TerrOïko

Rapport Final-2013

Analyse du suivi des déplacements d'Azurés des Mouillères sur le réseau de tourbières du plateau de Montselgues

SOMMAIRE

1 **Contexte de l'étude et propositions faites par TerrOïko ..... / p.2**

1 / Proposition technique
2 / Protocoles de terrain
3 / Bilan de l'activité de TerrOïko pour le projet

2 **Bilan de stage David Viratel ..... / p.19**

1 / Données récoltées
2 / Données manquantes
3 / Récapitulatif des données disponibles

3 **Analyses des données récoltées..... / p.21**

1 / Analyse descriptive
2 / Coefficients de friction
3 / Paramètres démographiques

4 **Conclusions, suggestions ..... / p.33**

1 / Implication des résultats dans le cadre de la gestion du site
2 / Poursuite du projet

5 **Bibliographie ..... / p.36**

1 Contexte de l'étude et propositions faites par TerrOïko

Cette partie reprend les propositions techniques ainsi que les protocoles de terrain proposés par TerrOïko dans le cadre de l'appui méthodologique et l'analyse des données concernant l'effet des ruptures de continuités écologiques sur l'Azuré des mouillères au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.

1 / Proposition technique (06/05/2013)

Introduction et objet du document :

Ce document constitue la proposition technique et financière élaborée par TerrOïko, pilote de l'opération, en réponse à la consultation du Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche pour un appui méthodologique et analyse des données concernant l'effet des ruptures de continuités écologiques sur les populations d'azuré des mouillères sur le réseau de tourbières du plateau de Montselgues.

Notre proposition se veut synthétique et pédagogique sans pour autant négliger la rigueur qu'elle nécessite. Nous restons néanmoins disponibles pour répondre aux questions techniques, spécialement si malgré nos explications, il reste des interrogations concernant les outils et les méthodes que nous utilisons qui sont communément utilisés par les chercheurs mais malheureusement rarement accessible aux gestionnaires.

Notre compréhension du contexte et de vos objectifs :

1 / Des enjeux écologiques :

Le réseau de tourbières du plateau de Montselgues a subi une fragmentation des milieux ouverts (landes et tourbières) récente très importante (figure 1). Cette fragmentation par les massifs boisés pourrait être fortement préjudiciable à la qualité des milieux d'intérêts (zones humides et tourbières) en raison de l'assèchement des milieux par les résineux autour et au sein des tourbières et zones humides d'une part mais aussi en causant des ruptures de continuités

écologiques entre les tourbières potentiellement préjudiciables à la survie des espèces vivants dans ces milieux (odonates, lépidoptères, lycopodes, drosera,…) présents dans le réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Le CEN Rhône-Alpes et le PNR des Monts d'Ardèche ont réalisé des travaux de restauration des tourbières (restauration du fonctionnement hydraulique, ouverture de milieux,…), des travaux de restauration des connectivités (corridors écologiques) et des suivis de populations d'odonates et azuré des mouillères grâce à un financement LIFE (2005-2010).

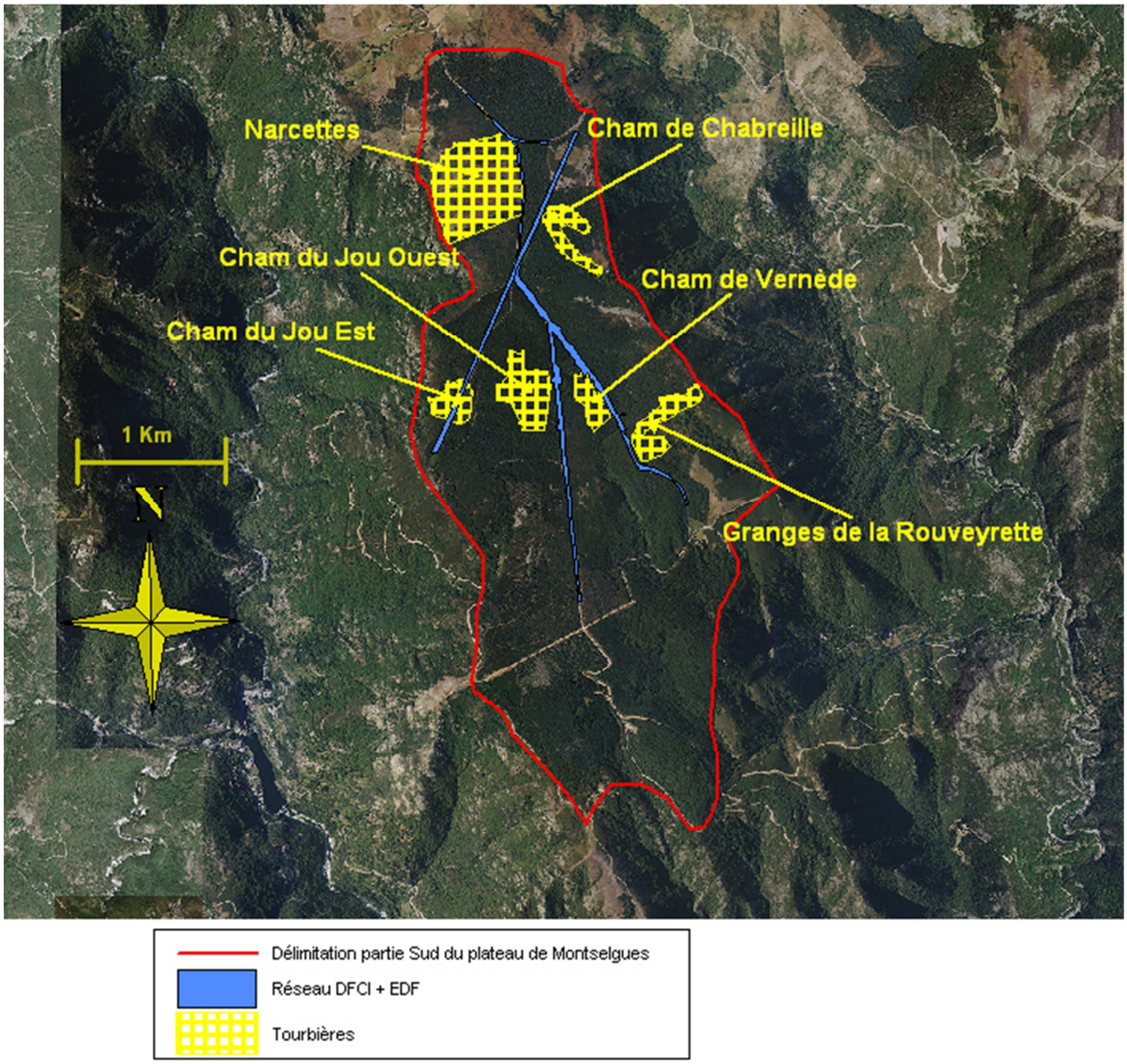


Figure 1 : photo aérienne annotée du site de l'étude.

Les précédentes études sur la fonctionnalité des corridors pour les populations de libellules réalisées en collaboration avec la station d'écologie expérimentale du CNRS à Moulis ont d'ores et déjà pu mettre en évidence que :

- les populations d'odonates ne sont pas particulièrement menacées au sein du réseau de tourbières.
- les corridors écologiques réalisés ont un effet sur les périodes de déplacement des libellules entre les tourbières (possibilité de déplacement lors des jours ventés).
- les corridors écologiques réalisés n'augmentent pas significativement le flux d'individus entre tourbières.

Bien que cette précédente basée sur les populations d'odonates ait montré que ce groupe d'espèces n'a que très peu de risque d'extinction au sein du réseau et que les flux d'individus permettent une brassage génétique acceptable, il en est probablement autrement pour des espèces a plus faibles capacités de dispersion tels que les lépidoptères.

Pour étudier le groupe des lépidoptères, il a été décidé d'utiliser l'azuré des mouillères comme espèce parapluie. Se focaliser sur une espèce parapluie a le double avantage d'améliorer les connaissances sur une espèce d'intérêt patrimonial tout en transposant, tout ou en partie, les conclusions spécifiques de l'étude à d'autres espèces, notamment de lépidoptères, inféodées au même milieu.

L'azuré des mouillères est une espèce patrimoniale bénéficiant d'un plan national d'action (PNA). Dans le cadre des plans de gestion du réseau de tourbières du plateau de Montselgues, l'azuré des mouillères bénéficie d'une attention particulière (suivi annuel réalisé par Yves Rozier, suivi des stations de gentianes pneumonanthes, décompte des œufs sur les gentianes, suivi des fourmis (2 espèces du genre *Mirmyca*) nécessaires pour l'accomplissement du cycle de vie de l'azuré des mouillères).

Afin de préserver au mieux, la population d'azuré des mouillères sur le plateau de Montselgues, il est nécessaire de :

- comprendre sa dynamique démographique
- l'impact de la structure paysagère sur les échanges d'individus entre les tourbières du réseau

Pour ce faire le parc désire connaître précisément les caractéristiques démographiques et les capacités de dispersion de l'azuré des mouillères au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Cette connaissance permettra de réaliser une gestion optimale du site pour cette espèce d'une part et d'autre part est essentielle pour proposer des aménagements adaptés pour la construction des corridors biologiques prévus dans les prochaines années.

TerrOïko grâce à son équipe composée de docteurs en écologie et son partenariat avec la station d'écologie expérimentale du CNRS de Moulis spécialisée dans ce type de problématique est en mesure de proposer un traitement original, efficace, scientifiquement validé et transposable de cette problématiques.

2 / Des enjeux d'optimisation des travaux à réaliser :

Les travaux d'aménagement de corridors sont importants et coûteux. Une bonne connaissance des espèces susceptibles d'utiliser ces corridors permet de comprendre au mieux comment elles peuvent les utiliser. Cette connaissance approfondie apporte l'assurance de réaliser des travaux et aménagements réellement fonctionnels pour les espèces cibles. Il est donc nécessaire de réaliser une étude de qualité sur ces interactions afin d'optimiser fonctionnalité des aménagements et leurs coûts financiers. TerrOïko est en mesure de proposer une telle optimisation grâce à l'utilisation de son outil MetaConnect qui lui permettra de comparer la qualité et la fonctionnalité des différents scenarii d'aménagements proposés par le PNR des Monts d'Ardèche et CEN Rhône-Alpes.

Proposition technique :

1 / Précision technique :

TerrOïko propose une méthodologie innovante, issue des derniers travaux du CNRS de Moulis, ainsi que l'exclusivité d'un outil d'analyse de viabilité des méta-populations, développé par ce même laboratoire, basé sur la dynamique des populations et la connectivité fonctionnelle du territoire pour définir les enjeux liés à la viabilité des populations animales et végétales.

La méthode développée par TerrOïko présente l'intérêt :

- d'**estimer la viabilité des populations** au sein du réseau de tourbières
- de **quantifier les flux de populations** entre les différentes structures paysagères.
- de **tester en prospective l'effet d'aménagements potentiels** de restauration de corridors.

Pour le compte de TerrOïko, cette étude sera réalisée par Sylvain Moulherat (doctorant TerrOïko/CNRS, voir CV joint) spécialisé dans les études de connectivité et concepteur d'outil d'aide à la décision pour les aménagements destinés à restaurer les connectivités écologiques. Il a d'autre part déjà collaboré avec le PNR des Monts d'Ardèche pour le compte du CNRS en 2011 dans le cadre de l'étude de la fonctionnalité des corridors biologiques du plateau de Montselgues pour les populations de libellules. Il avait alors participé à l'encadrement du stagiaire du parc (Romain Chabbert), à l'élaboration des protocoles de terrain et avait réalisé l'analyse des données récoltés.

2 / Détermination des interactions entre la structure paysagère et le cycle de vie de l'azuré des mouillères.

Le projet se déroulera en 4 étapes pour déboucher sur la détermination des coefficients de friction de l'azuré des mouillères dans les différents habitats du plateau de Montselgues, l'analyse complète de la viabilité de la méta-population (probabilités d'extinction locale et

globale) d'azuré des mouillères, les flux d'azurés des mouillères au sein du réseau de tourbières et la détermination du scenario de restauration des connectivités entre tourbières du réseau le mieux adapté s'il s'avère que des connectivités entre tourbières sont altérées :

1. ***Détermination des coefficients de frictions/rugosité des différents habitats pour Sphengaris alcon***
2. ***Suivi par capture-marquage-recapture de la population d'azuré des mouillères du plateau de Montselgues***
3. ***Intégration des informations recueillies lors des étapes 1 et 2 à MetaConnect***
4. ***Test des différents scenarii d'aménagements possibles et détermination du scenario le plus pertinent.***

Etape 1 : Détermination expérimentale des coefficients de friction/rugosité

Objectif : associé à chaque habitat les capacités de déplacement de l'azuré des mouillères

Les coefficients de friction/rugosité seront déterminés expérimentalement suivant la méthode développée par Camille Turlure (Turlure et al. 2012) et adaptée au contexte du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Dans ce but, le stagiaire devra réaliser sur le terrain un suivi individuel d'azuré des mouillères. Le protocole consiste à longer une lisière d'habitat. Au cours du déplacement le long de ce transect, chaque individu observé est suivi physiquement à une distance de 10 m pendant 20 min. Un repère est posé à chaque changement de trajectoire ou arrêt de l'individu. Pour chaque repère, les coordonnés GPS et l'heure sont notés sur des fiches de terrain. Il sera aussi noté sur la fiche, le comportement du papillon face au changement d'habitat lors d'un déplacement (pénétration dans le nouvel habitat, retour en arrière,…). Le suivi s'arrête lorsque le papillon passe plus de 5 min inactif. Les suivis seront réalisés jusqu'à ce que chaque type d'habitat ait été parcouru par une vingtaine d'individus (10 mâles, 10 femelles) afin d'être en mesure de réaliser des analyses statistiques robustes.

A partir de ces données de trajectométrie, nous serons en mesure de déterminer les vitesses de déplacement de l'azuré des mouillères dans chacun des habitats du réseau de tourbières ainsi que son affinité pour ceux-ci. Ces deux informations seront intégrées pour la détermination des coefficients de friction/rugosité.

Dans un souci de qualité de sa prestation, TerrOïko sera assisté dans cette tâche par C. Turlure.

Etape 2 : Capture-Marquage-Recapture (CMR) d'azuré des mouillères, caractéristiques démographiques de la population d'azuré des mouillères sur le plateau de Montselgues.

Objectif : Estimer les caractéristiques démographiques, tailles de populations et flux de l'azuré des mouillères au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues

Les caractéristiques démographiques seront déterminées grâce à l'analyse complète des données de CMR. Afin d'optimiser le temps d'expérimentation du stagiaire sur le terrain, les campagnes de captures seront réalisées en même temps que les suivis visant à calculer les coefficients de friction/rugosité. Les individus suivi pour cette première expérience seront capturés en fin de suivi, marqué, sexé, et leurs mesures morphométriques réalisées (taille, masse).

Les sessions de CMR seront organisées en 10 sessions de 3 jours ce qui nous permettra d'optimiser au mieux l'adéquation entre l'effort de prospection et le cycle de vie de l'espèce (survie de l'ordre de 3-4 jours). L'effort de capture sera équitablement réparti par demi-journée en fonction de la superficie des différentes tourbières (1 demi-journée par tourbière sauf pour les Narcettes qui devront être prospectées pendant 2 demi-journées par session). Pour chaque session de 3 jours, l'ordre de prospection des tourbières sera choisi aléatoirement.

A la fin du suivi de CMR, les histoires de captures seront analysées à l'aide du logiciel MARK en utilisant les modèles POPAN pour obtenir les tailles de populations d'azurés des mouillères des différentes tourbières, et des modèles multi-états afin d'analyser les flux d'individus existants. D'autre part, ces analyses nous fourniront les caractéristiques démographiques de l'azuré spécifiques au plateau de Montselgues. Ces analyses couplées aux résultats de l'étape 1 devraient nous permettre d'estimer les tailles de populations d'azuré des mouillères des années précédentes (Turlure et al. 2010) et déterminer les tendances populationnelles à moyen terme.

En parallèle au suivi d'azuré, le stagiaire devra relever les coordonnés GPS des stations de gentianes pneumonanthes (*Gentiana pneumonanthe*) et le cas échéant, la présence d'œufs d'azurés des mouillères et éventuellement le nombre d'œufs.

Etape 3 : Intégration des résultats des étapes 1 et 2 à l'utilisation de MetaConnect

Objectif : Réaliser les études de viabilité de la population d'azuré des mouillères

Les résultats de l'analyse de la CMR de la population d'azuré des mouillères fournira les informations locales des caractéristiques démographiques de l'espèce (taille de population, survie adultes, flux d'individus,…) dans le réseau de tourbières. Au cas où les populations d'azuré sur le site seraient trop petites pour permettre une analyse robuste de la CMR, les

caractéristiques démographiques seront extraites de la littérature scientifique existante sur le sujet. Ces données démographiques seront utilisées dans MetaConnect pour simuler la dynamique de la population d'azuré des mouillères sur le plateau de Montselgues.

Les coefficients de friction/rugosité une fois déterminés seront cartographiés à l'aide de la cartographie précise des habitats fournie par le CEN Rhône-Alpes et utilisés comme données d'entrée de MetaConnect. Ces données nous serviront lors de la simulation de la dispersion de l'azuré des mouillères au sein du réseau de tourbières. De même, les stations de gentianes pneumonanthe seront utilisées comme données d'entrée de MetaConnect.

Les simulations réalisées avec MetaConnect fourniront les probabilités d'extinction de l'azuré des mouillères sur chaque tourbière ainsi que pour l'ensemble du réseau étudié. Ces simulations fourniront aussi le potentiel de structuration génétique du paysage actuel. Ces résultats fourniront donc à la fois l'information quant à la viabilité de la population d'azuré des mouillères au sein du réseau de tourbière du plateau de Montselgues et déterminer les zones nécessitant une amélioration de la qualité du milieu pour optimiser la survie de l'espèce, mais aussi la dynamique des flux d'individus au sein du réseau et par là même permettra d'identifier les besoins et localisations de reconnexion des tourbières.

Etape 4 : Utilisation des simulations MetaConnect afin de tester puis optimiser les travaux à mener.

Objectif : Choisir le meilleur scenario d'aménagement parmi les scenarii réalisables

Les cartographies d'habitat seront modifiées en fonction des différents scenarii de travaux envisagés par le CEN Rhône-Alpes concernant l'amélioration de la qualité de l'habitat pour l'azuré des mouillères ou l'amélioration des connectivités. De nouvelles simulations seront alors réalisées, à nouveau les probabilités d'extinctions et la structuration génétique seront de nouveau évaluées permettant ainsi au gestionnaire de choisir le scenario le plus adapté en connaissance de leurs impacts probables sur la dynamique de la population, le flux d'individus et la structuration génétique de la population.

3 / Déroulement du projet

	1	2	3	4	5	6
Organisation de la mission						
Etape 1 : appui méthodologique						
***Détermination expérimentale des coefficients de friction/rugosité pour* Sphengaris alcon**						
Définition des protocoles						
Formation du stagiaire aux protocoles						
Réalisation des expériences						
Suivi CMR						
Définition du protocole						
Formation du stagiaire aux méthodes d'analyse de la CMR						
Réalisation des sessions de captures						
Etape 2 : analyse des données						
***Détermination expérimentale des coefficients de friction/rugosité pour* Sphengaris alcon**						
Calcul des coefficients de friction/rugosité						
Spatialisation des coefficients de friction/rugosité						
Suivi CMR						
Estimation des paramètres démographiques						
Spatialisation des données démographiques et des stations de gentianes pneumonanthes						
Etape 3 : Etude de viabilité et flux d'individus						
Intégration des données récoltées en étapes 1 et 2						
Etude de viabilité de *Sphengaris alcon* au sein du réseau de tourbière						
Etude des connectivités pour l*Sphengaris alcon* au sein du réseau de tourbières						

	1	2	3	4	5	6
Etape 4 : Test des scenarii d'aménagements						
Etude prospective des connectivités						
Réunions, rédaction de rapport						
Réunion de lancement du projet						
Réunion de restitution des premiers résultats et définition des scenarii d'aménagements à tester						
Encadrement du stagiaire pour la rédaction de son rapport						
Rédaction du rapport d'étude						

Les cases vertes claires correspondent aux activités de TerrOïko, les cases vertes foncées correspondent aux activités du stagiaire PNR des Monts d'Ardèche pour lesquelles TerrOïko supervisera l'aspect technique, méthodologique. Les cases jaunes correspondent aux activités de TerrOïko qui impliqueront l'ensemble des partenaires concernés par l'étude (PNR des Monts d'Ardèche, CEN Rhône-Alpes,…).

Dispositions d'organisation :

- Organisation du projet :

Composition du Comité Scientifique :

M. BAGUETTE ->Directeur de recherche MNHN, dispersion des organismes, viabilité des populations
S. BLANCHET -> Chargé de recherche CNRS Moulis, peuplements piscicoles, trame bleue, épidémiologie,
C. BONENFANT -> Chargé de recherche CNRS Lyon, biologie de la conservation, mammologie
X. BONNET -> Directeur de recherche CNRS Chizé, herpétologie
J. CLOBERT -> Directeur de recherche, CNRS Moulis, dispersion des organismes, herpétologie, ornithologie
M. LOREAU -> Directeur de recherche CNRS Moulis, fonctionnalité des écosystèmes

Partenaire spécifique :

C. Turlure -> Post-doctorante FNRS Liège, dispersion, papillons, détermination expérimentale de coefficients de friction

2 / Protocoles de terrain (27/06/2013, mis à jour le 11/07/2013)

Objectifs expérimentaux

1 / Détermination des coefficients de friction pour Phengaris alcon *dans le réseau de tourbière du plateau de Montselgues.*

L'objectif de cette expérience est de mesurer expérimentalement les coefficients de frictions associés aux différents types de couvert végétal présent dans le réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Dans la plupart des études réalisées utilisant des coefficients de friction ou coefficients de perméabilité ou encore coefficients de rugosités, ces coefficients sont évalués sur dire d'experts (Turlure et al. 2011). Pour certains groupes d'espèces, des méthodes expérimentales ont été développées afin de mesurer ces coefficients (Stevens and Baguette 2008; Turlure et al. 2011). C'est notamment le cas en ce qui concerne les papillons (Turlure et al. 2011). Concernant ce groupe, la comparaison entre les estimations réalisées par des experts et les mesures réalisées expérimentalement a permis de mettre en évidence une très faible capacité

des experts à estimer la valeur (même relative) de ces coefficients (Turlure et al. 2011; Baguette et al. 2012a). Or il se trouve que ces coefficients sont à la base des études de connectivité (i.e. chemin de moindre coût) (Belmont et al. 2010). Il est donc nécessaire, lorsque l'espèce étudiée le permet, de mesurer expérimentalement ces coefficients afin de réaliser des études pertinentes de la connectivité sur papillon. C'est pourquoi dans le cadre de cette étude sur *Phengaris alcon* (*Maculinea alcon*), nous avons décidé de mettre en place le protocole de mesure des coefficients de friction développé par Camille Turlure (Turlure et al. 2011) consistant à suivre individuellement les papillons (en excluant la méthodologie qu'elle propose basée sur des transects n'étant pas adaptés aux relativement faibles densités de papillons attendues à Montselgues).

Les coefficients de friction ainsi calculés serviront à paramétrer dans un second temps MetaConnect (Baguette et al. 2012b; Gunton et al. 2012) afin de réaliser étude de viabilité, étude des connectivités et évaluation des propositions d'aménagements sur site visant à protéger la population de *Phengaris alcon* du plateau de Montselgues.

2 / Estimation des paramètres démographiques pour Phengaris alcon *dans le réseau de tourbière du plateau de Montselgues.*

L'objectif de cette expérience est de déterminer :

1. La taille de la population de *Phengaris alcon* sur les tourbières étudiées.
2. Leurs caractéristiques démographiques (survie adulte, détectabilité, recrutement).
3. Mesurer les flux d'individus (entre tourbières et individus venant de l'extérieur du système étudié).

Les paramètres démographiques seront estimés grâce à l'analyse des résultats du suivi de la campagne de Capture Marquage Recapture prévue en parallèle de l'expérience visant à mesurer les coefficients de friction pour *Phengaris alcon*. Ces résultats seront analysés à l'aide de Mark et des modèles POPAN (permettant d'estimer les tailles de populations) (Arnason and Schwarz 2002) et Multi-strate (permettant de quantifier les flux d'individus) (Kendall and Nichols 2002). Les flux d'individus venant de

l'extérieur du système et le recrutement seront dérivés de l'analyse conjointe des deux types de modèles.

Les estimations des paramètres démographiques serviront quant à eux à réaliser l'étude de la viabilité de la population de *Phengaris alcon* sur le plateau de Montselgues.

A ce niveau de l'expérience, l'estimation des paramètres démographiques sera étroitement liée à la quantité d'individus capturés et marqués. Une attention particulière devra donc être faite quant à l'organisation des sessions de capture qui devront être optimisées dans l'objectif de maximiser le taux de recapture.

Malheureusement, pour des raisons administratives et règlementaires (autorisation de capture pour *Phengaris alcon* non délivrées dans les temps) les individus ne pourront pas être marqués et la CMR ne pourra pas être réalisée. Deux méthodes alternatives ont été étudiées pour parer à cette difficulté :

- Le *Distance sampling* n'est pas une méthode qui permettra d'obtenir des informations fines sur la démographie de *Phengaris alcon* sur le plateau de Montselgues.
- L'occupation de site, ne donnera pas d'information concernant la démographie de l'espèce et les estimations de probabilité d'extinction par site ne seraient pertinentes dans le cadre de notre étude que si elles étaient réalisées sur plusieurs années avec le même protocole.

Il semble donc que les données démographiques que nous utiliserons par la suite seront extraites de la littérature scientifique qui contient de nombreuses informations précises et de bonne qualité sur la démographie de cette espèce.

Protocoles détaillés

1 / Préparation expérimentale : Cartographie du site

Le CEN RA dispose d'une cartographie de la végétation du site assez détaillée. L'objectif de ce travail de préparation est d'affiner la cartographie du site afin de déterminer les limites des différentes zones (types de milieux) à traiter (voir section

2.2), de localiser les secteurs à gentianes pneumonanthes (*Gentiana pneumonanthes*) et produire les supports cartographiques qui serviront à réaliser l'analyse de viabilité et des flux de *Phengaris alcon* au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. L'opérateur devra, avant le début des expériences, réaliser la mise à jour cartographique des données CEN RA et relevé au GPS les stations de gentiane (1 point au centre de la station). Pour chaque station, il devra relever le nombre de pieds de gentianes et la surface de la station (coordonnées des coins de la station puis calcul de surface sous logiciel SIG).

Les zones forestières seront caractérisées par la densité en arbres 2-5 quadrats (suivant la surface de la zone forestière) de 10m X 10m seront réalisés. Dans chacun de ces quadrats, le nombre d'arbres, leur essence et leur circonférence seront relevés.

Par la suite, au cours des expériences, les nouvelles stations de gentianes devront être relevées et l'ensemble des stations devront être prospectées afin de compter le nombre d'œufs moyens par station de gentiane (comptage des œufs sur 1-10 pied(s) de gentiane suivant la taille de la station).

2 / Coefficients de frictions

Les coefficients de frictions seront déterminés à partir de 2 mesures distinctes (Stevens et al. 2004; Stevens et al. 2006a; Stevens et al. 2006b; Baguette and Van Dyck 2007; Baguette et al. 2012a):

- Résistance : correspond à la capacité qu'a un individu de traverser le milieu (~performances locomotrices)
- Préférence : correspond à la réaction des individus face à un nouveau milieu (entre dans le nouveau milieu ou rebrousse chemin)

Le protocole mis au point par Camille Turlure (2011) concernant les papillons consiste à suivre individuellement les individus et prendre les coordonnés GPS de chacune des bifurcations de trajectoires.

Protocole détaillé par étapes :

- Prospection à l'interface entre 2 milieux (Tableau 1)
- Repérage d'un *Phengaris alcon* proche de la lisière, note de son comportement (franchissement : o/n) et prise du 1er point GPS (fiche terrain + si possible mémoire GPS).

- Suivi de l'individu à distance raisonnable pour ne pas perturber son comportement ni le perdre de vue (10-15 m). A chaque changement de direction ou arrêt, relevé des coordonnées GPS (possibilité de marqué le point à l'aide d'un repère au cas où difficulté de suivi ou problème d'enregistrement mais plutôt déconseillé pour le suivi complet).
- Arrêt du suivi lorsque le papillon est considéré inactif (7-10 min immobile).
- Le nombre d'individus suivi sera dépendant du nombre de cas et des besoins statistiques de l'analyse (si possible ~20 individus par type d'interface).

La description fine de l'habitat sera simplifiée et les différents types de couvert végétal seront assignés à 4 catégories de milieux (figure 1) comme suggéré par Camille Turlure (com. Pers.). Cette simplification de la description se fera en lien avec les caractéristiques physiques du milieu (hauteur de la strate végétale et présence de ressources (Turlure et al. 2011)). Pour les fins de cette étude une catégorie corridor sera ajoutée correspondant aux pistes, corridors déjà réalisés et la ligne à haute tension. D'autre part, 2 catégories de forêts seront distinguées (dense ou non dense). La distinction sera effectuée grâce aux indices de densité calculés grâce aux quadrats forestiers (section 2.1). La répartition des différents milieux utilisés par le CEN RA au sein des classes définies pour cette étude sera réalisé par le stagiaire avant le 10 juillet et soumis à l'expertise de M. Rozier.

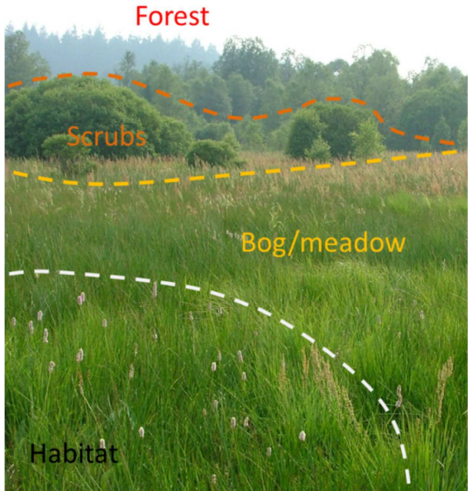


Figure 2 : Classes d'habitats utilisés (d'après Turlure et al. 2011). La classe habitat correspond aux milieux dans lesquels on trouve de la ressource (*Gentiana pneumonanthe*). La classe bog/meadow (tourbière/prairie) correspond aux milieux similaires physiquement à la classe habitat mais sans gentiane. La classe scrubs

(buissons) correspond aux zones de buisson (landes à genêts par exemple). La classe forest (forêts) sera composée des différents types de forêts présents sur la zone d'étude.

Tableau 1 : Couverts végétaux présents dans le réseau de tourbières de Montselgues.

- Mare (eau peu minéralisé)
- Prairie paratourbeuse à joncs
- Prairie humide à molinie
- Prairie à molinie boisée par le pin sylvestre
- Bois de bouleaux humides
- Tourbière haute active
- Dépression à rhynchospore blanc
- Lande à callune et genêts
- Lande à genêt à balais
- Lande à genêt purgatif
- Lande à genêt à balais et genêt purgatif
- Lande à fougère aigle
- Lande à callune et genêt boisée en pin sylvestre
- Chemins, pistes, zones rudérales
- Lande à genêt purgatif sous forêt mixte
- Lande à genêt purgatif boisée en pin sylvestre
- Lande à fougère aigle sous forêt de frênes et d'aulnes
- Pelouse à Nard et fétuques
- Hêtraie sèche
- Reboisement de pin sylvestre
- Forêt mixte
- Forêt de frênes et d'aulnes
- Bois de bouleaux humide mélangé à la hêtraie sèche
- Plantation de conifères
- Eboulis

3 / Capture Marquage Recapture (CMR)

Les sessions de capture seront réalisées sur des cycles de 3 jours (10 sessions) afin d'optimiser le taux de recapture compte tenu de l'espérance de vie courte de cette espèce mesurée dans la littérature (Dupont 2010). L'effort de capture sera

équitablement réparti par demi-journée en fonction de la superficie des différentes tourbières (1 demi-journée par tourbière sauf pour les Narcettes qui devront être prospectées pendant 2 demi-journées par session). Pour chaque session de 3 jours, l'ordre de prospection des tourbières sera choisi aléatoirement (Tableau 2).

Tableau 2 : planning par ½ journée des sites à échantillonner (N : Narcettes, J : Cham du Jou, R : Grange des Rouveyrettes, V : Cham de Vernède, C : Cham de Chabreille)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
J	N1	R	V	N2	C	J	N1	R	V

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N2	C	J	N1	R	V	N2	C	J	N1

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	V	N2	C	J	N1	R	V	N2	C

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
J	N1	R	V	N2	C	J	N1	R	V

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
N2	C	J	N1	R	V	N2	C	J	N1

51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
R	V	N2	C	J	N1	R	V	N2	C

Les captures avec marquage seront réalisées en fin d'expérience de suivi individuel. Les recaptures intervenant aussi en fin de suivi individuel, seront réalisées sans capture physique de l'individu si possible (lecture du code à distance avec jumelles si nécessaire).

Résultats escomptés

1 / Coefficients de frictions

Les valeurs mesurées sur le terrain pour préférence et résistance des milieux seront analysées suivant la méthode statistique adéquate (Stevens et al. 2006a; Turlure et al. 2011) et ces deux informations seront intégrées pour attribuer le coefficient de friction à chacun des milieux étudiés.

Ces résultats seront ensuite cartographiés et serviront de base aux analyses réalisées avec MetaConnect.

2 / Paramètres démographiques

Suite à l'analyse des résultats faite à l'aide de Mark, les paramètres démographiques (survie, flux, taille de population, recrutement,…) seront utilisés pour configurer les traits d'histoire de vie de *Phengaris alcon* dans MetaConnect ce qui permettra d'obtenir les analyses de viabilité et de connectivité spécifique des populations de *Phengaris alcon* du plateau de Montselgues. Cette étape est primordiale dans la mesure où les papillons en général présentent des adaptations locales très marquées (Turlure, Baguette Com. Pers.).

Dans la mesure où l'étude CMR ne sera pas réalisable, nous utiliserons les données disponibles dans la littérature scientifique de la même façon.

3 / Bilan de l'activité de TerrOïko pour le projet.

Comme prévu dans la proposition technique, TerrOïko par l'intermédiaire de Sylvain Moulherat a réalisé les protocoles expérimentaux (fournis le 27/06/2013), participé à l'encadrement du stagiaire (formation théorique (1j) le 22/04/2013, formation terrain pour application et ajustement des protocoles le 03/07/2013). La formation statistique du stagiaire n'a pu être réalisée dans la mesure où le stagiaire n'a pas pris contact avec TerrOïko comme il était convenu (réunion du 22/04/2013) avant la fin de son stage dans ce but. TerrOïko a participé à toutes les réunions de pilotage

du projet (S. Moulherat) prévues dans le planning initial plus une réunion de mi-parcours afin de participer aux ajustements nécessaires. Enfin, TerrOïko a analysé (J. Cornuau et S. Moulherat) et extrait les informations prévues à partir des données fournies par le PNR MA *via* David Viratel (stagiaire). A l'heure actuelle les deux dernières parties de la proposition technique (Etude de viabilité et test des scenarii d'aménagements) restent à réaliser car TerrOïko n'a pas reçu les données permettant de réaliser ces analyses.

2 Bilan du stage de David Viratel (M2 Paris VII)

Le stage de David Viratel devait permettre l'acquisition des données permettant une analyse fine des interactions entre *Phengaris alcon* et les différents milieux constitutifs de son habitat lors de ses déplacements (coefficients de friction) ainsi que les données permettant l'analyse de la viabilité de la population d'azurés des mouillères ainsi que des flux d'individus au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.

1 / Données récoltées

Lors de ce stage, les données suivantes ont été récoltées :

- Mise à jour de la cartographie des habitats (initialement réalisée par le CEN RA).
- Localisation GPS des stations de gentianes et dénombrement du nombre de pied par station.
- 36 trajectoires d'azuré des mouillères récoltées suivant le protocole décrit.
- Classification des habitats par leur structuration verticale (supervision Yves Rozier)

2 / Données manquantes

Par rapport au protocole fourni, plusieurs données n'ont pas été récoltées sur le terrain entrainant l'impossibilité pour TerrOïko de traiter certaines des questions soulevées initialement par l'étude. D'autre part, certaines données ont été sous échantillonnées réduisant ultérieurement la puissance des analyses statistiques.

Les données manquantes sont :

- Les données de capture marquage recapture (CMR) en raison du non renouvellement des autorisations de capture par le PNR MA.
- Présence/absence et dénombrement des pontes d'azurés des mouillères sur les gentianes pneumonanthes.
- Densité d'arbres dans les habitats forestiers
- Informations météorologiques journalières

Les données sous échantillonnées sont :

- Trajectoires d'azurés des mouillères (14 jours réalisés sur 30 initialement prévus dû aux mauvaises conditions météorologiques ayant affecté la phénologie de la majorité des espèces de papillons français ; retard d'émergence d'environ 15j, Baguette com. pers.).

3 / Récapitulatif des données disponibles

Tableau 2 : Récapitulatif des données disponibles et des noms de dossiers dans lesquels elles se trouvent

Données	Récoltée	Non récoltée	Sous-échantillonnée	Nom du dossier
Habitat	X			Trajectoire
Gentianes	X			Gentiane
Densités arbres		X		∅
CMR		X		∅
Trajectoire			X	Trajectoire
Pontes		X		∅
Météorologie		X		∅

Etat des données à récoltées d'après le protocole fournis et état des données reçues par TerrOïko. Les localisations correspondent aux noms de dossier dans lequel se trouvent les données généralement sous format de table attributaire des données cartographiées.

3 Analyse des données récoltées

1 / Analyse descriptive

A / Données spatialisée : lien entre position des gentianes et trajectoire des azurés des mouillères

Les répartitions de gentianes (figure 5, p.23) et les changements de trajectoire des papillons lors de leurs déplacements ont été analysées comme étant des processus ponctuels poissoniens (figure 3). Les positions des gentianes et des changements de trajectoires des papillons ont été analysés seuls. Puis ont été mis en relation. Les *Phengaris alcon* n'ont été détectés pendant la période de terrain que sur 3 des 5 tourbières (Narcettes, Rouveyrettes et Vernèdes) (figure 3) et essentiellement dans les habitats défini par Yves Rozier comme étant Habitat (classe 1 : molinaie avec présence de *Gentiana pneumonanthes*), zones de nourrissage (classe 2 : landes à calunes ou bruyères) et en forêt dense (N=2, classe 4 : sylviculture) (figure 4). Aucune trajectoire n'a été relevé dans les autres milieux (classe 3 : lande à genet à balais, classe 4 : forêt peu dense (hêtraies), classe 6 : corridors, piste, LHT).

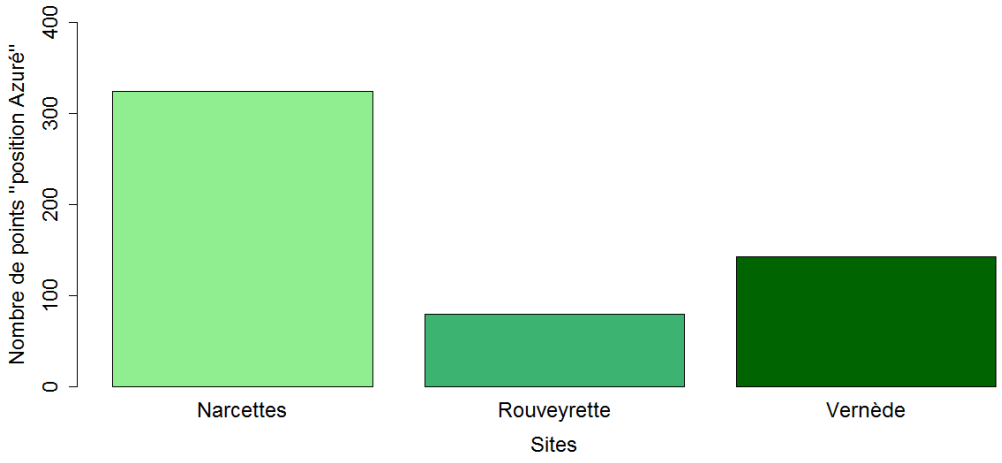


Figure 3 : Nombre de changements de trajectoires enregistrés par site du réseau de tourbières de Montselgues.

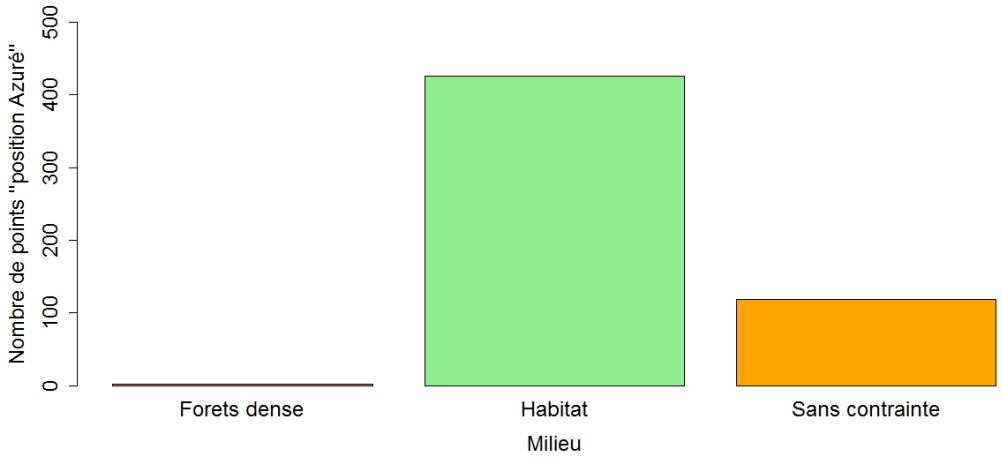


Figure 4 : Nombre de changements de trajectoires enregistrés par classe de milieux (dénomination utilisée dans le rapport de stage de David Viratel). Forêt dense=classe 5, Habitat Milieu=classe 1 et sans contrainte=classe 2 (voir texte pour plus de détails). La dénomination « sans contrainte » ne sera plus employée par la suite pour éviter toute ambiguïté car elle présente une description subjective de ce milieu et les termes utilisés correspondent au sujet de l'étude.

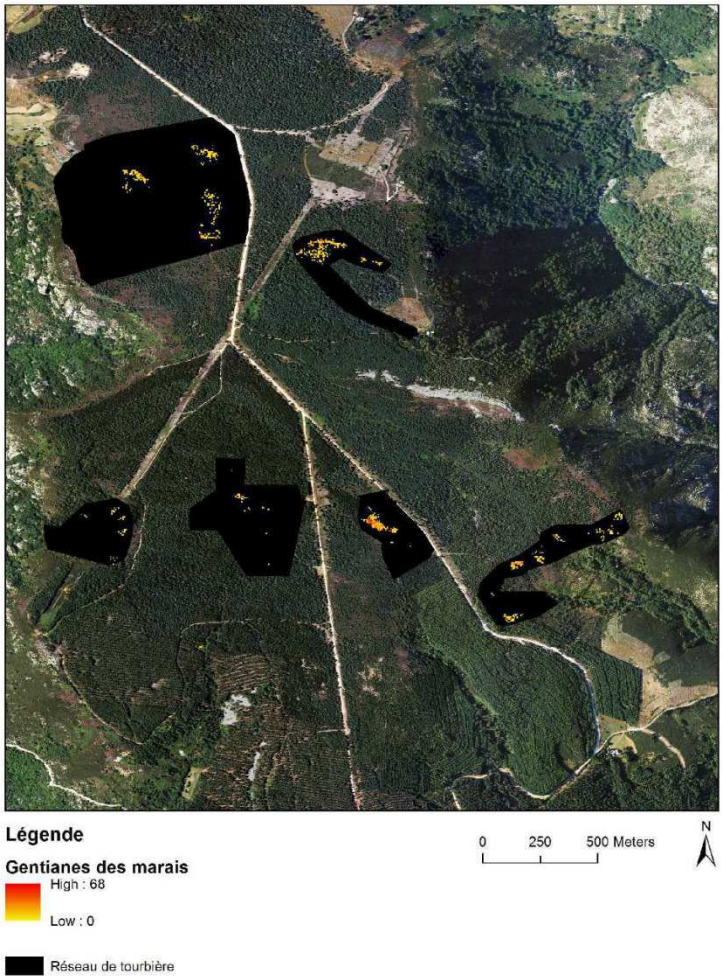


Figure 5 : Répartition de la densité des gentianes pneumonanthes au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues (extrait du rapport de stage de David Viratel).

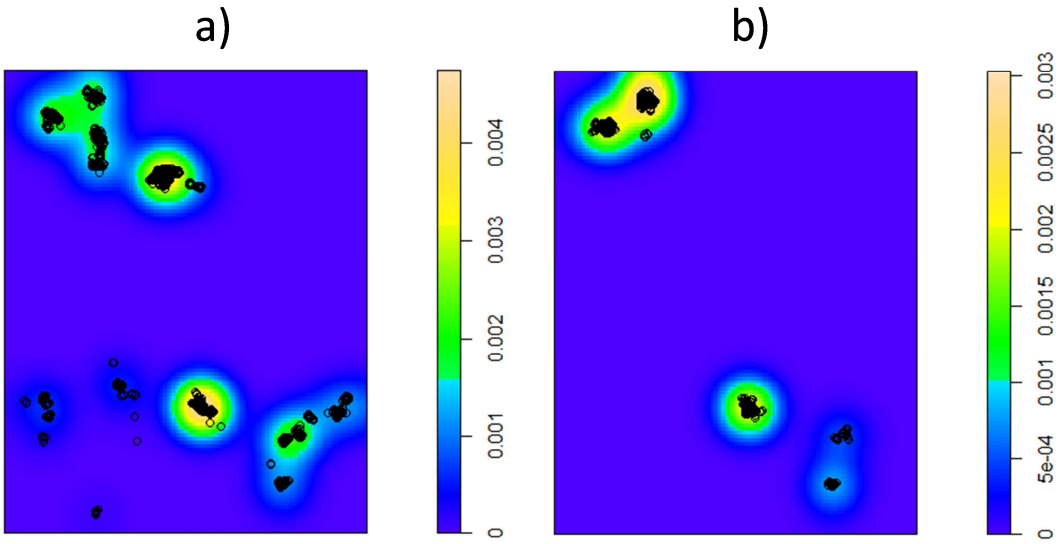


Figure 6 : Zones de présence des gentianes pneumonanthes (a) et des zones patrouillées par l'azurée des mouillères (b).

Comme escompté, les zones de présence des gentianes pneumonanthes et les zones patrouillées des azurés des mouillères (figure 6) présentent des distributions agrégées (Encadré 1, figure 7 et 8) à l'échelle du patch (des tourbières < 300m).

Encadré 1 : Fonction F, G, J et K pour l'analyse des données spatialisées

Les fonctions F, G et J informe de la ***structure spatiale des données à petite échelle*** *(dans ce cas jusqu'à 100 m) par rapport à une distribution aléatoire (poissonienne).*

La fonction K de Ripley, permet d'identifier ***les structurations spatiales à grande échelle*** *(dans ce cas jusqu'à 400m) par rapport à une distribution aléatoire (poissonienne).*

Les résultats obtenus à l'aide de ces outils statistiques se lisent de la même façon qu'il s'agisse d'un jeu de données simple (papillons seuls) ou une mise en relation entre deux jeux de données (papillons par rapport à gentianes). Seule l'interprétation change.

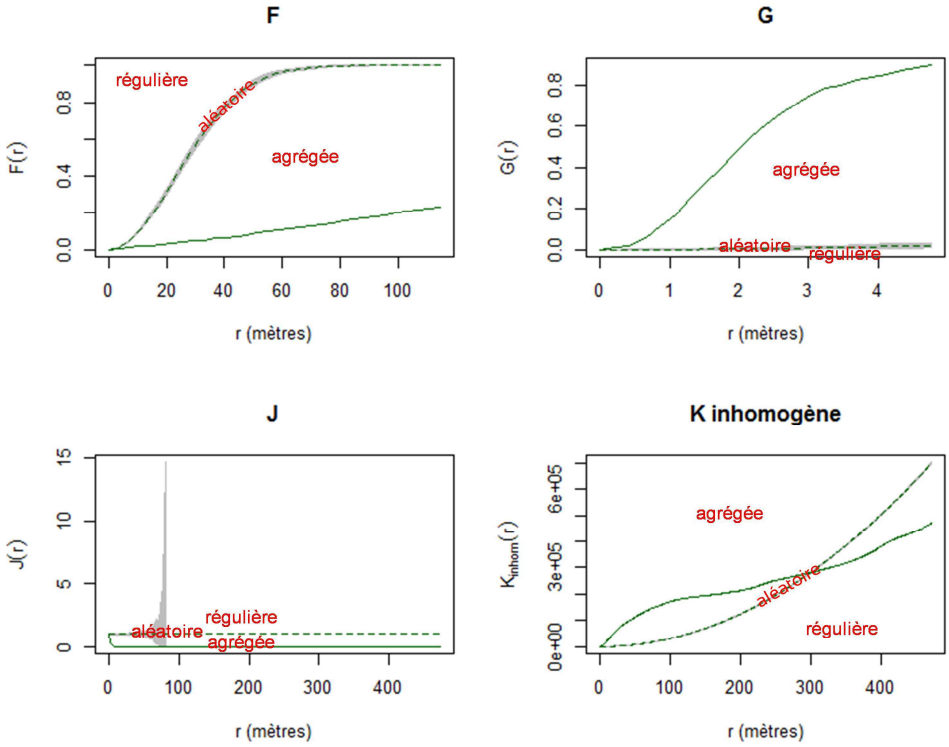


Figure 7 : Etude de la structuration spatiale des gentianes pneumonanthes.

La courbe verte en ligne continue représente la distribution observée. Elle se situe dans la zone du graphique correspondant à une distribution agrégée. La structuration spatiale des gentianes pneumonanthes est clairement agrégée entre 0 et 300m.

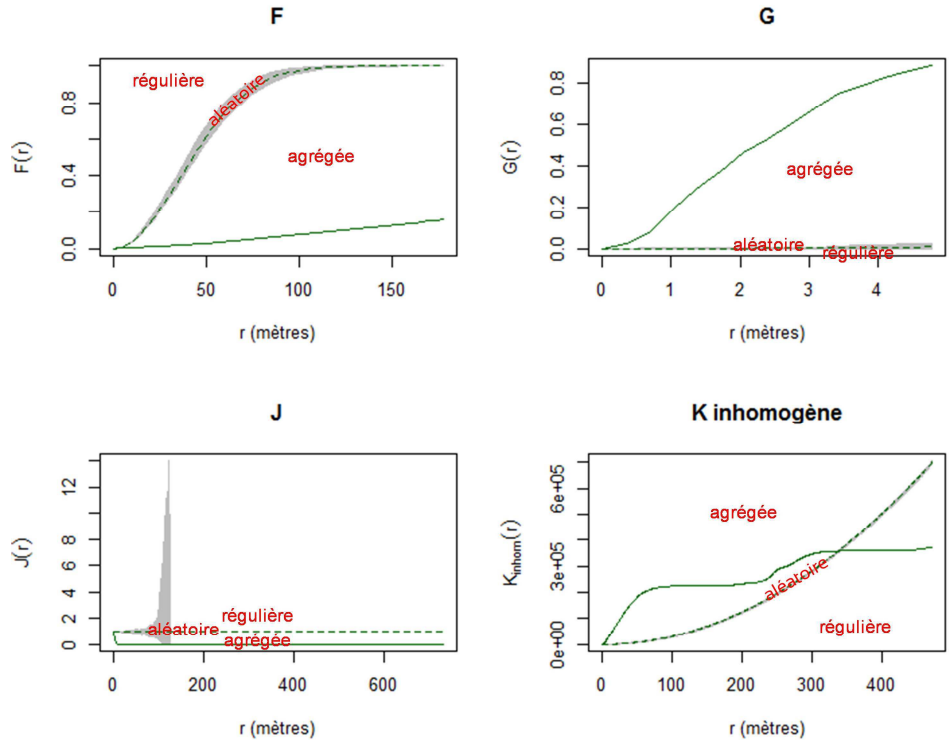


Figure 8 : Etude de la structuration spatiale des trajectoires d'azuré des mouillières.

La courbe verte en ligne continue représente la distribution observée. Elle se situe dans la zone du graphique correspondant à une distribution agrégée. La structuration spatiale des trajectoires d'azurés des mouillères est clairement agrégée entre 0 et 300m.

La mise en relation (figure 9) entre les positions de gentianes pneumonanthes et les trajectoires de l'azuré des mouillères montrent que, comme escompté, l'azuré ne se trouve que dans des secteurs où la gentiane est présente (association) mais que les trajectoires des azurés ne sont pas déterminées par la présence des gentianes (indépendance).

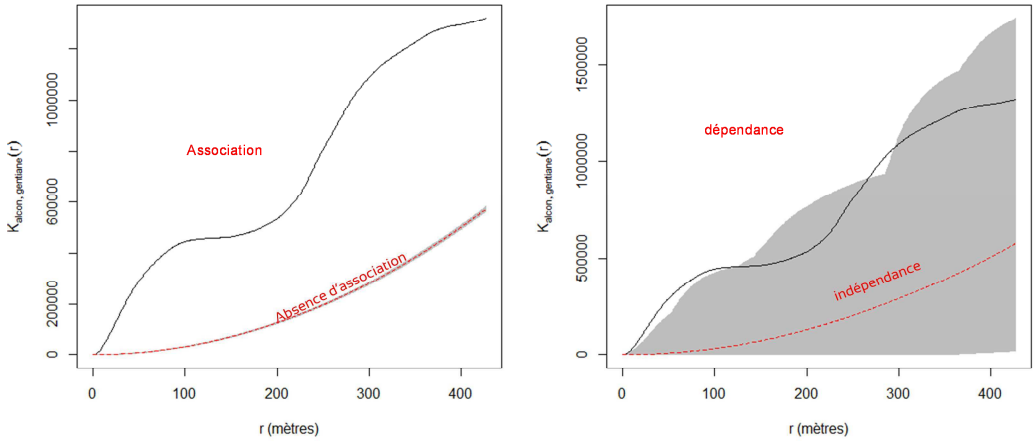


Figure 9 : Relation spatiale entre la gentiane pneumonanthe et l'azurée des mouillères. Cette relation spatiale est représentée par la courbe grise. Les azurés des mouillères sont situés dans des secteurs présentant de la gentiane pneumonanthe (graphique de gauche), cependant les trajectoires des azurés sont indépendantes de la présence de gentiane (graphique de droite).

B / Analyse des trajectoires : kernels de déplacements journaliers

L'analyse des types des trajectoires (trajectoires quotidiennes) réalisées par les azurés des mouillères informe sur les distances que peuvent parcourir les azurés lors d'un déplacement. L'histogramme de la distance euclidienne réalisée, informe sur la distance couverte lors de trajets alimentaires journaliers (figure 10). La distance totale cumulée informe sur les capacités de vol de l'espèce (figure 11). Enfin la distance entre chaque changement de trajectoire indique comment l'azuré des mouillères se déplace (figure 12). Les informations de distances sont résumées dans le tableau 3 pour chaque *Phengaris alcon* suivi. Le déplacement des azurés semble affecté par la

structure verticale du milieu qu'il traverse (tableau 4). Les distances parcourues entre 2 arrêts se modifient en fonction de la nature du milieu (augmentation des distances parcourues entre 2 arrêts entre l'habitat et les zones de nourrissage, test de Wilcoxon, $p = 0.05$).

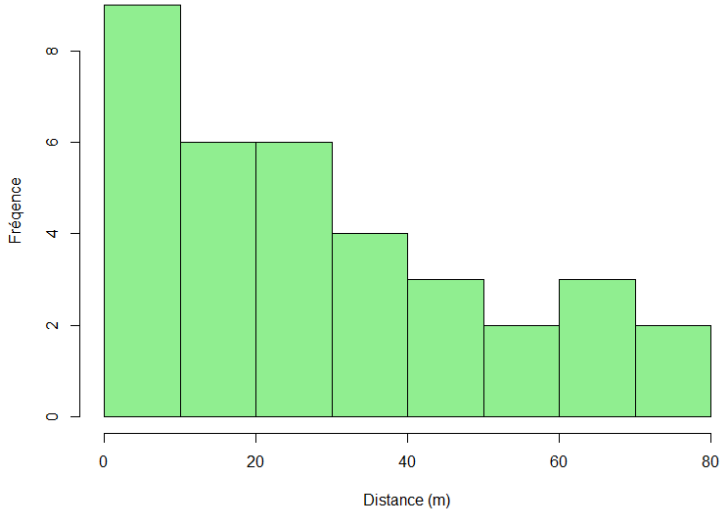


Figure 10 : Distribution des distances euclidiennes (distance entre le premier et le dernier point de l'enregistrement) parcourues pour chacun des trajets journaliers (alimentaires) de 36 *Phengaris alcon* au sein du réseau de tourbières.

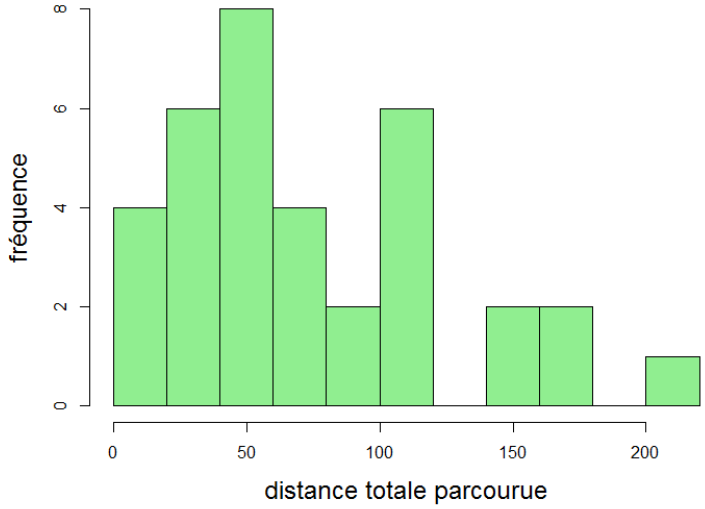


Figure 11 : Distribution de la distance totale journalière obtenue en cumulant l'ensemble des trajets récoltés en un jour pour chacun des 36 *Phengaris alcon* suivis au sein du réseau de tourbières. Les distances sont exprimées en m.

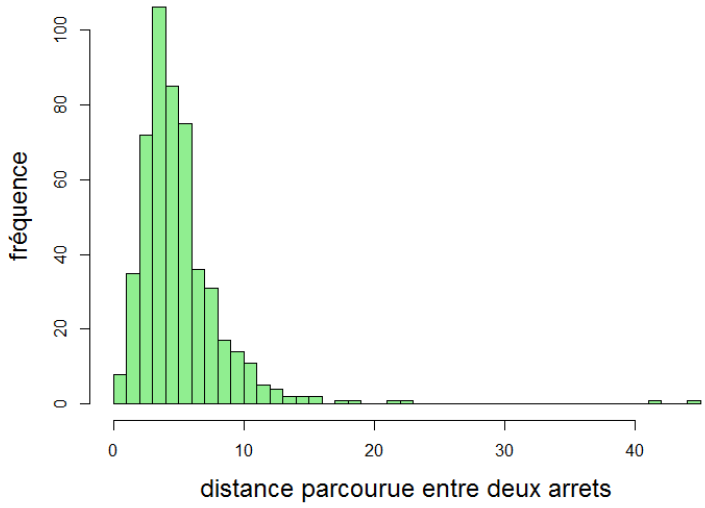


Figure 12 : Distribution des distances parcourues entre 2 arrêts par 36 *Phengaris alcon* lors de trajets alimentaires au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.

Tableau 3 : Résumé des distances parcourues au cours des 36 trajectoires de *Phengaris alcon* enregistrées au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Toutes les distances sont exprimées en m.

identifiant	minimum	médiane	moyenne	maximum	distance totale	Distance euclidienne
Alcon_1	2.525	4.975	4.977	7.316	39.814715	3.875087
Alcon_10	2.889	7.828	7.438	17.2	96.694179	61.3858
Alcon_11	1.487	5.186	4.855	9.724	72.82334	5.841313
Alcon_12	0.9779	7.558	7.6	15.97	91.201179	39.88895
Alcon_13	1.842	4.158	4.364	9.244	100.378258	40.04138
Alcon_14	1.674	5.811	6.888	11.56	48.214604	32.12284
Alcon_15	2	3.857	4.238	6.129	38.144054	23.19919
Alcon_16	2.072	5.639	5.912	10.3	23.64734	18.41227
Alcon_17	1.229	4.057	4.048	7.306	48.574276	15.37358
Alcon_18	2.574	5.197	5.676	10.29	68.110608	6.18573
Alcon_19	3.384	4.871	5.904	12.54	53.138504	0.518668
Alcon_2	3.126	3.198	3.202	3.282	9.606005	8.549717
Alcon_20	1.17	3.944	4.367	11.4	170.294113	79.35758
Alcon_21	3.039	3.089	3.284	3.725	9.852744	6.786893
Alcon_22	0.9028	3.586	4.042	11.7	218.254946	43.56473
Alcon_23	0.6519	3.779	4.489	18.64	112.222791	77.88697
Alcon_24	4.552	6.724	7.632	13.26	53.4261	36.33305
Alcon_25	1.162	3.817	4.075	8.86	118.187915	56.55482
Alcon_26	0.7761	3.965	3.735	7.058	18.676326	14.89556
Alcon_27	3.892	4.973	5.276	7.776	36.93417	31.50816
Alcon_28	1.921	3.369	3.82	14.34	57.297124	6.662378
Alcon_29	0.9542	5.296	5.373	12.04	102.092862	8.890733
Alcon_3	0.8421	6.749	14.1	44.29	155.105786	67.5522
Alcon_30	0.7493	3.186	3.891	7.321	62.262727	16.43263
Alcon_31	0.9439	3.237	3.567	6.211	42.800377	20.85385
Alcon_32	1.552	3.146	4.855	14.08	53.409728	27.86024
Alcon_33	2.46	5.356	5.729	9.218	63.016902	46.20356
Alcon_34	1.096	5.775	6.62	22.07	112.545496	52.77955
Alcon_35	2.553	5.352	5.717	10.78	114.335566	17.56658
Alcon_36	4.003	6.845	6.721	8.862	33.607131	24.26969
Alcon_4	2.848	4.623	4.903	6.441	34.323209	14.33974
Alcon_5	1.793	4.88	5.217	10.45	161.719851	26.03681
Alcon_6	1.335	4.816	5.189	13.66	150.472928	64.85258
Alcon_8	3.692	4.005	4.46	5.683	13.379776	8.964042
Alcon_9	1.783	3.349	5.068	11.17	40.541423	21.14654
minimum	0.6519	3.089	3.202	3.282	9.606	0.5187
médiane	1.793	4.816	4.977	10.3	57.3	23.1992
moyenne	2.012891429	4.748457143	5.349485714	11.4256	75	29.3341
maximum	4.552	7.828	14.1	44.29	218.3	79.3576

Tableau 4 : Résumé des distances parcourues entre 2 arrêts en fonction du type de milieu dans lequel ont évolués les 36 *Phengaris alcon* du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Toutes les distances sont exprimées en m.

	minimum	médiane	moyenne	maximum
Foret dense (N=2)	3.277	3.715	3.715	4.153
Habitat (N=426)	0.6519	4.509	5.234	44.29
Zone d'alimentation (N=118)	1.096	3.973	4.816	22.07

2 / Coefficients de friction

Il n'existe pas dans la littérature scientifique de définition consensuelle du coefficient de friction. Les termes, perméabilité, transparence, coefficient de rugosité et coefficients de friction sont généralement redéfinis systématiquement et ont généralement des usages identiques ou tout au moins extrêmement proches. Deux aspects bien distincts du comportement des animaux en déplacement dans un milieu peuvent être déterminés grâce au protocole mis en place (Stevens et al. 2004; Stevens et al. 2006a). On appellera par la suite coefficient de perméabilité le coefficient illustrant le comportement d'un individu face au changement de milieu (traverse, longe ou rebondi au niveau de l'interface). Le coefficient de friction quant à lui, correspond dans cette étude aux capacités de déplacement des individus dans les différents types de milieu (performances locomotrices au regard du milieu dans lequel évolue l'individu).

A / Coefficients de perméabilité

A l'interface entre deux milieux distincts, les azurés des mouillères ont des comportements différents suivant le type d'interface (figure 13). D'autre part, ce comportement semble lié à la structuration verticale du milieu d'arrivée (figure 14, AFC (Analyse Factorielle des Correspondance), χ^2=24.7519, ddl=8, p=0.002).

L'analyse de l'AFC, montre que 98.4% de la variabilité des comportements face aux différents interfaces est porté par l'axe 1 (figure 14). Avec un tel poids explicatif (il explique 98.4% de ce qu'on observe), on peut considérer raisonnablement que cet axe est référent pour calculer les coefficients de perméabilité des milieux pour les azurées des mouillères. Pour ce calcul, on réalise les projetés orthogonaux des points représentatifs des interfaces sur ce premier axe (tableau 5).

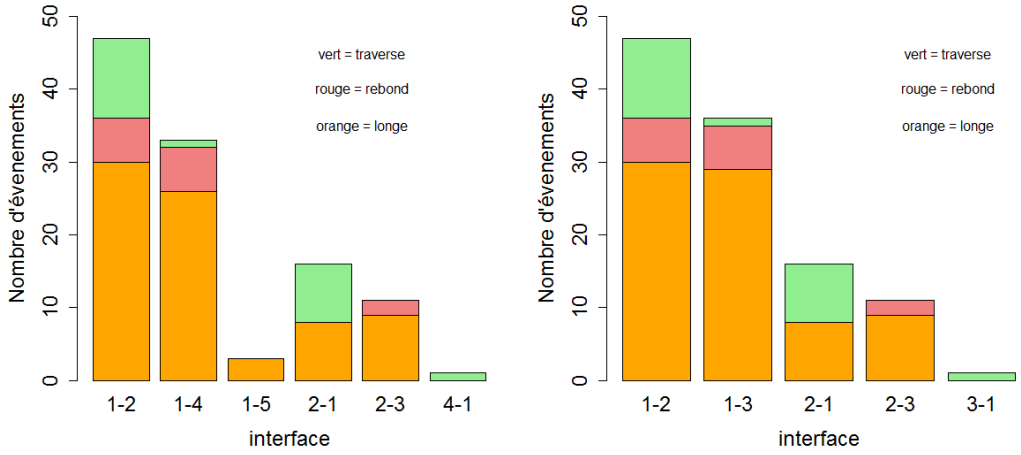


Figure 13 : Distribution des comportements de 36 *Phengaris alcon* dont les trajectoires ont été suivies au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Les habitats 3, 4 et 5 étant très largement sous représentés (graphe de gauche), ils ont été rassemblés au sein d'une même classe 3 pour la suite des analyses (graphe de droite). Si les échanges de l'habitat (classe 1) vers les zones de nourrissage (classe 2), sont assez fréquents, les échanges entre la classe 1 et la classe 3 (couvert végétal élevé) sont beaucoup plus rare. A l'inverse, les azurés ont tendance à revenir dans le milieu 1. La très forte fréquence des comportements de « longe » entre les habitats 1-3 et 2-3 suggère que la structuration verticale du milieu à tendance à diriger les individus.

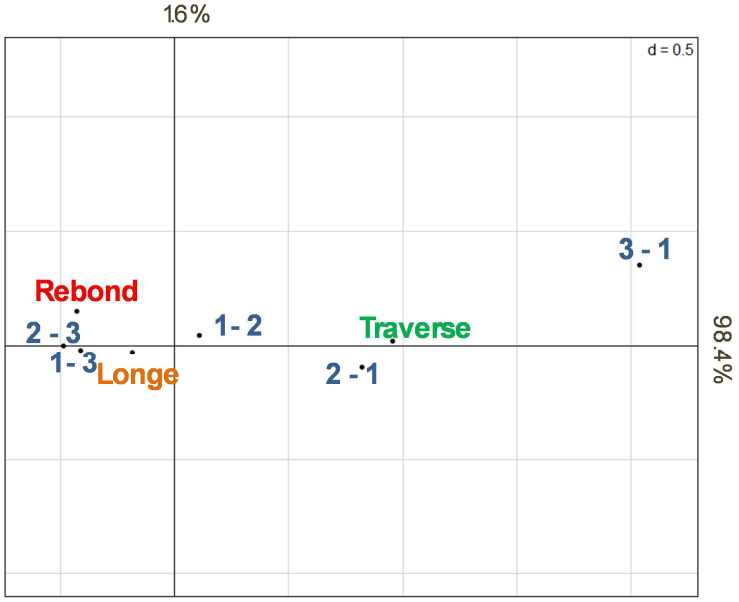


Figure 14 : Représentation sur le premier plan factoriel de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) qui associe les comportements des 36 *Phengaris alcon* suivis

au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues aux différentes interfaces de milieux rencontrés (1 : habitat, 2 : zone de nourrissage, 3 : forêts et landes à genêts à balais, 1-2 représente l'interface individu venant de 1 et arrivant en lisière de 2). Les individus ont tendance à plus rebondir lorsqu'ils arrivent en lisière de milieux avec une structuration verticale importante. Le comportement de longe est plus courant, que le rebond et un peu moins caractéristique des milieux très structurés verticalement. Ce comportement. Les comportements de traverse, sont caractéristiques du retour vers le milieu 1 (2-1, 3-1).

Tableau 6 : Coefficients de perméabilité de l'azuré des mouillères face aux différents interfaces rencontrés lors des enregistrements de trajectoires de 36 *Phengaris alcon* au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Ces coefficients correspondent aux coordonnés projetés sur le premier axe de l'AFC associant comportement des azurés et type d'interface (figure 14).

	Arrivée en 1	**Arrivée en 2**	**Arrivée en 3**
Départ en 1		**0.108**	**-0.414**
Départ en 2	**0.822**		**-0.489**
Départ en 3	**2.04**	**NA**	

B / Coefficients de friction

Les coefficients de frictions ont, dans cette étude, été mesurés à partir des performances locomotrices des azurés des mouillères dans les différents milieux rencontrés. Pour ce faire, pour chaque portion de trajectoire de chaque azuré suivi, nous avons extrait, la vitesse de déplacement des individus et l'avons mise en relation avec le type de milieu. Nous avons alors réalisé des modèles linéaires généralisés avec effets aléatoires (GLMM) avec le milieu et le site comme effet fixe et l'individu comme effet aléatoire explicatifs de la vitesse enregistrée suivant une distribution poissonnienne, sur lesquels nous avons effectué une sélection descendante (Burnham

and Anderson 2004) sur critère d'Akaïke (Akaike 1974). Aucune des variables utilisées ne permet d'expliquer la variance des vitesses enregistrées (figure 15). Cependant, la figure 15, tend à suggérer que si les classes 1 et 2 ne présentent pas de différence significative au regard des performances locomotrices des azurés des mouillères, la classe 3 semble ralentir leur déplacements. Nous avons donc extrait les coefficients de friction de ce modèle linéaire et les avons normalisés en prenant comme référence la classe 1 (habitat). Les coefficients de friction ainsi déterminés sont répertoriés dans le tableau 7.

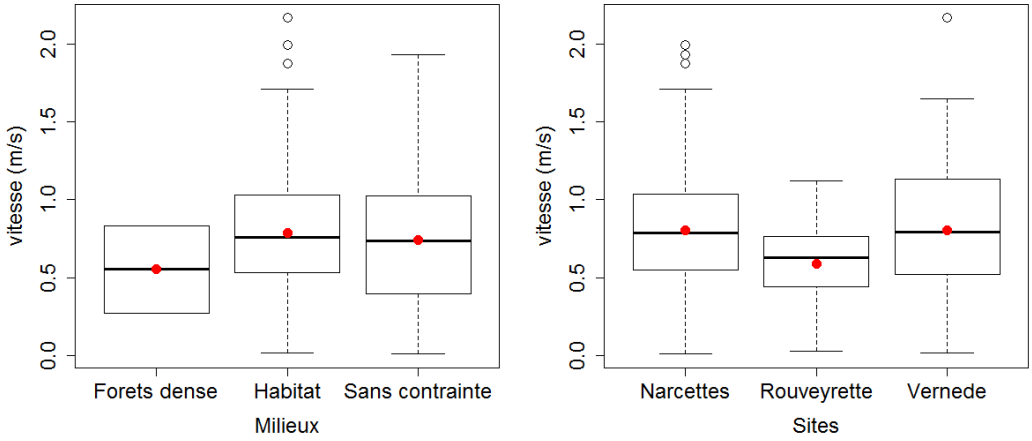


Figure 15 : Vitesse de déplacement de 36 *Phengaris alcon* suivi au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.
La vitesse ne présente de différence significative ni en fonction du site (graphe de droite) ni en fonction du type de milieu (graphe de gauche). Cependant une tendance se dessine en fonction du type de milieu qui demanderait à être affinée (N=2 pour forêt dense).

Tableau 7 : Coefficients de frictions normalisés déterminés à partir des trajectoires de 36 *Phengaris alcon* suivis au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues.
L'analyse fine des résultats montre que les azurés sont ralentis dans les zones de nourrissage par rapport à leurs zones d'habitat en raison d'un temps passé à butiner plus long dans ces milieux. Concernant les milieux plus fermés (classe 3), les temps d'arrêts sont plus courts mais la vitesse de déplacement est réduite par rapport à la classe 1.

Milieu	1 (Habitat)	2 (Zone de nourrissage)	3 (Forêt et Landes à genêts à balais)
Coefficient de friction normalisé	0	-0.01312	-0.27718

3 / Paramètres démographiques

Dans la mesure où la CMR n'a pas pu être réalisée, nous avons pris le parti d'estimer la taille de la population de *Phengaris alcon* suivant la méthode décrite par Camille Turlure et al. (2010). Cette méthode consiste à estimer le nombre d'individus présents dans une population à partir des ressources disponibles localement (Encadré 2). Turlure et al. (2010) ont montré que cette méthode permet de très bonnes estimations des tailles de populations chez les papillons, bien plus réalistes que celles réalisées à partir des espaces vitaux des individus.Malheureusement, les données disponibles ne permettent pas d'estimer la taille des populations suivant ces méthodes.

4 Conclusions

1 / Implication des résultats dans le cadre de la gestion du site

Les travaux réalisés ont permis de déterminer comme convenu les coefficients de friction associés aux différents milieux présents sur le site d'étude lorsque les données étaient de qualité suffisante. D'autre part, l'analyse comportementale des azurés des mouillères ainsi que celle de leur trajectométrie lors de leurs déplacements journaliers (alimentaires) ont permis de mieux comprendre le lien entre comportement et structure paysagère. D'après nos résultats, il semble donc que l'azuré des mouillères a besoin de patchs contenant de la *Gentiane pneumonanthes* à des distances inférieures à 80m pour qu'un flux intense d'individus lié à l'activité journalière (déplacements pour le nourrissage) puisse advenir. D'autre part, afin de favoriser les déplacements d'azurés des mouillères, il faut limiter la présence d'éléments structurant verticaux au sein des corridors. Par contre, la présence de tels éléments en lisière de corridor (ou de patch) semblerait canaliser le flux d'individus (tendance à longer les lisières). Une structuration linéaire ou en pas japonais des patchs d'habitats ne semble pas impacter les déplacements journaliers des azurés des mouillères mais un habitat alternant zones d'habitat et zones de nourrissage semble être un bon élément de mobilité de l'azuré des mouillères (tendance à se déplacer dans des zones hétérogènes entre habitat et zone de nourrissage).

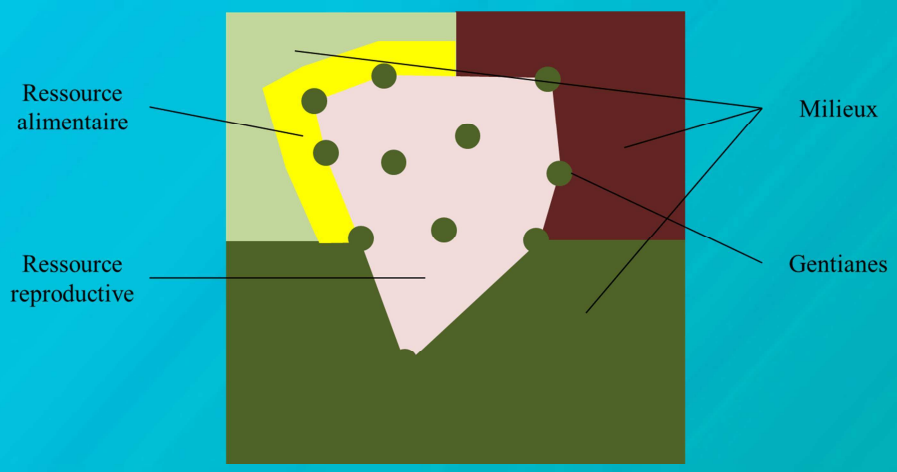
<u>Encadré 2 :</u> Estimation des capacités de charges des différentes tourbières du plateau de Montselgues à l'aide de la méthode développé par Turlure et al. (2010).

La méthode développée par Turlure et al. (2010) permet d'estimer la taille d'une population de papillons à partir des ressources disponibles et exploitables sur le site d'étude (figure ci dessous).

Dans notre cas précis, nous avons séparé la ressource en 2 parties distinctes :

- La ressource reproductive (*Gentiana pneumonanthes*)
- La ressource alimentaire (surface de milieu de classe 2 exploitable).

Nous avons utilisé les distributions de distances journalières effectuées pour définir les surfaces de zones exploitables pour l'alimentation et conservé deux valeurs susceptibles de constituer la limite d'exploitation (20m et 80m). Les estimations de tailles de populations ont donc été réalisées pour ces deux valeurs.



<u>Figure :</u> Représentation schématique de l'acquisition de l'information « ressource » à partir des données géolocalisées de gentianes et d'habitat.

2 / Poursuite du projet

Dans la mesure où les données démographiques issues de la CMR n'ont pas pu être collectées et où une méthode alternative d'estimation de la taille potentielle des populations a été déployée (moins précise), il semblerait judicieux de réaliser la CMR sur *Phengaris alcon* au sein du réseau de tourbières du plateau de Montselgues. Un tel suivi nous permettrait en plus d'estimer les paramètres démographiques de cette population (Lebreton et al. 1992), de discriminer parmi les trajectoires obtenues cette années celles correspondant à des trajets alimentaires et celles correspondant à des trajets dispersifs et d'affiner grandement l'analyse réalisée cette année (2013). D'autre part, une telle information permettrait d'estimer précisément les distances maximales parcourues entre zones d'habitat, permettant ainsi de mieux de déterminer comment placer les aménagements de type corridors.

Les analyses de viabilité seront réalisées ultérieurement à la demande du PNR MA et du CEN RA s'ils estiment que la méthodologie proposée par TerrOïko le 18/10/2013 à Vogue lors de la présentation des résultats permet une analyse de viabilité suffisamment pertinente (Encadré 3). Cette analyse sera réalisée dans le courant de l'hiver 2013-2014 si elle est jugée nécessaire. Dans le cas où cette analyse de viabilité était réalisée, le test des aménagements potentiels sera réalisé en même temps si les cartes sont fournies dans les temps par le CEN RA.

Encadré 3 : *Méthodologie proposée le 18/10/2013 à Vogue pour étudier la viabilité de la population de* Phengaris alcon *dans le réseau de tourbières du plateau de Montselgues.*

La Méthodologie proposée est basée sur une étude théorique appuyée par les données de la littérature concernant l'espèce dans d'autres sites européens.

Les caractéristiques démographiques de cette espèce sont bien documentées et ne présentent qu'assez peu de variabilité inter-régionale. Le point critique réside donc dans l'estimation de la capacité de charge du site de Montselgues. TerrOïko propose donc de réaliser non pas une analyse de viabilité mais un groupe d'analyse en faisant varier la capacité de charge du site entre 10 indiv/ha (Dupont 2010) et 50 indiv/ha (estimation réalisée par Nowicki et corrigée par Turlure et al 2010). Afin de réaliser une estimation de la probabilité d'extinction en fonction de la capacité de charge. Les résultats préliminaires tendent à montrer que le site de Montselgues serait dans des gammes de capacités de charges entre 10 et 20 indiv/hectare.

5

Références

Akaike, H. 1974. New look at statistical-model identification. Ieee Transactions on Automatic Control AC19:716-723.

Arnason, A. N., and C. J. Schwarz. 2002. POPAN-6: exploring convergence and estimate properties with SIMULATE. Journal of Applied Statistics 29:649-668.

Baguette, M., S. Blanchet, D. Legrand, V. M. Stevens, and C. Turlure. 2012a. Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. Biological Reviews:n/a-n/a.

Baguette, M., J. Clobert, and S. Moulherat. 2012b. Population viability across scales, Pages 20, SCALES, Securing the Conservation of biodiversity across Administrative Levels and spatial, temporal, and Ecological Scales.

Baguette, M., and H. Van Dyck. 2007. Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. Landscape Ecology 22:1117-1129.

Belmont, L., R. Etienne, and C. Bordas. 2010. Guide Méthodologique de prise en compte de la trame verte et bleue

SCoT et Biodiversité en Midi-Pyrénées, Pages 100 *in* d. l. A. e. d. L. d. M.-P. Direction Regionale de l'Environnement, ed. Toulouse.

Burnham, K. P., and D. R. Anderson. 2004. Multimodel inference - understanding AIC and BIC in model selection. Sociological Methods & Research 33:261-304.

Dupont, P. 2010. Plan National d'Action en Faveur des *Maculinea* 2011-2015, Pages 138 *in* d. l. E. d. D. D. e. d. l. M. Ministère de l'Ecologie, ed. Paris.

Gunton, R., S. Moulherat, J. Rosindell, and W. Kunin. 2012. Report on scalling trade-offs in conservation goals and cross-scale conservation principles, Pages 23, SCALES, Securing the Conservation of biodiversity across Administrative Levels and spatial, temporal, and Ecological Scales.

Kendall, W. L., and J. D. Nichols. 2002. Estimating state-transition probabilities for unobservable states using capture-recapture/resighting data. Ecology 83:3276-3284.

Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert, and D. R. Anderson. 1992. Modeling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals - A Unified Approach with Case-Studies. Ecological Monographs 62:67-118.

Stevens, V. M., and M. Baguette. 2008. Importance of Habitat Quality and Landscape Connectivity for the Persistence of Endangered Natterjack Toads. Conservation Biology 22:1194-1204.

Stevens, V. M., E. Leboulenge, R. A. Wesselingh, and M. Baguette. 2006a. Quantifying functional connectivity: experimental assessment of boundary permeability for the natterjack toad (Bufo calamita). Oecologia 150:161-171.

Stevens, V. M., E. Polus, R. A. Wesselingh, N. Schtickzelle, and M. Baguette. 2004. Quantifying functional connectivity: experimental evidence for patch-specific resistance in the Natterjack toad (Bufo calamita). Landscape Ecology 19:829-842.

Stevens, V. M., C. Verkenne, S. Vandewoestijne, R. A. Wesselingh, and M. Baguette. 2006b. Gene flow and functional connectivity in the natterjack toad. Molecular Ecology 15:2333-2344.

Turlure, C., M. Baguette, V. M. Stevens, and D. Maes. 2011. Species-and sex-specific adjustments of movement behavior to landscape heterogeneity in butterflies. Behavioral Ecology 22:967-975.

Turlure, C., J. Choutt, H. Van Dyck, M. Baguette, and N. Schtickzelle. 2010. Functional habitat area as a reliable proxy for population size: case study using two butterfly species of conservation concern. Journal of Insect Conservation 14:379-388.

Habitat (data CEN)	Classe habitat Pa (DV + YR)
Tourbière haute active	1 – Habitat
Prairie paratourbeuse à Jonc	1 – Habitat
Prairie humide à molinie	1 – Habitat
Prairie humide à molinie boisée par pin sylvestre	1 – Habitat
Dépression à rhyncospore blanc	1 – Habitat
Eau peu minréalisée (mare)	1 – Habitat
Lande à callune et genêt	2 – Zones d'alimentation
Pelouse à Nard et Fétuques	2 – Zones d'alimentation
Eboulis	2 – Zones d'alimentation
Lande à genêt à balais	3 – Buissons
Lande à genêt purgatif	3 – Buissons
Lande à genêt à balais et purgatif	3 – Buissons
Lande à fougère aigle	3 – Buissons
Hêtraie sèche	4 – Forêts denses
Reboisement de pins sylvestre	4 – Forêts denses
Forêt mixte	4 – Forêts denses
Plantation de conifères	4 – Forêts denses
Bois de bouleaux humides	5 – Forêt peu dense
Lande à Callune et genêt boisée en pin sylvestre	5 – Forêt peu dense
Lande à genêt purgatif sous forêt mixte	5 – Forêt peu dense
Lande à genêt purgatif boisée en pin sylvestre	5 – Forêt peu dense
Lande à fougère aigle sous forêt de frênes et d'aulnes	5 – Forêt peu dense
Forêt de frênes et d'aulnes	5 – Forêt peu dense
Bois de bouleaux humides mélangé à la hêtraie sèche	5 – Forêt peu dense
Forêt de frênes et d'aulnes et hêtraie sèche	5 – Forêt peu dense
Chemins	6 – Corridors
Pistes	6 – Corridors
Zones rudérales	6 – Corridors
Corridors	6 – Corridors

Analyse du suivi des déplacements d'Azurés des Mouillères sur le réseau de tourbières du Plateau de Montselgues

Etude réalisée par

sous maîtrise d'ouvrage

animateur du site Natura 2000

FR78201660

en partenariat avec

gestionnaire du réseau de tourbière

du Plateau de Montselgues

Programme réalisé avec le soutien financier