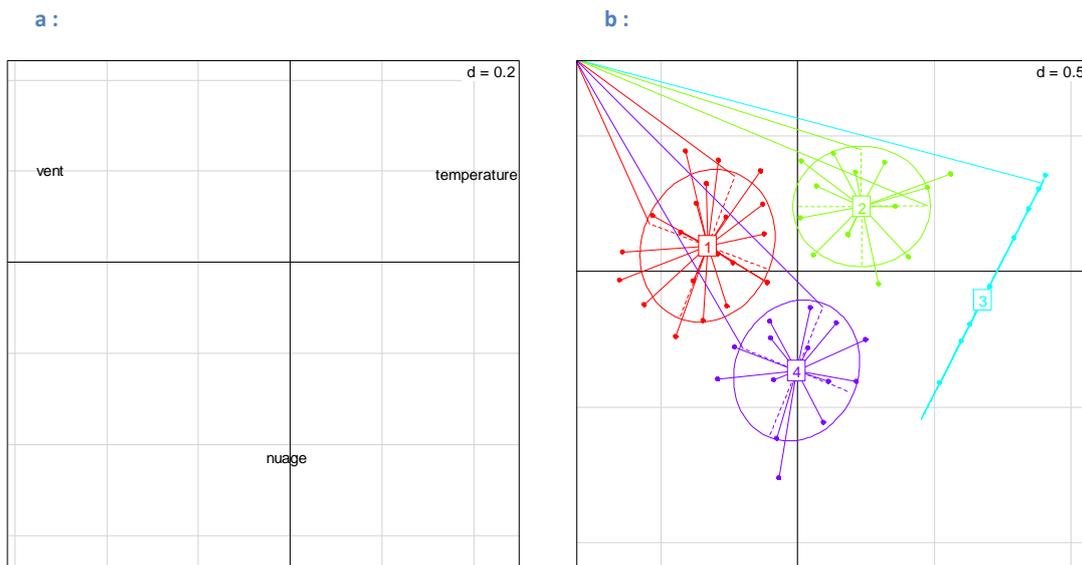
Figure 26 : Nombre de relevés effectués selon les différentes conditions de vent relevées par les observateurs



Les variables météorologiques étant la plupart du temps corrélées (quand il y a du soleil, la température est potentiellement plus élevée), nous avons procédé à des regroupements de ces variables en 4 catégories à l'aide d'une AFC (analyse factorielle des correspondances) qui permet regrouper et hiérarchiser l'information présente dans les données sans *a priori*. Les nuages de points et leur répartition sur chacun de ces axes permettent alors de visualiser la hiérarchie de l'information. Ici, ces variables sont réparties selon les trois gradients de température, de couverture nuageuse et de force du vent (Figure 27 a). Les 4 catégories constituées sont les suivantes :

- A (groupement 3 en bleu) : très bonnes conditions météorologiques (fortes température, faible vent et peu de nuages)
- B (groupement 2 en vert) : bonnes conditions météorologiques (forte température, vent un peu plus important, mais peu de nuages)
- C (groupement 4 en violet) : conditions météorologiques moyennes (faibles températures, beaucoup de nuages, mais peu de vent)
- D (groupement 1 en rouge) : mauvaises conditions météorologiques (faibles températures, beaucoup de vent et de nuages)

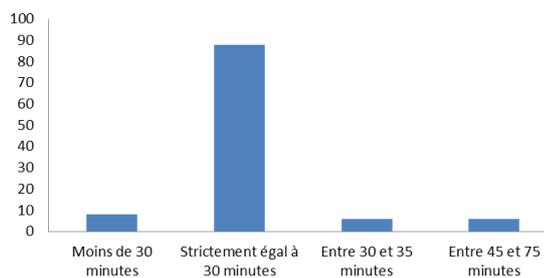
Figure 27 : Résultat des regroupements des variables météorologiques à l'aide d'une AFC



Les co-variables associées aux sites influençant la probabilité de détection des odonates

Les observateurs n'ont pas tous les mêmes compétences et le même regard pour détecter les différentes espèces d'odonates. C'est ce qu'on appelle l'effet observateur. A l'inverse des autres co-variables, il n'est pas possible de réaliser des regroupements pour réduire le nombre de catégories. Pour tester cet effet, nous proposons d'analyser un sous jeu de données le plus homogène possible pour minimiser les effets des autres co-variables. Nous considérerons les relevés des 39 sites de Haute Normandie qui ont été faits par 6 observateurs sur des mares ou des étangs pendant la 2^e session STELI uniquement et pour la quasi-totalité en 30 minutes exactement (Figure 28).

Figure 28 : Nombre de relevés réalisés en Haute-Normandie selon différentes fourchettes de temps



Les co-variables associées aux passages influençant la probabilité de détection des odonates

On a vu, figure page 9, que le temps de prospection est variable d'un relevé à l'autre. Plus un observateur reste longtemps sur un site, plus il a de chance de détecter les différentes

espèces, notamment les espèces rares. Nous testerons l'effet de cette variable continue sur la détectabilité des différentes espèces.

Récapitulatif des différentes co-variables à prendre en compte

Le tableau ci-après récapitule les différentes co-variables que nous prendrons en compte pour le calcul de la probabilité d'occupation des sites et la probabilité de détection des différentes espèces d'odonates.

Figure 29 : Co-variables utilisées pour le calcul de la probabilité d'occupation des sites et la probabilité de détection des différentes espèces d'odonates

Variable influencée	Co-variable liée au site ou au passage	Co-variable		Catégories
Psi (Probabilité d'occupation des sites)	Au site (Constant d'un passage à l'autre)	Habitat aquatique principale		- Plan d'eau - Eau courante - Fossés inondés, marais saumâtres, marais tourbières alcalines, prairies humides, tourbières acides - Aucune zone aquatique
		Détail du milieu aquatique pour les étangs, les mares et les lacs	Turbidité	- Turbide - Non turbide
			Eutrophisation	- Eutrophe - Non eutrophe
			Hélophytes	- Présence d'hélophytes - Absence d'hélophyte
			Herbiers	- Présence d'herbiers - Absence d'herbier
	Rives ligneuses	- Rives avec végétation ligneuse - Rives sans végétation ligneuse		
	Habitat terrestre principal autour des étangs, mares et lacs		- Milieu fermé - Milieux ouverts - Milieux urbains	
Au passage	Météo	Température, nuage, vent	- A (très bonnes conditions météo) - B (bonnes conditions météo) - C (conditions météo moyennes) - D (mauvaises conditions météo)	
P (probabilité de détection des espèces)	Au site (Constant d'un passage à l'autre)	Effet observateur (pour le jeu de données de la Haute-Normandie)		- Observateur 1 - Observateur 2 - Observateur 3 - Observateur 4 - Observateur 5 - Observateur 6
	Au passage	Temps de prospection		- Valeur des temps de prospection

4. Résultat de l'influence des co-variables identifiées sur le taux d'occupation des sites et la probabilité de détection des espèces

a. Analyse de l'effet observateur

L'effet observateur est étudié avec un jeu de données restreint le plus homogène possible pour minimiser les effets des autres co-variables. Les 39 mares ou étangs de Haute-Normandie réalisés par 6 observateurs pendant la 2^e session STELI et pour la quasi-totalité en 30 minutes exactement, constituent un bon point de départ.

Pour se faire, nous n'avons pas considéré le numéro du passage (1^e, 2^e ou 3^e passage de la session), mais les dates exactes de relevés pour éviter le décalage potentiel d'activité des espèces considérées. Nous avons également pris en considération la période de vol des espèces, c'est-à-dire les relevés effectués entre la première et la dernière observation du sous-jeu de données, pour ne pas sous-estimer leur probabilité de détection par les observateurs ayant fait des relevés en dehors de la période de vol.

Les analyses sont effectuées sur 6 espèces qui présentent des comportements de vol différents pouvant affecter leur détectabilité et qui présentent suffisamment de données pour pouvoir effectuer les calculs. Il s'agit de *Ischnura elegans* (166 observations), *Coenagrion puella* (152 observations), *Anax imperator* (101 observations), *Sympetrum sanguineum* (80 observations), *Pyrrhosoma nymphula* (50 observations), et *Chalcolestes viridis viridis* (46 observations).

Avant de regarder l'effet observateur, nous vérifions s'il n'y a pas de différence de détectabilité de ces espèces au cours des jours et des semaines de la 2^e session (entre le 15/06 et le 31/08) (Figure 30).

Pour aucune de ces espèces, les variables « jour » et « semaine » ne pèsent pour l'estimation de leur probabilité de détection. Seule *Coenagrion puella* a une probabilité de détection significativement plus importante la semaine du 17 juillet par rapport aux autres semaines.

Figure 30 : Influence du calendrier sur la détectabilité des 6 espèces considérées

Espèces	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>
Période de vol	9/07 - 24/07	19/06-30/07	9/07 - 26/07	19/06-31/07	19/06-30/07
Influence des semaines sur la détectabilité des espèces	~	~	~	~	~

<i>Coenagrion puella</i>	
19/06-30/07	
P[19/06-25/06]	89.3
P[26/06-2/07]	~
P[3/07-9/07]	~
P[10/07-16/07]	~
P[17/07-23/07]	96.2
P[24/07-30/07]	~

" ~ ": Différence de détectabilité non significative avec la 1^e semaine (qui constitue la référence du calcul)

La

Figure 31 présente la différence de détectabilité des 6 espèces considérées selon les 6 observateurs de Haute-Normandie. L'observateur 1 constitue la référence. Pour les espèces *Sympetrum sanguineum*, *Anax imperator*, *Chalcolestes viridis* et *Ischnura elegans*, l'effet observateur est nul. C'est-à-dire que ces espèces sont détectées selon les mêmes probabilités quelque soit l'observateur.

Coenagrion puella, en revanche, est mieux détectée par l'observateur 6 que les autres. *Pyrrhosoma nymphula*, est mieux détectée par les observateurs 2, 5 et 6 que par les observateurs 1 et 2.

Figure 31 : Différence de détectabilité des 6 espèces considérées en fonction des 6 observateurs de Haute-Normandie

Espèces	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Coenagrion puella</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>	<i>Ischnura elegans</i>	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>
Période de vol	9/07 - 24/07	19/06-30/07	19/06-30/07	9/07 - 26/07	19/06-31/07	19/06-30/07
Observateur 1	7.8	20.3	82.3	35.6	57.3	13.7
Observateur 2	~	~	/	~	/	73.1
Observateur 3	/	~	~	~	~	~
Observateur 4	~	~	~	~	~	/
Observateur 5	/	~	/	/	~	67.2
Observateur 6	/	/	100	~	~	71.9

" ~ " : Différence non significative avec le 1e observateur (qui constitue la référence du calcul)
 " / " : Calcul non réalisable, car pas assez d'observations de l'espèce réalisées

b. Calcul du taux d'occupation et de détection pour un exemple de cinq espèces en fonction des co-variables

Le choix des espèces pour le calcul du taux d'occupation et de détection des espèces en fonction des co-variables se base en premier lieu par la quantité de données de présence. En effet, il sera impossible d'effectuer de tels calculs sur des espèces rares, car ces calculs requièrent un grand jeu de données. Afin d'affiner les estimations, ne seront intégrées que les données pendant la période de vol des espèces considérées, c'est-à-dire entre la première et la dernière observation, tout participants confondus. En effet, si certaines espèces sont présentes pendant une grande partie de l'année, comme *Ischnura elegans*, d'autres ont une période de vol plus réduite comme *Pyrrhosoma nymphula* observées uniquement entre le 10 mai et le 30 juillet.

Les analyses ont été faites sur 5 espèces : *Chalcolestes viridis viridis*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Coenagrion puella*, *Aeshna cyanea*, *Anax imperator*.

Chalcolestes viridis viridis

La figure ci-après indique les probabilités d'occupation de site sur l'ensemble des sites suivis en 2012 de *Chalcolestes viridis viridis* à la fois sur toute la saison odonatologique, puis uniquement pendant sa période de vol, tout habitat confondu. Cela signifie que en faisant un relevé un jour pris au hasard dans l'année, l'espèce à 6% de chance d'être présente. En réalisant un relevé au hasard entre le 18/6 et le 15/10, l'espèce peut être présente avec une probabilité de 25%. Pendant cette période, sa probabilité de détection est de 63%, c'est-à-dire que si l'espèce est présente, l'observateur à environ 6 chances sur 10 de la voir.

Figure 32 : Probabilité d'occupation et de détection de *Chalcolestes viridis viridis* sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Taux d'occupation	Taux d'occupation	probabilité de colonisation à la session suivante	Probabilité d'extinction à la session suivante	Probabilité de détection
	sur toute la saison odonatologique	Uniquement sur la période de vol de l'espèce (18/06/12 – 15/10/12)			
Valeur de psi et p	0.06	0.25	0.38	0	0.63
Erreur standard	0.067	0.06	0.12	0	0.06
Intervalle de confiance à 95%	0.0041 - 0.4461	0.1484 - 0.3891	0.1803 - 0.6259	0.0000 - 1.0000	0.5151 - 0.7347

Néanmoins, la probabilité de détection de *Chalcolestes viridis viridis* varie d'une session à l'autre (Figure 33). Entre le 18 juin et le 31 juillet, sa probabilité de détection est de 48%, et augmente à 74% entre le 1^e août et le 15 octobre.

Figure 33 : probabilité de détection de *Chalcolestes viridis viridis* pour les sessions 2 et 3

	Session 2	Session 3
Probabilité de détection	0.48	0.74
Erreur standard	0.10	0.07
Intervalle de confiance à 95%	0.2973 - 0.6651	0.5852 - 0.8453

L'analyse de l'influence des co-variables sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012 et uniquement pendant la période de vol de l'espèce considérée (Figure 34) indique que c'est la **présence d'hélophytes** et de **végétation ligneuse sur les berges** qui influent le plus la présence de *Chalcolestes viridis viridis*.

Figure 34 : Influence (positive ou négative) des principales co-variables sur la probabilité de présence de *Chalcolestes viridis viridis* pendant sa période de vol sur les étangs, les mares et les lacs suivis 2012

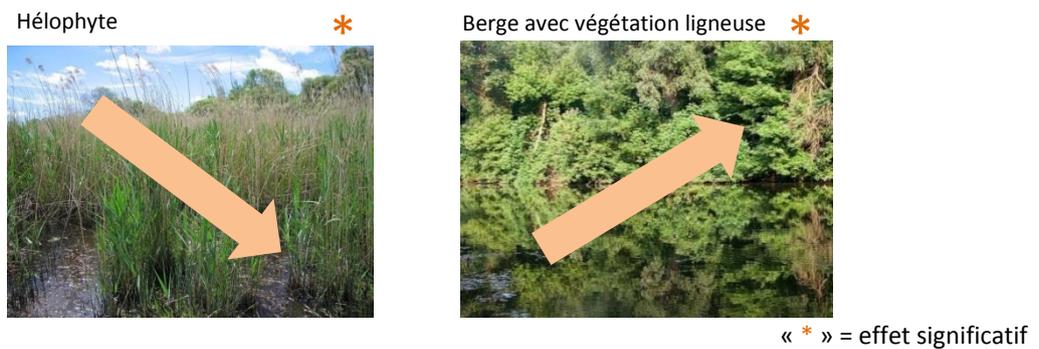
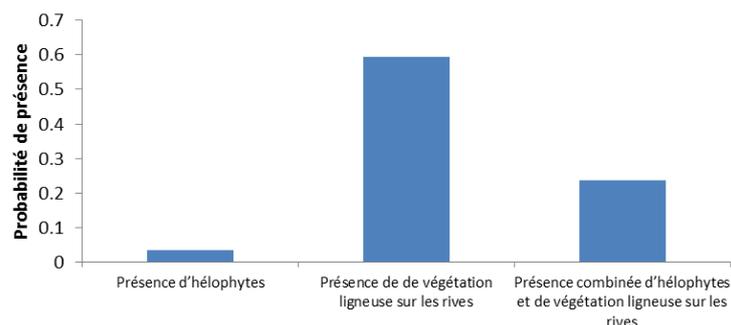
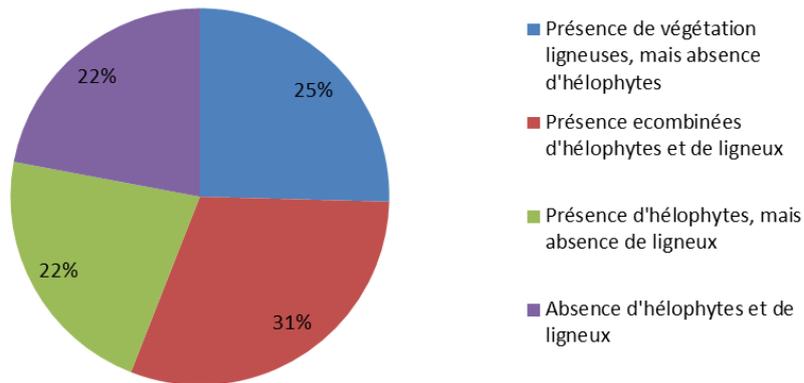


Figure 35 : Probabilité de présence de *Chalcolestes viridis viridis* pendant sa période de vol sur les étangs, les lacs et les mares suivis en 2012 selon les co-variables les plus influentes



A partir de ces résultats, on peut se demander s'il existe une relation entre la présence de berges ligneuses et d'hélophytes. La figure suivante indique que seul 31% des sites possèdent les deux types de végétation. 25% des sites ne présentent que des berges ligneuses et 22% des sites uniquement des hélophytes. Ce qui représente 47% des sites avec l'une ou l'autre type de végétation.

Figure 36 : Pourcentage de sites présentant des hélophytes et/ou des berges avec de la végétation ligneuse

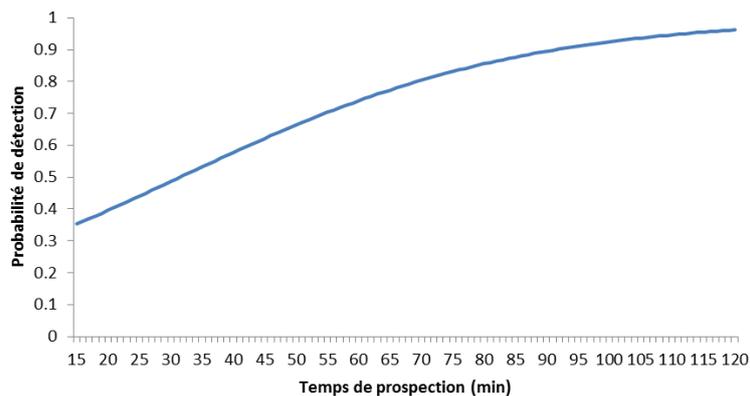


Le **temps de prospection** ressort comme une co-variable importante pour la détectabilité de l'espèce (Figure 37 et Figure 38).

Figure 37 : Influence du temps de prospection sur la détectabilité de *Chalcolestes viridis viridis*

	Influence positive (+) ou négative (-) « * » = effet significatif
Augmentation du temps de prospection	+ *

Figure 38 : Probabilité de détection estimée de *Chalcolestes viridis viridis* en fonction du temps de prospection



Pyrrhosoma nymphula

Le raisonnement est le même pour *Pyrrhosoma nymphula*. Sur toute la saison odonotologique, sa probabilité d'occupation de site sur l'ensemble des sites suivis en 2012, est de 41%. Entre le 10 mai et le 30 juillet, elle augmente légèrement à 42% avec une probabilité de détection de 72% (Figure 39).

Figure 39 : Probabilité d'occupation et de détection de *Pyrrhosoma nymphula* sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Taux d'occupation sur toute la saison odonatologique	Taux d'occupation uniquement sur la période de vol de l'espèce (10/05/12 - 30/07/12)	probabilité de colonisation à la session suivante	Probabilité d'extinction à la session suivante	Probabilité de détection
Valeur de psi et p	0.41	0.42	0	0.32	0.72
Erreur standard	0.07	0.07	0	0.12	0.05
Intervalle de confiance à 95%	0.2939 - 0.5501	0.3495 - 0.7362	0.0000 - 1.0000	0.1388 - 0.5866	0.6198 - 0.8087

Les différentes sessions ont une l'influence sur l'estimation de la probabilité de détection. Le tableau suivant indique la probabilité de détection pour les deux sessions où l'espèce *Pyrrhosoma nymphula* est active. Elle passe de 80% entre le 10 mai et le 15 juin, à 66% entre le 16 juin et le 30 juillet.

Figure 40 : Probabilité de détection de *Pyrrhosoma nymphula* pour les sessions 1 et 2 sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Session 1	Session 2
Probabilité de détection	0.80	0.66
Erreur standard	0.06	0.07
Intervalle de confiance à 95%	0.6415 - 0.8961	0.5166 - 0.7861

L'analyse de l'influence des co-variables (Figure 41 et Figure 42) uniquement pendant la période de vol de l'espèce sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012 indique que se sont les caractéristiques de l'eau, c'est à dire la **turbidité**, l'**eutrophisation**, la présence d'**hélophytes** et d'**herbier aquatique**, ainsi que la **végétation ligneuse sur les berges** qui influent le plus la présence de *Pyrrhosoma nymphula*. La turbidité, la présence d'hélophytes et de végétation ligneuse sur les berges favorisent la présence de *Pyrrhosoma nymphula*. En revanche, l'eutrophisation et la présence d'herbier aquatique lui sont défavorables.

Figure 41 : Influence (positive ou négative) des principales co-variables sur la probabilité de présence de *Pyrrhosoma nymphula* pendant sa période de vol sur les étangs, les mares et les lacs suivis 2012

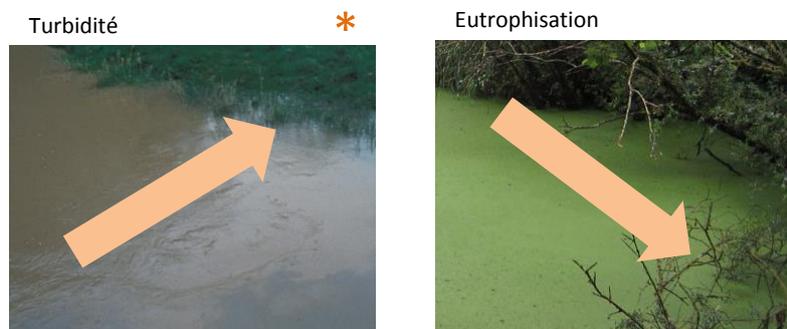
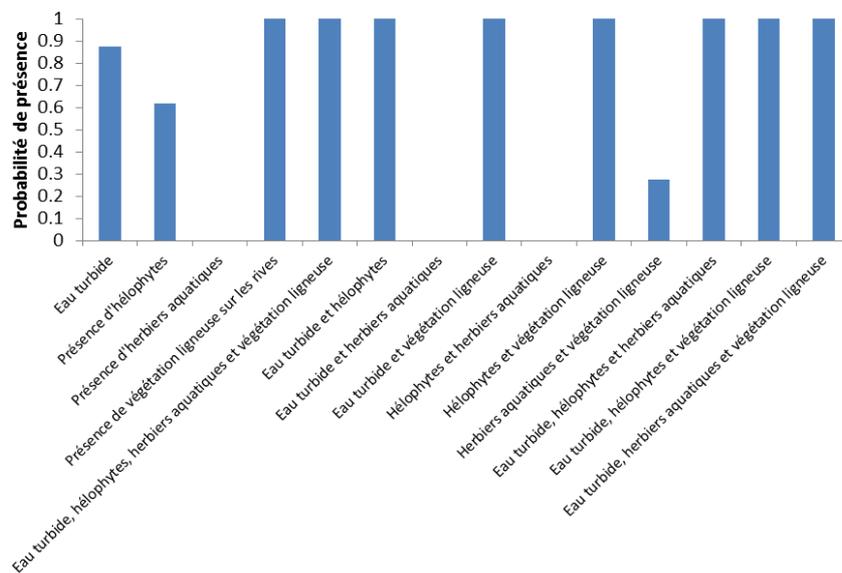




Figure 42 : Probabilité de présence de *Pyrhosoma nymphula* sur les étangs, les lacs et les mares selon les co-variables les plus influentes



Coenagrion puella

Sur toute la saison odonatologique, la probabilité d'occupation de site de *Coenagrion puella*, sur l'ensemble des sites suivis en 2012, est en moyenne de 74%. Entre le 10 mai et le 10 septembre, cette probabilité reste la même probablement du fait de sa période de vol très étendue, avec une probabilité de détection de 79% (Figure 43).

Figure 43 : Probabilité d'occupation et de détection de *Coenagrion puella* sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Taux d'occupation	Taux d'occupation	probabilité de colonisation à la session suivante	Probabilité d'extinction à la session suivante	Probabilité de détection
	sur toute la saison odonatologique	Uniquement sur la période de vol de l'espèce (10/05/12 – 10/09/12)			
Valeur de psi et p	0.74	0.74	0	0.04	0.79
Erreur standard	0.05	0.05	0	0.04	0.03
Intervalle de confiance à 95%	0.6326 - 0.8264	0.6329 - 0.8269	0.0000 - 1.0000	0.0057 - 0.2382	0.7295 - 0.8420

En revanche, sa probabilité de détection varie selon les sessions. Le tableau suivant indique la probabilité de détection pour les trois sessions où l'espèce *Coenagrion puella* est active. Elle

est optimale entre le 10 mai et le 15 juin, avec une détectabilité de 87%. Elle diminue à 79% entre le 16 juin et le 31 juillet, pour être à 22% entre le 1^e août et le 10 septembre.

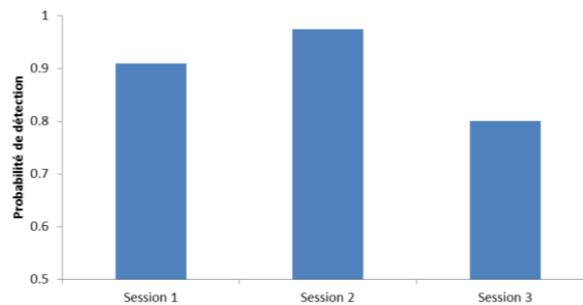
Figure 44 : Probabilité de détection de *Coenagrion puella* sur l'ensemble des sites pour les sessions 1, 2 et 3 en prenant en compte sa période de vol (10/05/12 – 10/09/12)

	Session 1	Session 2	Session 3
Probabilité de détection	0.87	0.79	0.22
Erreur standard	0.04	0.03	0.07
Intervalle de confiance à 95%	0.7597 - 0.9339	0.7136 - 0.8497	0.1173 - 0.3755

Aucune co-variable ne ressort comme significativement influente sur la probabilité de présence de *Coenagrion puella* sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012 pendant sa période de vol.

En revanche, la probabilité de détection est significativement influencée par les différentes sessions (Figure 45).

Figure 45 : Probabilité de détection estimée de *Coenagrion puella* sur les étangs, les mares et les lacs selon les différentes sessions STELI sur sa période de vol (10/05/12 – 10/09/12)



Aechna cyanea

Aechna cyanea a une probabilité d'occupation de site moyenne de 28% sur l'ensemble de la saison odonatologique et sur l'ensemble des sites. Cette probabilité passe à 52% pour des relevés faits entre le 6 mai et le 16 octobre, avec une probabilité de détection de 33% (Figure 46).

Figure 46 : Probabilité d'occupation et de détection d'*Aechna cyanea* sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Taux d'occupation	Taux d'occupation	probabilité de colonisation à la session suivante	Probabilité d'extinction à la session suivante	Probabilité de détection
	sur toute la saison odonatologique	Uniquement sur la période de vol de l'espèce (06/05/12 – 16/10/12)			
Valeur de psi et p	0.28	0.52	0.03	0.15	0.33
Erreur standard	0.26	0.24	0.45	0.27	0.07
Intervalle de confiance à 95%	0.0322 - 0.8234	0.1445 - 0.8746	0.0000 - 1.0000	0.0027 - 0.9212	0.2093 - 0.4758

Les différentes sessions ont une influence sur l'estimation de la probabilité de détection. Ainsi, le tableau suivant indique la probabilité de détection pour les trois sessions où l'espèce

Aechna cyanea est active (seules sont prises en compte les sessions 2 et 3, car la 1^e session est tronquée jusqu'au 6 juin). L'espèce est davantage détectable entre le 1^e août et le 16 octobre (49%), qu'entre le 16 juin et le 31 juillet (19%).

Figure 47 : Probabilité de détection d'*Aechna cyanea* pour les sessions 2 et 3

	Session 2	Session 3
Probabilité de détection	0.19	0.49
Erreur standard	0.09	0.11
Intervalle de confiance à 95%	0.0660 - 0.423	0.2786 - 0.6976

Aucune co-variable ne ressort comme significativement influente sur la probabilité de présence d'*Aechna cyanea* sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012 pendant sa période de vol.

Anax imperator

Anax imperator a une probabilité d'occupation de site moyenne de 43% sur l'ensemble de la saison odonatologique et sur l'ensemble des sites. Cette probabilité augmente à 47% pour des relevés faits entre le 23 mai et le 7 septembre, avec une probabilité de détection de 60% (Figure 48).

Figure 48 : Probabilité d'occupation et de détection d'*Anax imperator* sur l'ensemble des sites suivis en 2012

	Taux d'occupation	Taux d'occupation	probabilité de colonisation à la session suivante	Probabilité d'extinction à la session suivante	Probabilité de détection
	sur toute la saison odonatologique	Uniquement sur la période de vol de l'espèce (23/05/2012-07/09/2012)			
Valeur de psi et p	0.43	0.47	0.38	0.18	0.60
Erreur standard	0.08	0.09	0.10	0.10	0.04
Intervalle de confiance à 95%	0.2847 - 0.5981	0.3022 - 0.6433	0.2171 - 0.5768	0.0607 - 0.4241	0.5063 - 0.6779

Les différentes sessions ont une influence sur l'estimation de la probabilité de détection. Le tableau suivant indique la probabilité de détection pour les trois sessions où l'espèce *Anax imperator* est active. Sa détectabilité est globalement constante entre les sessions 1 et 2 (respectivement 62% et 64%). Sa détectabilité diminue à 38% lors de la 3^e session.

Figure 49 : probabilité de détection d'*Anax imperator* pour les 1, 2 et 3 en prenant en compte sa période de vol (23/05/2012-07/09/2012)

	Session 1	Session 2	Session 3
Probabilité de détection	0.62	0.64	0.38
Erreur standard	0.10	0.05	0.06
Intervalle de confiance à 95%	0.4157 - 0.7944	0.5322 - 0.7315	0.2658 - 0.5145

L'analyse de l'influence des co-variables (Figure 50) uniquement pendant la période de vol de l'espèce considérée sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012 indique que c'est l'**artificialisation du milieu** environnant qui influe le plus la présence d'*Anax imperator*. En milieu urbain, cette espèce a très peu de probabilité d'être présente.

Figure 50 : Influence négative du milieu urbain sur la probabilité de présence d'*Anax impetrator* pendant sa période de vol sur les étangs, les mares et les lacs suivis en 2012

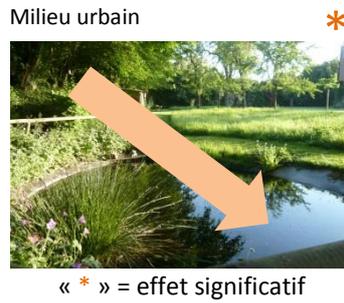
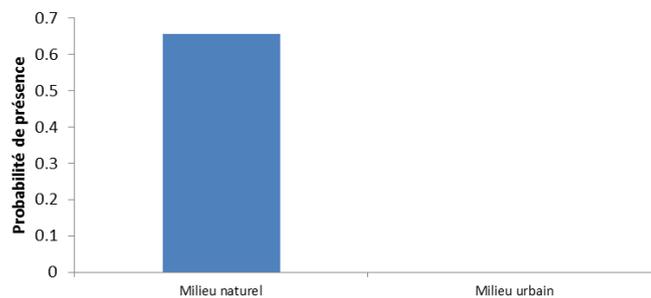


Figure 51 : Probabilité de présence d'*Anax imperator* sur les étangs, les lacs et les mares en fonction du milieu environnant naturel ou urbain

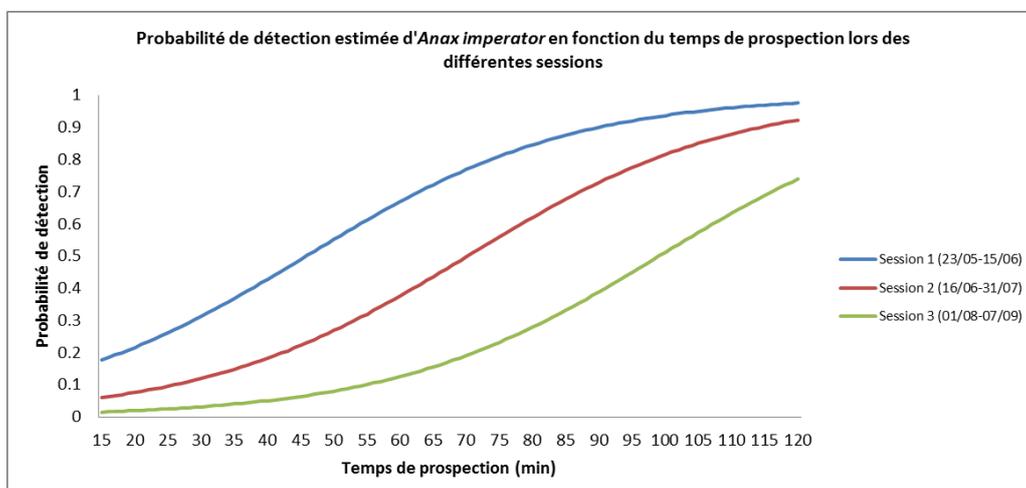


Le **temps de prospection** et la **session de passage** ressortent comme des co-variables importantes pour la détectabilité de l'espèce (Figure 52 et Figure 53).

Figure 52 : Effet du temps de prospection et la session de passage sur la détectabilité d'*Anax imperator*

	Influence positive (+) ou négative (-) « * » = effet significatif
Session 2 par rapport à la session 1	- *
Session 3 par rapport à la session 1	- *
Augmentation du temps de prospection	+ *

Figure 53 : Probabilité de détection estimée d'*Anax imperator* en fonction du temps de prospection lors des différentes sessions



5. Discussion

En 2012, 31 sites supplémentaires ont été suivis par rapport à 2011 et le nombre de départements représentés a doublé, ce qui a permis de réaliser davantage d'analyses en intégrant notamment les co-variables dans les calculs des indices. Ces calculs se sont limités aux milieux stagnants du fait de la faible représentativité des milieux d'eau courante dans le jeu de données (12% des sites).

Tout comme en 2011, le protocole a bien été respecté par les participants. Malgré quelques abandons, les visites des sites ont bien été répétées dans le temps au sein des différentes sessions, et seul 9% des visites ont été faites avec un temps inférieur à 30 min. Si en 2011, les temps des relevés avaient été très homogènes d'un participant à l'autre, cette année, on trouve deux « catégories » d'observateurs : ceux qui effectuent des relevés de plus ou moins 30 minutes tel que le préconise le protocole et ceux qui préfèrent rester plus longtemps sur le site à savoir entre 50 et 60 minutes. Cette différence a notamment permis compléter les analyses réalisées dans le bilan 2011 sur l'impact du temps de prospection sur la détectabilité de quelques espèces.

Toutes les analyses ont été faites au niveau des espèces et non aux groupes d'espèces proposés pour les observateurs débutants, étant donné que 96% des relevés sont au niveau spécifique.

La première analyse porte sur la différence de détectabilité de quelques espèces entre 6 observateurs et sur 6 espèces suffisamment observées pour pouvoir réaliser ces calculs : *Ischnura elegans*, *Coenagrion puella*, *Anax imperator*, *Sympetrum sanguineum*, *Pyrrhosoma nymphula* et *Chalcolestes viridis viridis*. Le message principal qu'il en ressort est que l'effet observateur n'est pas visible pour quatre d'entre elles. *Coenagrion puella* est mieux détecté par un observateur parmi les 6, mais la détectabilité reste dans le même ordre de grandeur, puisqu'elle passe de 82% à 100%. Cette différence est plus prononcée pour *Pyrrhosoma nymphula*, puisque 2 observateurs la détectent avec une probabilité autour de 14% et 3 observateurs avec une détectabilité autour de 70%. *A priori*, cette différence n'est pas liée à la date de relevé, puisque ce critère ne ressort pas comme significatif dans les analyses. Cette différence pourrait provenir de la configuration des sites, car deux espèces peuvent passer inaperçues si la végétation des berges est très dense. Si nous avons l'information sur la présence de la végétation, nous n'avons pas d'information concernant sa densité. Ce volet pourrait constituer une perspective pour des analyses complémentaires plus fines.

Globalement, ces résultats sont encourageants pour les analyses futures, car l'hétérogénéité de la détectabilité des espèces en fonction des observateurs reste relativement négligeable. Néanmoins, cette analyse devra être approfondie à d'autres espèces moins communes quand le jeu de données le permettra, pour savoir si cette constatation est généralisable.

L'étape suivante a consisté à tester l'effet de certaines co-variables sur le calcul des indices de 5 espèces (*Chalcolestes viridis viridis*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Coenagrion puella*, *Aeshna cyanea*, *Anax imperator*).

L'ensemble des co-variables renseignées par les observateurs lors de leurs relevés n'ont pas pu être testées pour deux raisons. Soit le jeu de données est encore trop faible pour avoir suffisamment de données dans chacune des catégories, comme les catégories d'habitats aquatiques et terrestres qui représentent trop de subdivision par rapport à la taille du jeu de données. Des regroupements de catégorie d'habitat ont alors été effectués. Soit, le jeu de données n'est pas encore assez diversifié pour que chacune des catégories de co-variables soient renseignées. Par exemple, un seul plan d'eau sans végétation sur les berges a été suivi, ce qui rend impossible d'intégration de cette co-variable dans les calculs.

C'est la composition des milieux aquatiques qui a le plus d'impact sur les taux d'occupation de *Chalcolestes viridis viridis* et *Pyrrhosoma nymphula*.

La présence d'arbre le long des berges est favorable à la présence de *Chalcolestes viridis viridis*. Ce résultat est en accord avec les connaissances de l'espèce, car les femelles insèrent leurs œufs dans l'écorce des arbres le long des berges (Grand et Boudot, 2006). Également, les mâles défendent un petit territoire généralement dans les buissons et les arbres qui longent les berges, et c'est là qu'on lie les accouplements (Grand et Boudot, 2006).

En revanche, cette espèce est négativement impactée par la présence d'hélophytes. Étant donné que cette espèce a besoin de berges avec de la végétation ligneuse pour se reproduire, la corrélation n'est peut-être pas que la présence d'hélophytes défavorise la présence de l'espèce, mais plutôt que la présence de ligneux sur les berges défavorise la présence d'hélophytes sur le plan d'eau, d'où une présence potentiellement moins importante de l'espèce en présence d'hélophytes. En effet, près de la moitié des sites ont soit des ligneux, soit des hélophytes et seul 31% des sites possèdent les deux types de végétation.

Pyrrhosoma nymphula est significativement impactée positivement par la turbidité de l'eau, la présence d'hélophyte et de végétation ligneuse sur les berges. En effet, cette espèce est connue pour être plus abondante dans les eaux stagnantes riches en végétaux.

En revanche, l'eutrophisation de l'eau et la présence d'herbier aquatique jouent en sa défaveur, ce qui est surprenant, car les femelles pondent dans la végétation flottante ou immergée (Grand et Boudot, 2006)

La probabilité de détection de *Coenagrion puella* est différente au cours de sa période de vol, avec une plus grande détectabilité en milieu de saison. Cela peut être lié à une probabilité de détection logiquement plus forte en milieu de saison de vol.

Le temps de prospection a une importance pour la détectabilité de *Chalcolestes viridis viridis* et *Anax imperator*, elle-même différente selon la période de l'année pour cette dernière espèce. Pour *Chalcolestes viridis viridis*, on peut penser que son comportement de vol proche des buissons et des arbres le long des berges peut rendre difficile sa détection, où alors que sa probabilité de détection soit liée au comportement de l'observateur, car pour détecter cette espèce il est nécessaire de prospecter spécifiquement dans la végétation. Si l'observateur commence sa prospection en orientant son regard vers l'eau, le moment où *Chalcolestes viridis viridis* sera observé dépendra du moment où l'observateur oriente sa prospection vers la végétation, généralement en fin de relevé.

Pour *Anax imperator*, les mâles défendent un grand territoire et le nombre d'individus potentiels sur un site est relativement réduit. Ces derniers patrouillent loin des rives (Grand et Boudot, 2006). Ce comportement erratique et leur faible densité peuvent rendre leur détection dépendante du temps de prospections, d'autant plus que cette espèce n'est pas très territoriale et reste donc peu de temps sur le site. Il est donc normal que le temps de prospection influe sur sa détectabilité.

Seul *Anax imperator* réagit à la qualité du milieu terrestre environnant. Si le plan d'eau se trouve en milieu urbanisé, cette espèce y est absente.

Aechna cyanea ne réagit à aucune co-variable. Cette espèce est connue pour être ubiquiste, pouvant même se développer dans des bassins maçonnés très pollués (Grand et Boudot, 2006).

Globalement, les relevés ont été faits dans de bonnes conditions météorologiques. Il n'est donc pas surprenant que cette co-variable ne ressorte pas comme influente pour le calcul des indices, même si quelques relevés ont été fait pendant une météo défavorable.

6. Conclusion et perspectives

Le STELI commence à prendre de l'essor. Le nombre de sites et de participants est en augmentation et de plus en plus de réseaux d'acteurs intègrent ce programme. La nouvelle dynamique générée dans la région Haute-Normandie avec un nombre conséquent de sites proposés pour le STELI a donné l'opportunité de tester l'effet observateur pour quelques espèces considérées qui s'est avéré peu impactant pour l'estimation des indices. Si ce calcul devra être renouvelé pour les espèces plus rares quand la taille du jeu de données le permettra, cette première approche est, dans un premier temps, tout à fait encourageante.

L'enjeu des analyses de cette deuxième année de terrain a été de tester si les co-variables réalisées en amont des relevés par les observateurs sont utilisables et pertinentes pour le calcul des indices. Les co-variables qui se sont révélées les plus influentes pour le calcul du taux d'occupation sont principalement liées la structure de l'habitat aquatique. Si la plupart des estimations sont cohérentes par rapport aux connaissances des espèces, cela n'a pas été le cas pour *Pyrrhosoma nymphula*, connue pour pondre dans la végétation aquatique, mais dont les résultats ont été contradictoires. Il sera nécessaire de renouveler cette analyse avec les données 2013 pour en identifier la raison.

Le temps de prospection est un facteur important pour l'estimation de la probabilité de détection pour les espèces qui présentent une détectabilité particulière, comme *Chalcolestes viridis viridis* dont les sites de chasse sont localisés dans la végétation, ou *Anax imperator* qui est espèce peu territoriale. Si ce facteur est peu influent pour les espèces communes, il est évident qu'il jouera pour les espèces peu abondantes. Mais nous ne pourrons le quantifier que lorsque la quantité de données sera suffisante pour ces espèces pour réaliser les calculs.

Globalement, ces résultats sont encourageants pour l'avenir, même s'ils doivent être approfondis et complétés, notamment avec un jeu de données plus diversifié en termes d'habitats suivis, comme les milieux d'eau courantes ou les milieux prairiaux ou tourbeux, aujourd'hui peu suivis dans le cadre du STELI. Egalement, même si cela est peu motivant pour les observateurs, des habitats peu favorables aux odonates devront intégrer le programme, car pour montrer les bénéfices d'un type d'habitat pour les odonates, il est nécessaire de mettre en évidence le contraire.

L'année 2014 devrait dessiner un tournant pour le STELI. Après plusieurs années de test du protocole, un site de saisie des données sera à disposition pour à la fois saisir de manière plus fluide ses données, mais également pouvoir récupérer ses propres données. Il en sera de même pour les coordinateurs au sein d'un territoire qui pourront télécharger les données réalisées par les observateurs de leur réseau. Ces nouvelles fonctionnalités sont accompagnés de deux tutoriels d'analyses de données : le premier est un tutoriel pour s'initier à l'utilisation du logiciel Presence pour réaliser les calculs du taux d'occupation des sites et la probabilité de détection des espèces, le deuxième pour réaliser des test de puissance avec le logiciel SODA, sur un jeu de données locales pour savoir si le nombre de sites suivis est suffisants pour détecter des tendances des espèces. Ceci permettra aux observateurs et coordinateurs d'être autonome pour valoriser leurs données dans les analyses locales et confronter les résultats à différentes échelles, notamment nationales et locales.

En parallèle, les collaborations internationales qui ont initiés le STELI en 2010 se sont concrétisées début 2013 par une publication collective (Van Strien A. et al., 2013), comparant l'évolution des populations de *Calopteryx splendens* au sein de 5 pays européens (Pays Bas, Irlande, Grande Bretagne, Belgique et France) avec la méthode « site occupancy » utilisée pour le STELI, sur la base des données d'inventaires répétés en présence/absence depuis 1990. Les résultats indiquent que cette espèce est globalement en augmentation, même si la tendance est très faible. Cet exemple, tout à fait fédérateur et prometteur, laisse entrevoir de nombreuses perspectives sur l'intérêt des suivis odonates au sein des divers réseaux imbriqués à plusieurs échelles géographiques allant du local au niveau européen.

Bibliographie

VAN STRIEN A., TERMAAT T., KALKMAN V., PRINS M., DE KNIJF G., GOURMAND AL., HOUARD X., NELSON B., PLATE C., PRENTICE S., REGAN E., SMALLSHIRE D., VANAPPELGHEM C., WOUTER VANREUSEL (2013). Occupancy modelling as a new approach to assess supranational trends using opportunistic data: a pilot study for the damselfly *Calopteryx splendens*, *Biodiversity and Conservation*, 22, 3, 673-686

GRAND, D., & BOUDOT, J.-P. (2006). Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotope, Mèze (Collection Parthenope), 480 pp.

MACKENZIE, D.I., NICHOLS, J.D., ROYLE, J.A., POLLOCK, K.H., HINES, J.E. & BAILEY, L.L. (2006). Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier, San Diego.

ROYLE, J.A. & KÉRY, M. (2007). A Bayesian state-space formulation of dynamic occupancy modelling. *Ecology*, 88, 813–1823.

ROYLE, J.A. & DORAZIO, R.M. (2008). Hierarchical modeling and inference in ecology. Amsterdam : Academic Press.

Communications orales concernant le STELI en 2012 et 2013

VANAPPELGHEM, C. (28/03/2013) Le Suivi Temporel des Libellules (STELI) : un exemple d’une articulation entre un suivi national et la gestion d’un espace protégé. 18^{ème} édition du Forum des gestionnaires - Paris

VANAPPELGHEM, C. (9/08/2013). Interview dans « Le coup de fil au naturaliste » sur France Inter.

GOURMAND, A.-L., (9/07/2013). Interview dans « Le coup de fil au naturaliste » sur France Inter.

GOURMAND, A.-L., & VANAPPELGHEM, C. (2012). STELI - The French dragonfly monitoring scheme. 2nd European Congress of Odonatology – Belgrade, Serbia.

Revue de presse spécialisée du STELI en 2012 et 2013

VANAPPELGHEM, C., HOUARD, X., & GOURMAND, A.-L. (2012). Articuler plan national et suivi sur site. *in* le Dossier - Suivi des populations. *Espaces naturels* n°41, 32-33.