AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers ou Rennes

Adresse correspondante

Tagis – Centro de Conservação das Borboletas de Portugal
Museu Nacional de História Natural – Museu Bocage
Rua da Escola Politécnica, 58
1250-102 Lisboa

Mémoire de Fin d'Études

Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage

Année universitaire : 2011-2012

Spécialisation ou option : Génie de l'environnement – Protection et aménagement des milieux, Ecologie Quantitative

Conservation de l'azuré des mouillères (*Phengaris alcon*) et ses hôtes, la gentiane pneumonanthe (*Gentiana pneumonanthe*) et les fourmis du genre *Myrmica*, dans le parc Naturel d'Alvão (Portugal)

Par : Marion Delisle

*Volet à renseigner par l'enseignant responsable de l'option/spécialisation**

Bon pour dépôt (version définitive) ❑

Date : …./…/… Signature :

Autorisation de diffusion : Oui ❑ Non❑

***Devant le jury** :*

Sous la présidence de :Jaques Haury*

Maître de stage : Paulo Miguel dos Santos Pereira

Enseignant référent : Didier LeCoeur

Autres membres du jury (Nom, Qualité) : Françoise Burel

Soutenu à Rennes

le :13 Septembre 2012

"*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".*

Fiche de diffusion du mémoire

A remplir par l'auteur[1] avec le maître de stage.

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité [2] **:**

- Confidentialité absolue : ☐ oui ☐ non

  (ni consultation, ni prêt)

  - *Si oui* ☐1 an ☐5 ans ☐10 ans

- A l'issue de la période de confidentialité **ou** si le mémoire n'est pas confidentiel,

Merci de renseigner les éléments suivants :

Référence bibliographique diffusable[3] : ☐ oui ☐ non

Résumé diffusable : ☐ oui ☐ non

Mémoire consultable sur place : ☐ oui ☐ non

Reproduction autorisée du mémoire : ☐ oui ☐ non

Prêt autorisé du mémoire : ☐ oui ☐ non

……

Diffusion de la version numérique du résumé : ☐ oui ☐ non

- *Si* oui, l'auteur[1] complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e) , propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Date : *Signature :*

Rennes/Angers, le

Le maître de stage[4], **L'auteur[1],**

L'enseignant référent,

---

(1) auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(2) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(3) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.

(4) Signature et cachet de l'organisme.

« C'est une affaire de gens, l'avenir de la biodiversité sur un espace, c'est toujours une affaire d'échange de points de vue, de confrontation de points de vue, de débats qui peuvent être plus forts, et c'est bien la condition pour que ça se fasse dans le respect, ce qui n'a peut-être pas toujours été totalement parfaitement le cas. Et à partir du moment où on a cette volonté, il y a des solutions. »

Patrick Blandin, colloque « Un parc national à Fontainebleau quelle faisabilité ? » avril 2010

Remerciements

Pour avoir tous participés de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire, un grand Merci à …

Paulo Pereira mon maitre de stage et Miguel Peixoto dont la compagnie a toujours été très agréable. Mon seul regret sera d'avoir manqué la chasse à la limace ;

Tous les collaborateurs du projet : Carlos Lima et la mairie de Vila Real et tout particulièrement Professora Paula Seixa Arnaldo et Maria da conceção Rodrigues de l'Universitad de tràs-os - montés e de Alto Douro qui m'ont accompagnées tout au long de mon travail de terrain ;

Tiago Maravilhas et son appareil photo toujours partant pour la chasse aux œufs et aux fourmis, sans qui les résultats ne seraient pas ce qu'ils sont ;

Hélia Gongalvez et son aide précieuse ainsi que tous les agriculteurs de Lamas de Olo ;

Jean-luc Mercier du laboratoire de l'université de Tour pour ces conseils ;

Didier LeCoeur mon professeur référent ;

Ivan Bernez sans qui rien de tout cela ne serait arrivé ;

Tout les copains qui malgré la distance ont été d'un soutien très précieux grâce à une enrichissante et divertissante relation informatique épistolaire, tout particulièrement Laurène et Julien ;

Sans oublier toute famille entre skype, la piscine de Cumieira et les relectures du rapport…

E essa experiência nunca podia ter sido tão maluca nem tão recompensadora sem todos os amigos maravilhosos e carinhosos com quem descobri o melhor de Portugal: Andreia, Ricardo, Rita, Luís, João, Carlos, Miguel, Tiago, Ana, Filipa, Rui, Américo,Joana,Karina, todos os voluntários da Campeã, os sapos, morcegos, borboletas e otros bichos maravilhosos. Um obrigado muito grande por transfomar esse estágio numa experiencia inesquecível. Até já.

Sommaire

Introduction 1

I. Matériel et méthodes 5

1. Etat des lieux des populations de Phengaris alcon à Alvão : 5

a. Caractérisation spatiale 5

b. Qualité locale des habitats 6

2. Exigences particulière de P.alcon à Alvão : 8

a. Caractérisation du micro-habitat 8

b. Identification des pratiques locales de gestion 9

II. Résultats 9

1 Etat de lieux des populations de *Phengaris alcon* à Alvão 9

a. *Caractérisation spatiale* 9

b. Qualité locale des habitats 12

2 Exigences particulière de P.alcon à Alvão 14

a. Caractérisation du micro-habitat 14

b. Identification des pratiques locales de gestion 18

III. Discussion 19

1 Etat des lieux des populations de P.alcon à Alvão 19

a. Evaluation des dynamiques spatiales 19

b. Evaluation de la qualité des habitats des populations d'Alvão 20

2 Ecologie de P.alcon à Alvão 22

a. Caractérisque du micro-habitat à Alvão et ailleurs 22

b. Evaluation de la qualité des pratiques de gestion 23

IV. Propositions pour la conservation de ces populations 25

1 Gestion à long terme 25

a. Recommandations générales 25

b. Recommandations spécifiques pour les sites étudiés 27

2 Suivi des actions et amélioration du plan de gestion 28

Conclusion 30

Bibliographie 31

ANNEXE 35

ANNEXE 1 : Zone de gentianes sur les sites de Lamas de Olo 35

ANNEXE 2 : Echantillonnage des gentianes et *Myrmica* à Campea 36

ANNEXE 3 : Questionnaires posés aux agriculteurs lors des entretiens 37

ANNEXE 4 : Fermeture du paysage entre 2006 et 2010 à Lamas de Olo entre Libania et Campo de Bola 39

ANNEXE 5 : Interpolation de l'échantillonnage à Campea..... 40

ANNEXE 6 : Fermeture du paysage à Campea entre 2002 et 2010 41

ANNEXE 7 : Sortie Minitab des traitements statistiques 42

ANNEXE 8 : Résumé des recommandations de gestion..... 51

ANNEXE 9 : Indicateurs pour la restauration d'une zone humide avec P.alcon 52

Table des illustrations

Figures

Figure 1: Cycle de vie de Maculinea alcon (d'après Rozier, 1999) 2
Figure 2:Carte de répartition des populations de *Phengaris alcon* au Portugal en 2011 3
Figure 3: Schéma d'échantillonnage à Campea ; à gauche le terrain et la disposition des transects, à droite un transect découpé en unité de 100m² contenant chacune 9 appâts..... 6
Figure 4: Configuration spatiale des taches d'habitats de *Phengaris alco*n à Lamas de Olo 10
Figure 5: Composition des marges des taches d'habitats et logarithme de la taille des populations de Phengaris..... 10
Figure 6: Répartition des hôtes et des oeufs de P.alcon à Campea estimé par interpolation des résultats d'echantillonnage..... 11
Figure 7 (gauche): logarithme du nombre de papillons et du logarithme de gentianes suffisamment proches des fourmis..... 13
Figure 8 (droite): logarithme du nombre de papillons et du nombre de gentianes estimé 13
Figure 9: Fermeture du paysage ; Gauche : Bouleaux dans une zone à *Erika tetralix* et gentianes à Step-stone; Droite: Fougères et autres ligneux dans une zone à gentianes à Moinho 13
Figure 10: Moyenne de la densité du complexe fourmis-gentianes en présence et en absence d'oeufs..... 15
Figure 11:Moyenne de la densité unitaire de gentianes en présence et en absence d'oeufs ... 15
Figure 12: Moyenne de la quantité de ligneux (0 à 3) en présence et en l'absence d'oeufs 15
Figure 13 (gauche): graphique par classes de la densité unitaire du complexe fourmis-gentianes en absence et en présence d'œufs 16
Figure 14 (droite): graphique par classes de la quantité de buisson (0 à 3) en présence et en absence d'oeufs 16
Figure 15 (gauche): graphique par classes de la densité unitaire de gentianes en absence et en présence d'œufs..... 16
Figure 16 (droite): Graphique par classe de la densité unitaire de fourmis en absence et en présence d'œufs..... 16
Figure 17: Nombre de complexe fourmis gentianes avec œufs comparé à la quantité totale de complexe fourmis-gentianes en fonction de la densité unitaire de complexe fourmis-gentianes 16

Figure 18: Hauteur de la végétation (de 0 à 5) en fonction de la présence ou de l'absence de complexe fourmis-gentianes 17

Tableaux

Tableau 1: Codification des paramètres environnementaux étudiés dans chaque unité de 100m² 8
Tableau 2: Etat des lieux des sites étudiés ; très petite <100, petite 100-400, importante 400-1000, très importante >1000 12
Tableau 3: Coefficient du modèle logistique expliquant la présence ou l'absence des œufs de *P.alcon* 14
Tableau 4: Coefficient des régressions multivariés expliquant la densité du complexe fourmis-gentianes (D(FG)), des fourmis (DFourmis) et des gentianes (DGentianes) 17
Tableau 5: Pratiques de gestion sur les sites ou P.alcon est présent (B=Bovins, E= Chevaux, += brulis irréguliers ou effectués en 2012 mais historique inconnue; ?= pas d'information 18

Introduction

Depuis quelques années, suite à une prise de conscience politique de la perte de la biodiversité, on a vu se développer de nombreux des projets de conservation.
La discipline de la biologie de la conservation, est définie par Soulé en 1985 comme un domaine visant à fournir des principes scientifiques et à les développer de manière technologique pour maintenir la diversité biologique. Elle a donc pour but de rapprocher les théoriciens et les praticiens pour travailler ensemble à la sauvegarde de la flore et de la faune. Conserver ne consiste pas alors à figer une situation mais à maintenir voir renforcer le potentiel évolutif des systèmes écologiques (Blandin et Al, 2009). Ceci impose des connaissances précises sur les exigences d'habitats et le comportement des espèces.
Ceci nécessite de travailler à plusieurs échelles puisqu'on ne peut envisager la protection d'une espèce sans celle de son habitat, dont la pérennité dépend du fonctionnement de systèmes écologiques de niveaux supérieurs : communautés, écosystèmes et paysages (Baurnaud, 1998 dans Rozier, 1999) mais aussi de prendre en compte de nombreux domaines : culturels, politiques, socio-économiques, historiques… la discipline est donc complexe (Rozier, 1999).

Parmi les espèces cibles de la conservation, un groupe de lépidoptères a particulièrement retenu l'attention : *Phengaris* (synonyme de *Maculinea* (Fric et Al., 2010)). La particularité de ce groupe réside dans le fait qu'il ne s'agit pas seulement du problème de la sauvegarde d'une espèce, mais de celui d'un " **système biologique** " original irremplaçable caractérisé par la nécessité absolue pour ces papillons de s'associer à une plante hôte et à une fourmi hôte du genre *Myrmica* pour achever leur cycle biologique (Fiedler, 1991, 1998; Rozier, 1999). Ce cycle complexe fait aussi de ces insectes des espèces particulièrement exigeantes en terme d'habitat et donc sensibles aux changements environnementaux, puisque les exigences des trois espèces doivent être satisfaites au même endroit.
Leur conservation a été envisagée depuis la fin du XIX siècle, mais n'a pas toujours été couronnée de succès (Elmes & Thomas, 1992). Aujourd'hui, les cinq espèces présentes en Europe sont toutes menacées d'extinction (van Swaay et al., 2010) principalement à cause des changements d'usage des sols: urbanisation, fragmentation mais aussi modernisation de l'agriculture et abandon des terres (Wynhoff et al., 1998).

Biologie et conservation de Phengaris alcon

L'azuré des mouillères (*Phengaris alcon*) compte parmi les moins menacées des espèces d'azurés (classé « Less concerned » au niveau européen et « nearly threatened » pour l'Europe des 27 d'après la liste rouge européenne des espèces (van Sway et al., 2010)). Sa plante hôte est la gentiane pneumonanthe (*Gentiana pneumonanthe*) ; sa fourmi hôte varie en fonction des régions biogéographiques, la plus courante étant *Myrmica Scabrinodis* (Whynhoff et al., 1998).
Ce papillon est inféodé aux landes humides de plaines ou de moyennes montagnes entretenues traditionnellement par du pâturage ou de la fauche, et ayant les deux hôtes en densité suffisante pour assurer la survie de l'espèce (Dupont, 2010).
La période de vol de cette espèce univoltine s'étend de mi-juin à fin août. La femelle pond sur les inflorescences de la gentiane où les chenilles passent leurs premiers stades de vie larvaire. Après cette phase herbivore, les chenilles se laissent tomber au sol. Elles sont alors capables d'émettre des phéromones imitant celles de la fourmi hôte. Ainsi, dès qu'elle rencontre une de ces chenilles, la fourmi l'accepte comme une de ses propres larves et la ramène dans son nid (G.W. Elmes & Thomas, 1992). Elle continue ensuite à la traiter comme une de ses larves en la nourrissant directement. Cette stratégie est appelée « coucou » puisque la chenille n'est pas, dans ce cas, prédatrice du couvain (Elmes et al., 1998). Les chenilles effectuent ainsi le reste de leur développement, pendant tout l'hiver, où elles sont nourries comme les autres larves, jusqu'à l'éclosion du papillon au printemps (voir figure 1). Certaines larves passent deux hivers dans le nid (Rozier, 1999).

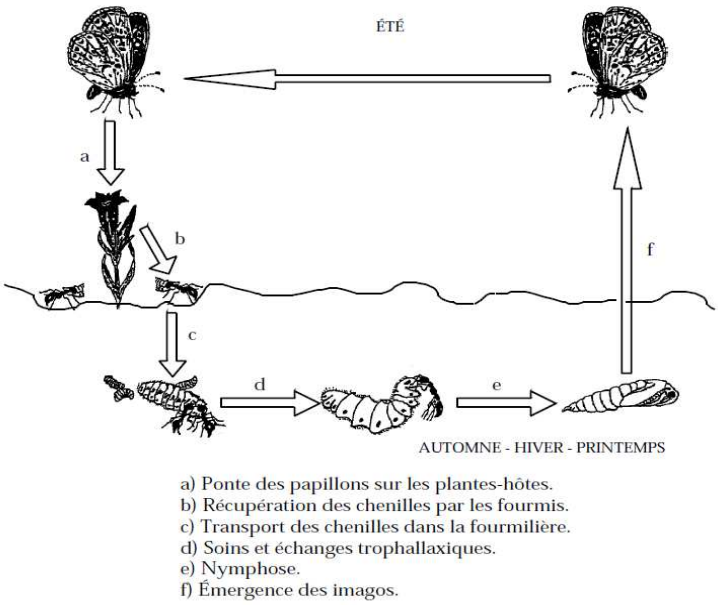


Figure 1: Cycle de vie de *Phengaris alcon* (d'après Rozier, 1999)

Les nombreuses recherches et plans de conservation entrepris jusque là nous apportent aujourd'hui de nombreuses informations pour la gestion à l'échelle locale. Si de nombreuses études se sont concentrées sur les plantes hôtes, on sait aujourd'hui que c'est vers la fourmi qu'il faut accentuer les recherches pour améliorer la conservation (Elmes et al., 1998 ; Elmes & Thomas, 1992). La connaissance de la fourmi hôte locale et de son écologie est une étape primordiale à la réussite des mesures de conservation.

Aussi, si les papillons spécialistes ont longtemps été considérés comme peu mobiles, il a été démontré que, même si elles sont toujours considérées comme sédentaires (à l'inverse du Monarque américain, il ne change ni de pays, ni de région), les populations de *Phengaris alcon* ont une dynamique à l'échelle du paysage. Ce type de dynamique, qualifiée de métapopulation, est définie comme un ensemble de sous populations occupants des taches d'habitats connectées par des migrations occasionnelles (Mousson et al., 1999). En migrant d'une population locale à une autre, ces individus assurent un flux génique nécessaire à la survie des petites populations (Mercier et al., 2004).

Malgré l'existence de ces dynamiques spatiales, la qualité locale d'habitat doit rester une priorité (Sawchi et al., 2002).
Pour autant, le maintien d'une espèce sur différents sites sous forme d'une métapopulation est la configuration la plus stable pour la survie à long terme. Elle permet le maintien de la diversité génétique de la population (Krauss et al., 2004) mais aussi la sauvegarde de l'espèce en cas de disparition d'un sites (Elmes et Thomas, 1992). Cette dynamique est donc l'objectif à atteindre pour les gestionnaires.

On retient donc deux objectifs pour la gestion des papillons menacés : à court terme limiter le risque d'extinction, à long terme, mettre en place des conditions pour que les espèces puissent développer un potentiel évolutif face au changement sans qu'il y ait besoin de faire de la gestion intensive(Akçakaya et al., 1999).
Cependant, pour une même espèce la forte importance de la stochasticité régionale permet très difficilement la transposition des résultats à d'autres régions (Sawchik et al., 2002)**. Il est donc indispensable de bien connaitre la biologie et l'écologie locale de l'espèce, afin d'adapter les décisions et mesures de conservation au cas par cas.**

Phengaris alcon au Portugal

Au Portugal, *Phengaris alcon* est le seule représentant de sont genre, et n'est présent que dans la partie nord du pays, où le climat est atlantique alpin.
Dans les régions montagneuses où l'on trouve ce papillon, l'agriculture est restée très traditionnelle avec beaucoup de pâturage extensif sur les zones humides.

L'Azuré des mouillères ne fait état d'aucun statut de protection particulier dans ce pays. Il n'existe pas non plus de réglementation sur son habitat, les zones humides, qui peuvent être drainées où accueillir parfois des cultures.

En 2011, 32 populations de Maculinea alcon étaient connues dans le nord du Portugal (TAGIS, en préparation), certaines ne comprenant que quelques individus, d'autres plusieurs centaines voir milliers (Voir figure 2). En 2009, moins de 10 populations étaient connues.

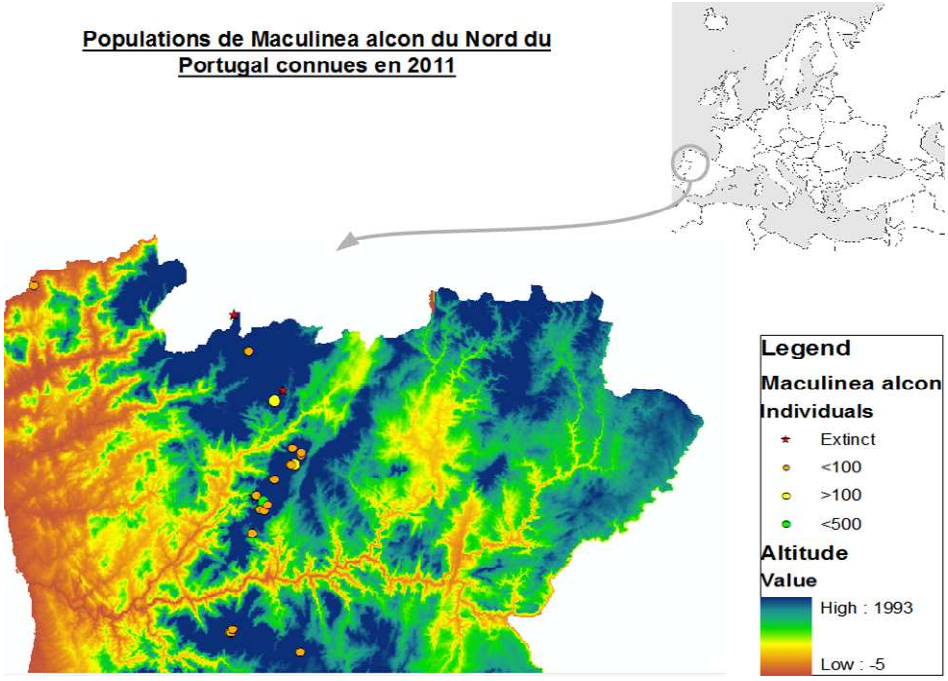


Figure 2 : Carte de répartition des populations de Phengaris alcon au Portugal en 2011

Cadre administratif, sujet

Ce stage rentre dans le cadre d'un large projet coordonné par la mairie de Vila Real « Proteger e conhecer » (Protéger et connaitre) qui a pour but de conserver la biodiversité en améliorant les connaissances mais aussi en la faisant connaitre aux citoyens. Un des axes du projet, commencé en 2009, est la conservation de l'azuré des mouillères, emblème du parc naturel d'Alvão. Le financement en est assuré par des fonds européens relayés par le ministère. En plus de la mairie qui joue le rôle de gestionnaire du parc naturel, deux structures y participent :

- l'université de Trás-Os-Montes e do Alto Douro (UTAD), se concentre sur l'étude de la biologie du papillon depuis 2006 (taux de survie des chenilles, nombre de ponte pas fleurs, identification de la fourmi hôte …).

Ses travaux se sont concentrés sur la population la plus importante connue à ce jour dans la région, située dans le Parc Naturel d'Alvão, qui compte plusieurs milliers d'individus (Rodrigues et al., 2010). C'est également sur ce site que l'on a identifié pour la première fois *Myrmica* Aloba comme hôte de l'Azuré des mouillères (Arnaldo et al., 2011).

- l'association de protection des papillons du Portugal (TAGIS), que j'ai intégrée pendant ce stage, travaille d'avantage sur l'écologie et l'habitat du papillon et de ses hôtes et la recherche de nouvelles populations, dans le but de développer des stratégies de conservation. En 2011, la collecte d'informations sur l'habitat (caractérisation de la végétation) de plusieurs populations dans tout le nord du Portugal, ainsi que l'évaluation de leur taille (par comptage des gentianes avec œufs) ont été entamées.

Jusqu'ici, le projet s'est concentré sur la partie "connaitre" puisque qu'aucune intervention n'a eu lieu. Pour la deuxième phase du projet, "protéger", l'objectif est donc de répondre à ces deux questions :
Quel est l'état de conservation actuel des populations de *Phengaris alcon* du parc naturel d'Alvaõ ? Quel plan de conservation sera le mieux adapté aux conditions écologiques mais aussi socio-économiques locales ?

Pour y répondre, il est alors indispensable de prendre en compte la particularité de la fourmi hôte et du contexte agricole local, pour définir des priorités d'action peu couteuses, puisque, en particulier dans la situation actuelle du pays, les budgets pour ce genre de programme sont limités.

Cette étude se concentre sur deux lieux différents du parc naturel d'Alvão :
-Campea où la première population de *P.alcon* a été découverte au Portugal. Cette population est aujourd'hui très faible. La parcelle où elle se trouve, riche d'une remarquable biodiversité, sera transformée dès 2013 en observatoire de la biodiversité. Une des priorités de la mairie est d'y voir une belle population d'Azuré.
-Lamas de Olo où sont présentes la plus grosse population du Portugal étudiée par l'université et 3 autres plus petites découvertes en 2011 et mal connues. La mairie envisage de mettre en place un programme de conservation à long terme de ces populations.

Les méthodes et matériels employés seront d'abord présentés (I) puis les résultats (II), qui seront finalement discutés (III) pour aboutir à des propositions de gestion et des perspectives pour poursuivre le travail entamé (IV).

I. Matériel et méthodes

Pour atteindre les objectifs de conservation des population de *Phengaris alcon* à Alvão, nous avons commencé par dresser un bilan globale de la situation en évaluant et comparant la qualité locale de chaque patch d'habitat grâce à une unité d'échantillonnage commune, un carré de 10x10m², puis en s'intéressant à l'échelle spatiale des populations, cartographie de Campea d'un coté et métapopulation de Lamas de Olo de l'autre.
La deuxième étape consiste à identifier les facteurs favorisant la présence de *P.alcon* sur l'ensemble des sites étudiés. On s'est penché pour cela sur les exigences écologiques locales (micro-habitat) d'un coté et les pratiques de gestion en place sur ces sites.

Les priorités étant un peu différent pour les deux sites d'études, les protocoles d'échantillonnage ont été adaptés mais restent comparables.

1. *Etat des lieux des populations de Phengaris alcon à Alvão :*

a. *Caractérisation spatiale*

Lamas de Olo

La concentration de quatre sites à cet endroit semble correspondre à une structure de métapopulation (Annexe 1).
La méthode la plus appropriée pour l'étude de la dynamique spatiale au sein d'une métapopulation de papillons est le Capture-Marquage-Recapture (Maes et al., 2004). Cependant pour des raisons pratiques, une étude de ce genre n'a pu être menée cette année. L'étude spatiale consiste donc en des observations d'images satellites et de terrain pour identifier d'éventuels obstacles, zones de passages type corridors (ici paysage ouvert), et d'autres patchs d'habitats pouvant faire des connexions entre les patchs étudiés. Une comparaison de la situation actuelle avec des images Google Earth de 2006 et 2010 pour voir l'évolution du paysage a également été tentée.
Pour quantifier ses observations, nous nous sommes intéressés à la distance entre les sites et la constitution des bordures de champs, à savoir le pourcentage de périmètre avec des arbres, des buissons, et de paysage ouvert.
Nous avons également cherché le long de la rivière des sites intéressants (avec des gentianes et/ou des papillons et bien intégrés au réseau), à restaurer, en se basant sur les observations de gentianes faites aux cours des années passées par différentes personnes (G.W. Elmes & Thomas, 1992).

Campea

A Campea, un seul site avec *P.alcon* est connu. La mairie en a fait sa priorité et déjà passé un contrat avec le gérant pour pouvoir décider des prochaines mesures de gestion. Comme ce site est une zone humide relativement grande (7ha) où très peu de papillons ont été trouvés en 2011 (5 gentianes avec œufs), nous avons jugé utile, en suivant les conseils de Thomas et Elmes (1992) de cartographier la répartition de *Phengaris* et de ces hôtes sur l'ensemble du site, ce qui permettra de cibler les actions de microgestion et mieux comprendre l'écologie des hôtes.
Pour cela nous avons disposé les quadrats de 100m² en 9 transects de la manière suivante (voir figure 3 et Annexe 2):

1. Une zone avec 3 sous-populations de *Phengaris* observées en 2011 (120x150 mètres). Nous aurions souhaité réaliser un échantillonnage exhaustif mais le travail étant trop lourds nous avons diminué la densité de transects en n'en faisant qu'un sur deux, permettant ainsi de couvrir toute la zone et de conserver un échantillonnage

représentatif. Ainsi la zone est échantillonnée par 7 transects de 10 mètres de largeur disposés de manière systématique et séparés de 10 mètres.

2. Pour le reste du champ puisque l'échantillonnage total du site n'était pas envisageable nous avons disposé deux transects 9x150m (largeur du champ) dans deux zones représentatives du reste de la végétation du terrain.

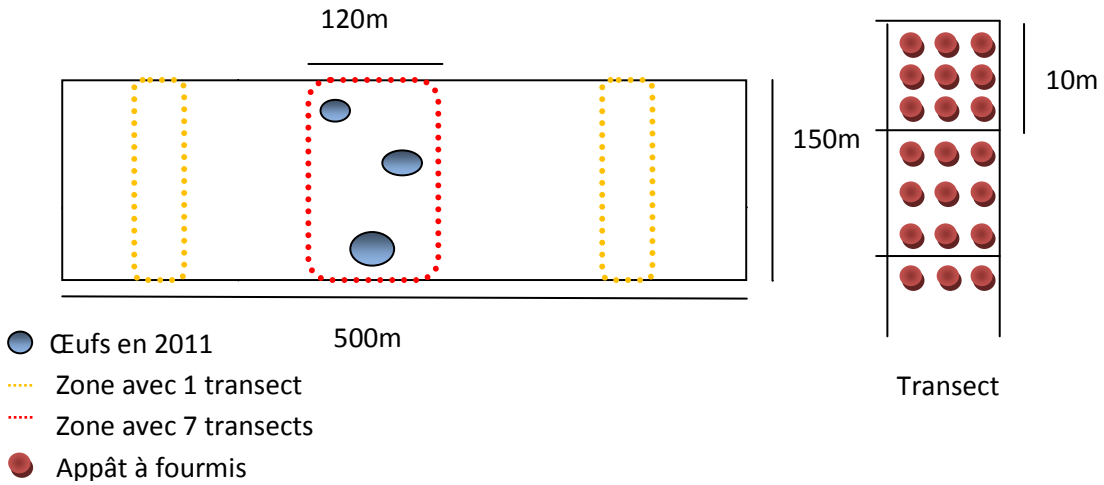


Figure 3: Schéma d'échantillonnage à Campea ; à gauche le terrain et la disposition des transects, à droite un transect découpé en unités de 100m² contenant chacune 9 appâts.

Dans chaque unité de 100m² nous avons réalisé des captures de fourmis, cartographié la présence de gentianes, et mesuré un certains nombre de variables (voir sous parties suivantes).

Ces résultats ont été cartographiés avec un logiciel de SIG (QuantumGIS1.7.2 et ArcGIS9.3). Pour avoir des données continues, ce qui est plus intéressant pour la gestion, nous avons réalisé une interpolation par la distance avec le logiciel Minitab15.1 pour avoir une prévision de la distribution des hôtes et des variables sur l'ensemble du champ.

L'existence d'une possible métapopulation à Campea a été étudiée en comparant les images satellites de 2004 et 2010.

b. Qualité locale des habitats

La dimension du site de Lamas de Olo et les incertitudes sur la possibilité d'accord avec les propriétaires nous ont conduites à favoriser une méthode plus simple et plus rapide que la cartographie totale des sites réalisée à Campea. En se basant sur les données de l'an dernier, nous avons identifié les zones avec gentianes. Les unités d'échantillonnage de 100m² ont été placées dans ces taches de gentianes en essayant d'avoir une diversité d'habitats représentative du site (voir annexe 1).

La **surface de la zone humide et la surface de gentianes** ont toutes deux été tracées sur Google Earth (faute de GPS suffisamment précis) puis calculée à l'aide d'un logiciel de Système d'Informations Géographique (Quantum GIS 1.7.2). Dans les sites où la répartition des gentianes n'est pas homogène, plusieurs petites zones ont été délimitées puis additionnées.

La **densité de gentianes** a été évaluée en comptant le nombre de pieds de gentianes dans les unités de 100m², dans les zones de capture de fourmis et dans les éventuelles taches de gentianes non échantillonnées. La densité moyenne par site a été calculée de manière pondérée avec la surface de chaque zone.

A Campea, le calcul de densité n'a pas été réalisé sur l'ensemble des quadrats. Trois ont été sélectionnés dans des zones de végétation différentes et représentatives du reste du champ.

Le **nombre de gentiane dans chaque site** a été évalué en multipliant la densité par la surface de gentianes. Quand la distribution n'est pas continue, nous avons calculé le nombre de gentianes dans chaque zone et sommé.

Piégeage des fourmis

Dans de nombreuses études, la répartition des fourmis hôte est réalisée par repérage à vue des nids (Forgeot, 2007 ; Rozier, 1999). Ici, les nids sont quasiment tous souterrains et leur repérage est très complexe. Aussi, pour éviter les erreurs de détection, la répartition est évaluée en appâtant les fourmis.
L'observation est réalisée aux périodes d'activités maximales des fourmis c'est-à-dire en fin de matinée (entre 9h30 et 11h) et en fin de journée (18h-19h30) (Rozier, 1999), et au début de la période de sortie des imagos (fin juin, début juillet). En effet, les fourmis se déplaçant en fonction de la saison, cette pratique permet d'être sûr d'avoir une répartition correspondant à la période de vol du papillon (Elmes, 1982).
Les appâts consistent en une cuillère de sucre en poudre posée à même le sol tous les 3mètres (la distance d'affouragement de *Myrmica* étant de 2mètres (Elmes et al., 1998)). Chaque unité de 100m² contient donc 9 appâts, divisant ainsi la grande unité de 100m² en 9 sous unités.
Au bout de 30 minutes environ (Mercier et al., 2004), les fourmis sont prélevées et placées dans de l'alcool à 70° pour identification. On rassemble dans un même bocal toutes les fourmis d'une unité de 100m².
Pour avoir des données représentatives et comparables, nous avons échantillonné au minimum 10% des gentianes et fait un minimum de 30 points de capture par site étudiés (Jean-Luc Mercier, communication personnelle).
Aucun spécialiste ni clé de détermination précise pour identifier les différentes espèces de *Myrmica* n'est présent à l'UTAD. Aussi, l'identification jusqu'au genre a pu être faite sur place mais pas l'identification jusqu'à l'espèce ; celle-ci devait être réalisée par Andras Tartally (en Hollande), collaborateur de Paula Seixas. Cependant à ce jour, les résultats n'ont pas été transmis. Aussi, le terme « fourmis » désigne ici le genre *Myrmica*, toutes espèces confondues.

La méthode de piégeage utilisée, contrairement au repérage à vue des nids, ne permet pas d'évaluer la densité des nids mais permet d'évaluer la probabilité pour une larve tombant à un endroit donné d'être adoptée par une fourmi (Elmes, 1982). En combinant les données sur les captures de fourmis et les densités de gentianes, nous avons pu calculer **le pourcentage de gentianes à moins de 2 mètres d'une fourmilière** (qui sont donc de bons hôtes pour les chenilles), que nous appellerons **complexe fourmis-gentianes (FG)**. Celui-ci correspond au nombre total de gentianes dans le quadrat où l'échantillonnage de fourmis a été réalisé, divisé par le nombre de gentianes dans les petits carrés où des fourmis ont été appâtées (WallisDeVries, 2004).
A Campea, nous avons considéré que le nombre de gentianes par petit carré était identique (constaté sur les 3 quadrats où la densité a été calculée). Le calcul a été fait pour le champ entier en divisant le nombre de petits carrés avec gentianes par le nombre de petits carrés avec le complexe fourmis-gentianes.

L'estimation de la taille des populations de papillons est également un élément important de la qualité des patchs. Cependant, elle n'a pas pu être faite de manière rigoureuse (capture marquage recapture ou comptage des œufs). Une simple **évaluation de nombre de papillons volant au moment du pic de vol** a été faite permettant simplement de comparer les sites entre eux.

2. Exigences particulière de P.alcon à Alvão :

a. Caractérisation du micro-habitat

Travail de terrain

L'étude des micro-habitats a été conduite simultanément aux captures de fourmis. En plus de ces captures et du relevé de la présence de gentianes décrits précédemment, plusieurs variables (présentées dans le Tableau 1) sont relevées dans chaque unité afin de tenter d'identifier les préférences écologiques des hôtes et les paramètres influençant la présence d'œufs. Celles-ci ont été sélectionnées en fonction de données trouvées dans la littérature (différentes sources) et des moyens dont nous disposions.

Tableau 1: Codification des paramètres environnementaux étudiés dans chaque unité de 100m²

	Espèces dominantes	Hauteur végétation	Relief du sol	Ligneux	Sol nu
0			lisse	0 espèce	Pourcentage
1		<= 15cm	Petits creux ou bosses	1-2espèces	
2		15-30 cm	Creux et bosses moyens	3-4 espèces	
3		30-50 cm	Nombreux gros trous	> 4espèces ou recouvrement >50%	
4		50-60cm			
5		>60cm			
6					
7					

L'humidité du sol est calculée grâce à l'indice d'Ellenberg (Julve, 1998)en faisant pour chaque grand carré une moyenne pondérée par l'abondance des plantes.

Les gentianes avec des œufs ont été cherchées mi-août dans toutes les unités de 100m², indépendamment de la présence de gentianes et/ou de fourmis. On note ainsi la **présence d'œufs** par unité de 100m².

Dans cette partie, les termes densité de fourmis et densité de gentianes correspondent au nombre de sous unités au sein d'une unité de 100m² où des fourmis (respectivement gentianes) sont présentes. Elles sont donc comprises entre 0 (absent de toutes les sous unités et donc de la grande unité) et 9 (présent dans toute les sous unités).

Traitement statistique

Toutes les variables explicatives sont des variables ordinales que nous avons traitées comme quantitatives. Le logiciel de traitement utilisé est Minitab15.1

Pour évaluer les facteurs influençant la présence ou l'absence d'œufs, qui est une variable qualitative (0 ou 1) nous avons réalisé un modèle de régression logistique binaire dont l'équation est de la forme :

$$Logit(\pi(x)) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \ldots + \beta ixi$$

Le modèle complet a été simplifié en enlevant les variables non significatives une par une jusqu'à n'avoir que des variables significatives.

L'écologie des hôtes a été évaluée grâce à trois régressions multivariées, pour les trois variables semi quantitatives (0 à 9) représentant la densité unitaire de fourmis, de gentianes et du complexe Fourmis+Gentianes. L'équation de la régression est du type :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_i x_i + \varepsilon , \qquad E(\varepsilon)=0$$

b. Identification des pratiques locales de gestion

Tous les sites étudiés appartiennent à des propriétaires privés différents, et aucun contrat de gestion n'existe. **Connaitre les pratiques de gestion sur les sites étudiées** est donc indispensable puisqu'elles influencent directement la présence des hôtes et du papillon. Identifier et copier le mieux possible les pratiques agricoles des parcelles où les populations de papillons sont importantes doit être la première étape de conservation (Elmes & Thomas, 1992).
Dans ce but et avec l'aide d'une étudiante du village, des entretiens ont été conduits auprès des différents agriculteurs des parcelles où l'azuré est présent avec des questions très simples sur les pratiques actuelles et passées (nombre des vaches, les interventions réalisées (fauche, brûlis…) ; questionnaire en annexe 3.
Ces entretiens sont aussi une occasion de bien comprendre les pratiques locales et donc de bien adapter le plan de gestion à la situation socio-économique, savoir faire et capacité économique.
Certains champs sont exploités de manière communautaire. Les gérants n'ont pas pu être rencontrés ; aussi les pratiques de gestion ont été estimées en fonction de nos observations sur le terrain, via les images satellites Google Earth et des informations apportées par les habitants du village.

La pression de pâturage a été calculée par l'indice de nombre de jours de pâturage (JPP/ha/an).

II. Résultats

1 Etat de lieux des populations de *Phengaris alcon* à Alvão

a. *Caractérisation spatiale*

Lamas de Olo

À lamas de Olo, les sites étudiés sont tous situés à moins de 2 kilomètres l'un de l'autre, le long de la rivière Olo. La distance maximale entre deux sites adjacents est de 600m (Campo de Bola et Step Stone) (Figure 4).

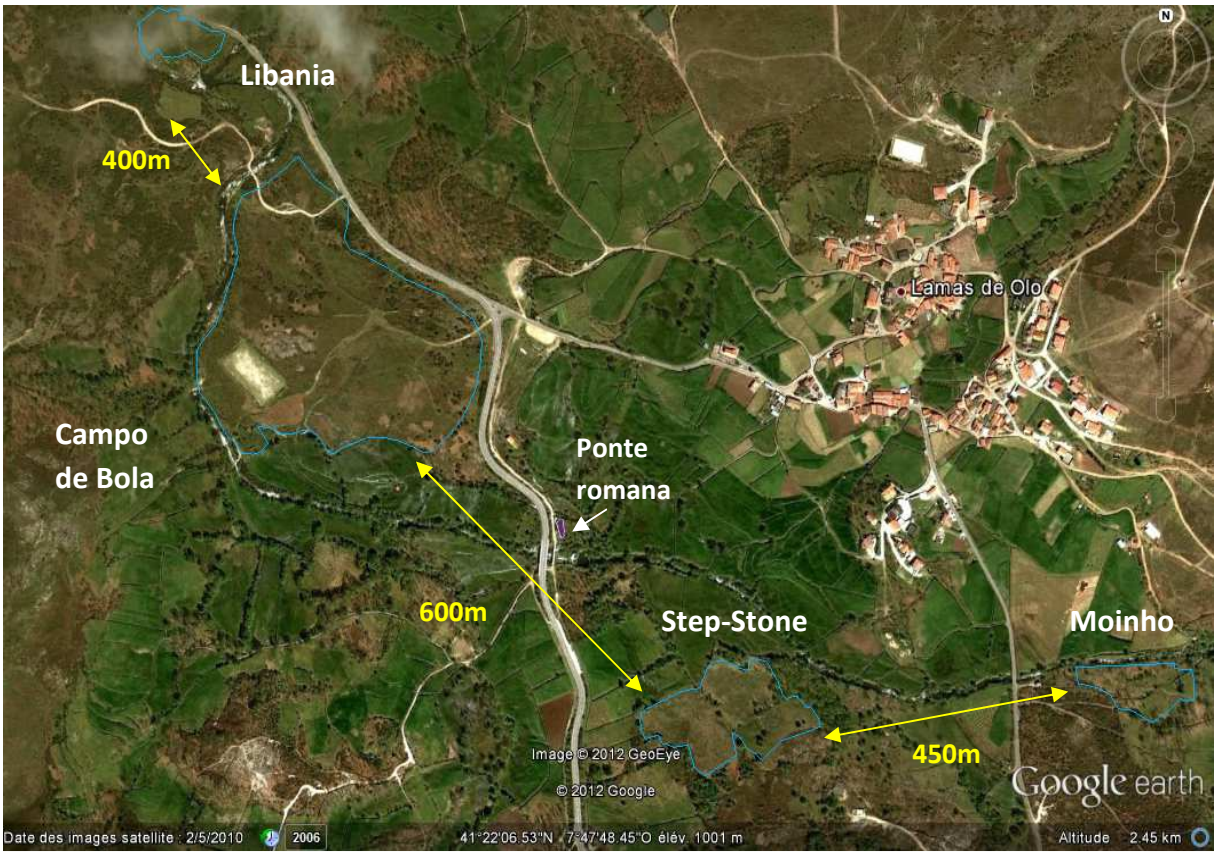


Figure 4: Configuration spatiale des taches d'habitats de Phengaris alcon à Lamas de Olo

Sur la Figure 5, une tendance semble montrer que plus les marges sont boisées plus la population de papillon est faible.
Généralement moins de 50% du périmètre est boisé mais la somme du périmètre boisé et avec buissons est toujours supérieure à 50%.

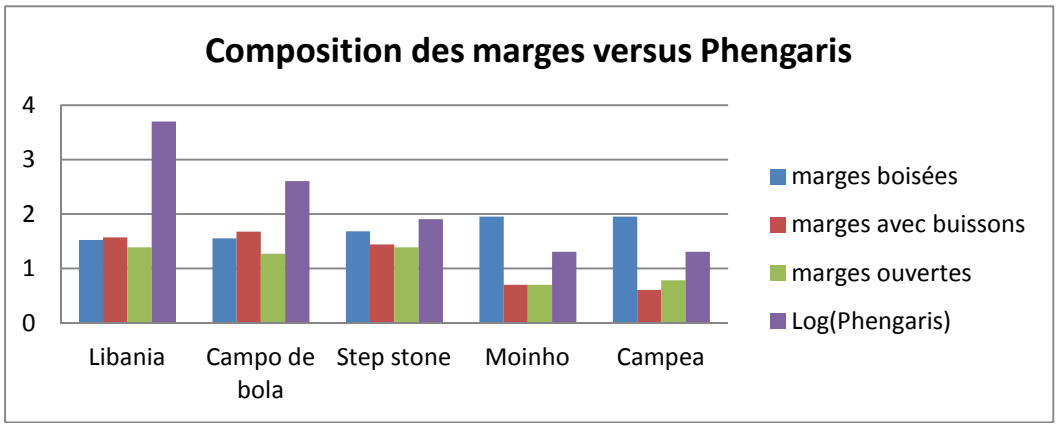


Figure 5: Composition des marges des taches d'habitats et logarithme de la taille des populations de Phengaris

Les images satellites montrent que depuis 2006 des buissons se sont développés entre Campo de bola et Libania (voir annexe 4).
Cet hiver, une rangée d'arbres (*Betula celtiberica*) a été plantée à l'est de Campo de Bola

On note la présence de la route à deux endroits : entre Campo de Bola et Step stone et entre Step stone et Moinho.

Lors de nos déplacements entre les sites, 4 pieds de gentianes donc 3 avec 5 œufs et 3 Azurés ont été découverts dans une toute petite zone humide entre Campo de bola et Step Stone (voir Ponte romana (Figure 4)) où des gentianes avaient déjà été repérées auparavant. Quelques gentianes éparses sont également présentes entre Step stone et Moinho. Aucun œuf n'y a été trouvé cette année mais un Phengaris y a été vu.
Sur l'image satellite de 2006, on voit cependant que la taille de la zone Ponte romana a nettement diminuée et a été envahie de ligneux ; le nombre de gentianes présentes montre qu'elle n'est pas en bon état.

Campea

La répartition précise des fourmis et des gentianes échantillonnées à Campea, est présentée sur la carte en annexe 2.
Les graphiques de la Figure 6 sont la généralisation de ces données à l'ensemble du terrain.

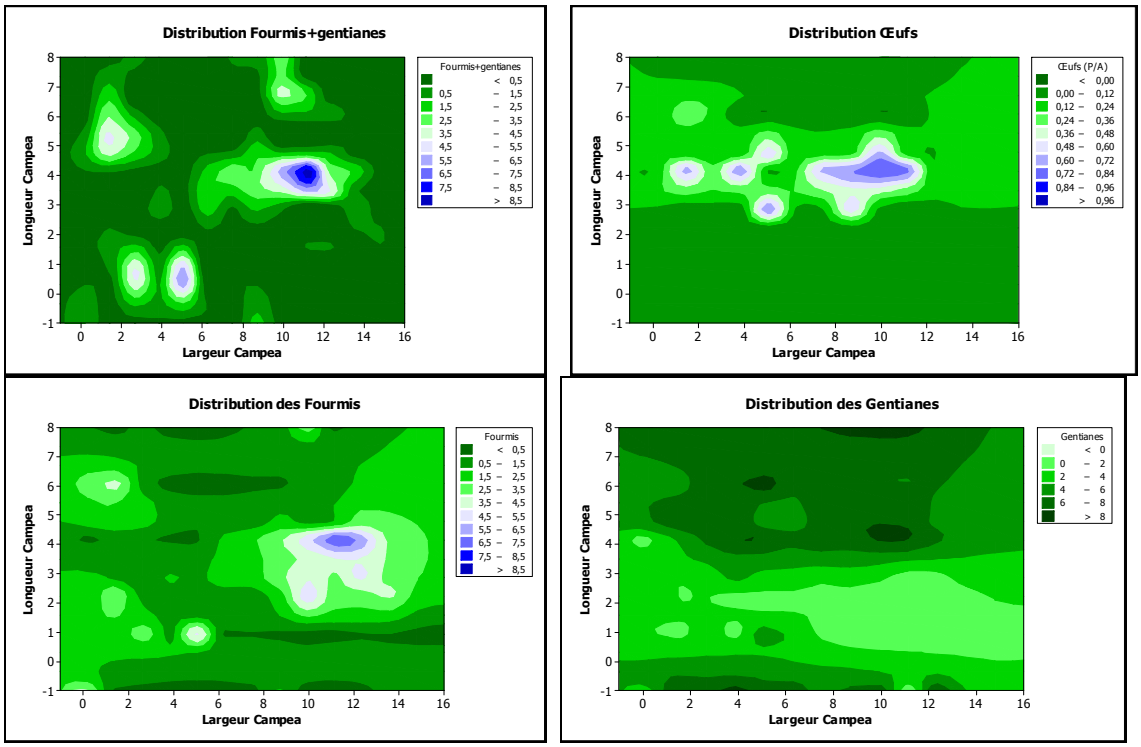


Figure 6: Répartition des hôtes et des œufs de *P.alcon* à Campea estimé par interpolation des résultats d'échantillonnage

Les gentianes sont présentes de manière quasi uniforme sur le champ sauf entre la ligne 1 et 3 (transect A B et C) où elles sont beaucoup moins denses voire absentes.
Les fourmis sont principalement présentes au sud des lignes 2, 3 et 4 (transect B, C et D). Sur les lignes 2 et 3, les gentianes ne sont pas présentes à cet endroit où l'on trouve des fourmis.
Les œufs sont concentrés principalement au niveau de la ligne 4 (transect D), avec une autre tache au début de la ligne 8 (transect F).
Le complexe fourmis-gentianes est réparti sur 4 zones dont deux correspondent à la présence d'œufs. Il semblerait qu'une majorité des œufs soit présente là où il y a le complexe fourmis-gentianes mais que tous les endroits avec le complexe n'ont pas forcément d'œufs.

Dans cette zone du parc, aucune autre population n'est connue dans les alentours. De plus, la zone humide est à 95% entourée d'arbres infranchissables. Les images satellites montrent qu'en 2002, les marges de ce champ n'étaient boisées qu'à 50% environ (voir annexe 5).

**A Lamas de Olo, certaines connexions semblent encore exister entre les patchs (observations et stepping-stone Ponte romana)*
**Les buissons se développent entre les patchs d'habitats*

**A Campea, Les gentianes sont réparties uniformément mais pas les fourmis. Les œufs, forment un noyau central et semble être principalement aux endroits ou se trouve simultanément gentianes et fourmis*

b. Qualité locale des habitats

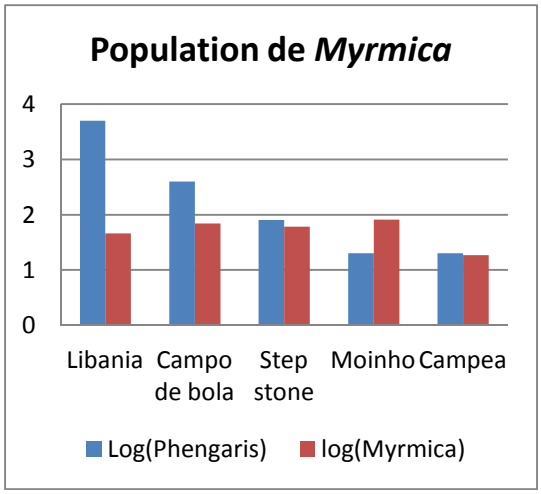
L'évaluation de la taille des populations, permet un classement des sites en fonction de la quantité de papillons, Libania étant la population la plus importante (plusieurs milliers d'individus) puis celle de Campo de bola (au maximum quelques centaines d'individus) puis la step stone (moins de 100 individus) et enfin celle du Moinho (une vingtaine d'individus au maximum) (voir Tableau 2).
Les densités de gentianes sont en général proches de 5000 plantes par hectare avec un maximum à Libania et le minimum à Moinho.
La typologie des terrains est très variable (de 0,08 à 9ha). Pour accueillir une importante population d'azuré, cette taille n'a pas forcément d'importance puisqu'ici la plus petite zone humide (Libania, 0,5ha) abrite la plus grande population connue du Portugal.

Tableau 2: Etat des lieux des sites étudiés ; population très petite <100, petite 100-400, importante 400-1000, très importante >1000

	Surface ZH totale	Surface gentianes	Densité G	Nombre de gentianes estimé	%G avec F	Population de *P.alcon*
Libania	0,55	0,23	6750	4500	46	Très importante
Campo de bola	9,7	1,5	720	7000	69	Petite à importante
Step stone	2	0,38	1052	2100	61	Très petite à petite
Moinho	0,7	0,08	354	250	81	Très petite
Campea	7,3	1,8	4600	8300	18,5	Très petite
Moyenne	4,05	0,798	2695	4430	55,1	

Sur chacune, la proportion de gentianes est en moyenne de 22,5%, le maximum étant atteint à Libania avec plus de 40%.
Ni la quantité de gentianes présentes sur les sites (Figure 7), ni la quantité de fourmis (

Figure 8) ne semblent influencer la quantité de papillons sur les sites.



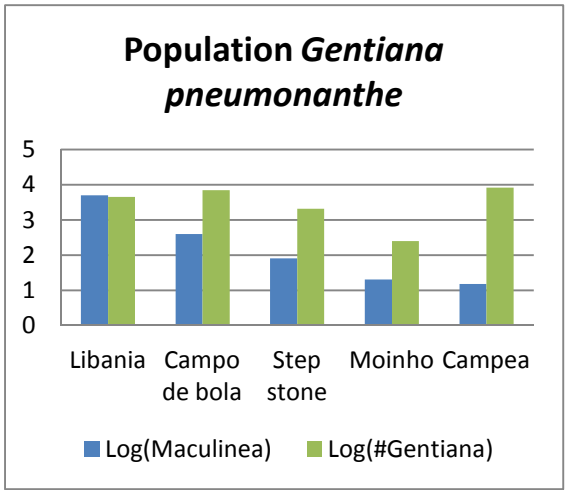


Figure 7 (gauche): logarithme du nombre de papillons et du logarithme de gentianes suffisamment proches des fourmis

Figure 8 (droite): logarithme du nombre de papillons et du nombre de gentianes estimé

Contrairement à ce que l'on pourrait attendre vu le grand nombre de papillons, Libania n'a pas la meilleure densité de fourmis ni la plus grande surface de zones humides ni la plus grande quantité de gentianes. Seule la densité de gentianes est plus de 4 fois supérieure aux autres.
Deux sites ont une population de papillon très faible.
A Campea, la densité et la surface de gentianes sont importantes. Cependant, beaucoup de gentianes ne sont pas à proximité des fourmis.
A Moinho, la densité de gentianes est plus faible que dans les autres sites mais la quantité de gentianes à proximité des fourmis est supérieure.

A Moinho et Step-stone on observe une importante colonisation de la zone humide et des zones à gentianes par des fougères pour le premier et des bouleaux pour le second (voir figure 9). A Campea, nous avons remarqué la présence de très jeunes saules et bouleaux et de quelques ronces répartis sur la parcelle.
Le phénomène est également observable sur la partie nord-ouest de Campo de bola en comparant les photographies aériennes de 2006 et 2010 (voir annexe 4).

Figure 9: Fermeture du paysage ; Gauche : Bouleaux dans une zone à *Erica tetralix* et gentianes à Step-stone; Droite: Fougères et autres ligneux dans une zone à gentianes à Moinho

** La densité moyenne de gentianes est de 4500 plantes par hectare*
**Le pourcentage de gentianes suffisamment proche d'une fourmilière est en moyenne supérieur à 50%*
**La densité de gentianes et de fourmis n'est pas liée ici à la quantité de papillons*
**Des ligneux commence à coloniser certains patchs*

2 Exigences particulière de *P.alcon* à Alvão

a. Caractérisation du micro-habitat

Facteurs influençant la présence des œufs :

Un modèle de régression logistique à permis de montrer que la présence du complexe fourmis-gentianes, la quantité de ligneux, et la densité de gentianes sont les paramètres expliquant le mieux la présence des Œufs de *Phengaris alcon* (Tableau 3). L'équation s'écrit :

Œufs(P/A)=-4,28+0,55(FG)+0,61(Ligneux)+0,20(DG)

Tableau 3: Coefficient du modèle logistique expliquant la présence ou l'absence des œufs de P.alcon

	Camp+Lamas (n=120)	
	Coef	P-value
Constante	-4,28470	<0,0001
Fourmis+gentianes (FG)	0,551518	<0,0001
Ligneux	0,607615	0,057
DGentianes (DG)	0,199642	0,059

La Figure 10 illustre bien la différence très significative pour le complexe fourmis-gentianes. En l'absence d'œufs la densité de fourmis gentianes est très faible (<1) et en présence d'œufs elle est supérieur à 3. Pour les ligneux (Figure 11) et la densité de gentianes (Figure 12) la différence n'est pas tout à fait significative, mais leurs coefficients dans le modèle montrent que ces paramètres expliquent quand même la répartition des œufs.

On voit sur la Figure 13 que la distribution du complexe fourmis-gentianes est complètement différente entre la présence et l'absence d'œufs et que seuls 26% des œufs sont disposés dans des unités sans le complexe fourmis-gentianes. Ceci pourrait être influencé par la présence d'un grand nombre d'unité sans gentianes or plus de 50% des zéros correspondent à des unités avec gentianes mais sans fourmis.

Avec un coefficient positif, on pourrait penser que plus il y a de ligneux plus on a de chance d'avoir des œufs. Cependant la Figure 14 montre que c'est une quantité moyenne qui convient le mieux à la présence d'œufs (2= 3 à 4 espèces de ligneux et recouvrement toujours inférieur à 50%).

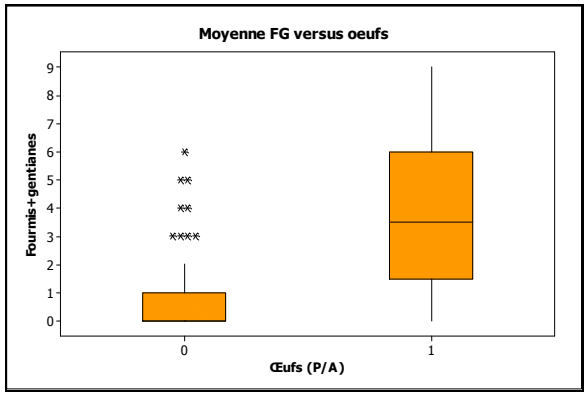


Figure 10: Moyenne de la densité du complexe fourmis-gentianes en présence et en absence d'oeufs

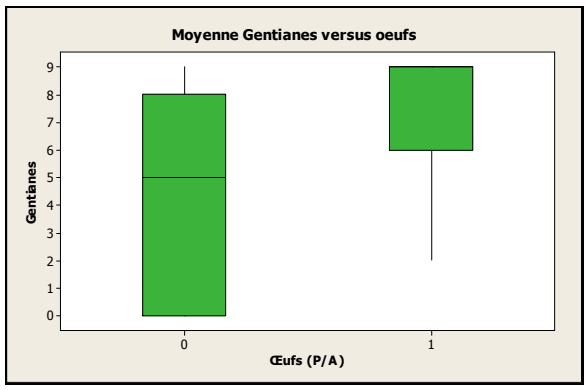


Figure 11:Moyenne de la densité unitaire de gentianes en présence et en absence d'oeufs

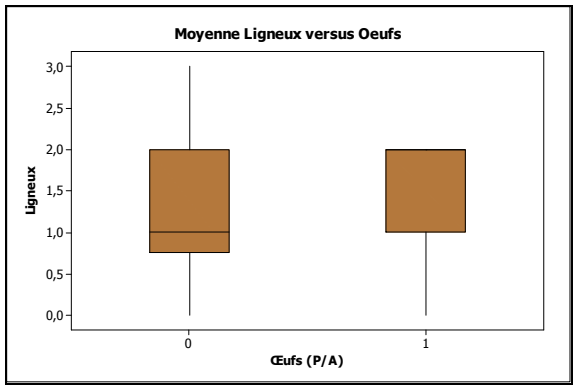
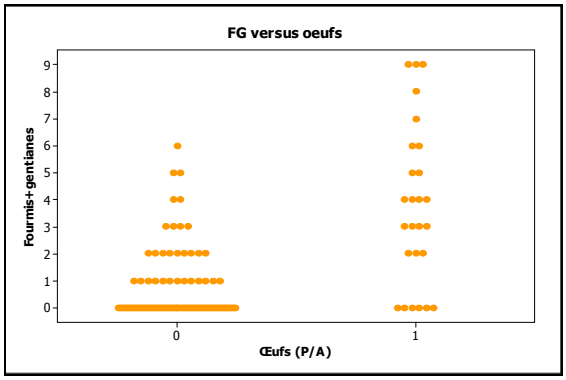


Figure 12: Moyenne de la quantité de ligneux (0 à 3) en présence et en l'absence d'oeufs



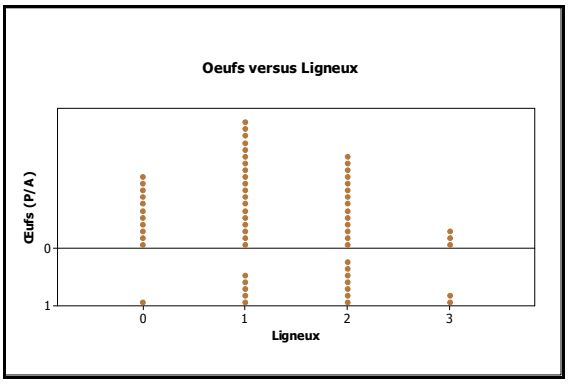
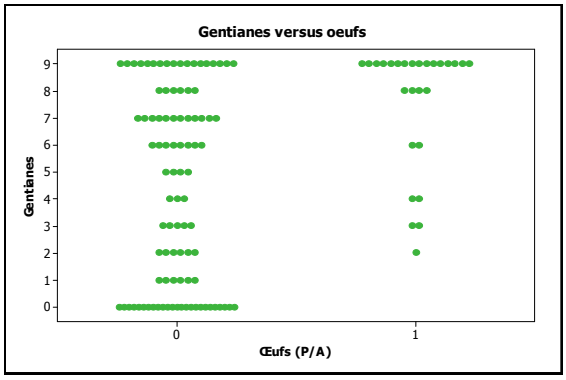


Figure 13 (gauche): graphique par classe de la densité unitaire du complexe fourmis-gentianes en absence et en présence d'œufs

Figure 14 (droite): graphique par classe de la quantité de ligneux (0 à 3) en présence et en absence d'œufs

Quand les gentianes sont présentes, elles sont en grande densité (Figure 15) ce qui est l'inverse pour les fourmis (Figure 16). Les œufs sont présents où la densité de gentianes maximum et densité de fourmis est moyenne.



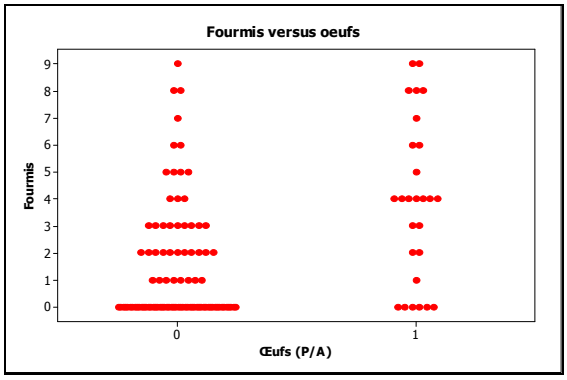


Figure 15 (gauche): graphique par classes de la densité unitaire de gentianes en absence et en présence d'œufs

Figure 16 (droite): Graphique par classe de la densité unitaire de fourmis en absence et en présence d'œufs

Plus la densité de fourmis-gentianes plus la probabilité d'avoir des œufs augmente (Figure 17).

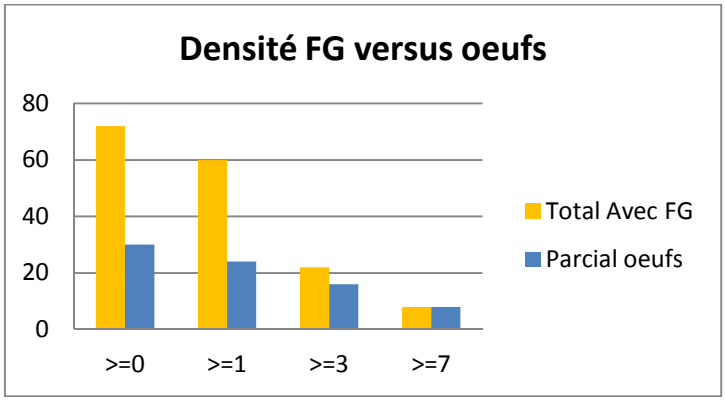


Figure 17: Nombre de complexe fourmis gentianes avec œufs comparé à la quantité totale de complexe fourmis-gentianes en fonction de la densité unitaire de complexe fourmis-gentianes

En prenant en compte seulement le site de Campea, le modèle reste significatif mais pas la variable Ligneux (p-value= 0.397).

Facteurs influençant la présence des fourmis et des gentianes:

Les régressions multivariées montrent que les paramètres étudiés permettent d'expliquer la densité des plantes (p-value<0,001) mais pas des fourmis (p-value=0,74, non significatif) (voir Tableau 4).
Ces paramètres prédisent cependant la densité du complexe fourmis- gentianes, qui est le plus intéressant pour nous puisqu'il est celui qui influence le plus la présence d'œufs.

Tableau 4: Coefficient des régressions multivariées expliquant la densité du complexe fourmis-gentianes (D(FG)), des fourmis (DFourmis) et des gentianes (DGentianes)

	D(FG)		DFourmis		DGentianes	
	Coef	P	coef	p	coef	p
Modèle		0,035*		0,742NS		<0,0001
Sol nu	-0,06	0,025*	0,03	0,312	-0,2	<0,0001
Hauteur végétation	0,34	0,079	0,26	0,206	0,05	0,87
Ligneux	0,15	0,537	-0,04	0,865	0,59	0,138
Relief sol	-0,27	0,336	-0,23	0,436	-0,165	0,713
Humidité sol	-0,53	0,124	0,15	0,701	0,26	0,666

L'équation complète de la régression est la suivante:

Fourmis+gentianes = 3,51 - 0,0629 Sol nu + 0,347 hauteur végétation
+ 0,175 Ligneux - 0,286 Relief sol - 0,471 Humidité sol

Le sol nu est le seule facteur significatif. Le coefficient négatif montre qu'il limite la présence du complexe- gentianes fourmis (et principalement des gentianes). La hauteur de la végétation n'est pas significative mais l'on remarque que la hauteur idéale (proche de la significativité) est de 30 à 50 cm (classe 3) (Figure 18).

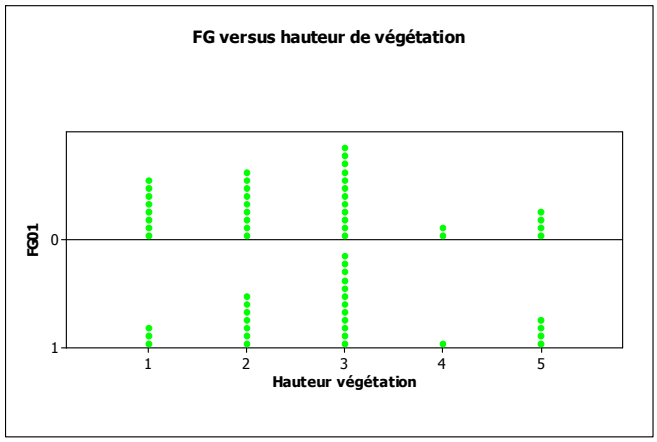


Figure 18: Hauteur de la végétation (de 0 à 5) en fonction de la présence ou de l'absence de complexe fourmis-gentianes

** Les œufs sont significativement plus nombreux à proximité du complexe fourmis-gentianes*
**Les paramètres étudiés ne permettent pas d'expliquer la présence de fourmis*
**Le sol nu est le seul paramètre vraiment déterminant pour la présence du complexe fourmis-gentianes*

b. Identification des pratiques locales de gestion

Même si nous n'avons pas pu rencontrer tout les propriétaires (seulement deux), le bilan de ses entrevues est très positif. Aucun n'a été retissent à nos questions ou à l'idée du projet, voir même très content d'apprendre la présence d'un papillon rare sur leur terrain. Aussi, si les mesures prises ne vont pas à l'encontre des pratiques actuelles, la mise en place d'un plan de conservation semble tout à fait envisageable.
Les principales mesures de gestion sur chaque terrain sont présentées dans le Tableau 5.

Tableau 5: Pratiques de gestion sur les sites ou *P.alcon* est présent (B=Bovins, E= Chevaux, ++=régulier, += irréguliers ou effectués en 2012 mais historique inconnue, -=absence, ; ?= pas d'information

Site	Pâturage(JPP/ha/an)	Fauche tardive	Brulis	Arrosage	Défrichage	Gestion
Libania	B (98)	-	++	+	+	Privée
Campo de Bola	BE	+- ?	+	?	-	Communautaire
Step-stone	B	-?	+	-	-	Privée
Moinho	B (566)	+	+	-	-	Privée
Campea	B	+-?	+	?	-	Communautaire

Dans le parc naturel d'Alvão, l'agriculture est restée très traditionnelle.
Tout les sites étudiés où l'azuré des mouillères est présent, ont la même fonction et sont localement qualifiés de « pousio ». Contrairement aux autres prairies humides, les pousio sont trop humides pour servir à produire du foin, elles servent uniquement de pâture pour le bétail, principalement en été alors qu'on laisse pousser la végétation dans les autres prairies, et que la chaleur au bord de la rivière est plus supportable pour les animaux.
Pour éviter le développement d'une végétation trop ligneuse que les vaches ne mangent pas, on procède chaque hiver à un « nettoyage ». Il peut s'agir d'une fauche toujours tardive des buissons (au plus tôt en octobre) ou d'un feu contrôlé. Les fauches sont généralement faites à la main ou par de petits tracteurs, et les buissons sont brulés sur place ou rapportés à la ferme. Ce type de gestion est identique depuis toujours sur les sites étudiés. Aussi, à l'exception de Campea, aucune culture n'y a jamais été menée et le sol jamais retourné.
Les troupeaux sont principalement composés de vaches de la race locale Maronesa, bien adaptée aux conditions locales, et vont de 3 à 6 vaches. Quelques chevaux viennent aussi de temps en temps.
La pression de pâturage n'a pas été simple à calculer puisque le système d'élevage dans ce village est assez particulier. Les éleveurs se contentent d'ouvrir la porte de l'étable le matin et les vaches se déplacent à leur guise, sur les parcelles de leur propriétaire ou les terrains communautaires, en fonction de la nourriture et de l'ombre disponible. Elles retrouvent seules le chemin de la ferme en fin de journée.

N'ayant obtenu les détails des pratiques de gestion que sur deux parcelles (Libania et Moinho), nous ne pouvons pas tirer de conclusion générale sur les pratiques permettant la présence de

nombreux papillons. Cependant, la comparaison entre ces deux sites (l'un ayant beaucoup de papillons l'autre très peu) montre que :
A Libania, la pression pâturage est beaucoup moins importante au moment de la période de vol puisque les vaches ne restent que 2 heures par jour. A Moinho la pression de pâturage reste importante en été et le reste de l'année.
Libania, est également le seul endroit où l'on est sûr qu'un brulis, est conduit tous les ans depuis de nombreuses années.
Une autre particularité de Libania est que depuis 2002, un groupe de volontaires du parc vient chaque année au mois de juin arracher les ronces, fougères et ajoncs pour maintenir le paysage ouvert. Ceci n'est pas réalisé sur les autres champs où l'on note clairement une colonisation par ces espèces (voir partie précédente).

A Campea, l'analyse des images satellites montre qu'une partie du champ a été mise en culture en 2010 et avant 2002. Nous avons également observé en avril que les pousses de gentianes se développaient préférentiellement dans les parties de sol nu récemment brulées.

**Pâturage extensif et « nettoyage » tardif sont les pratiques traditionnelles qui subsistent encore aujourd'hui sur les sites étudiés*
**Le brulis hivernal, le défrichage manuel et une plus faible pression de pâturage en été sont pratiquées régulièrement depuis de nombreuses années la où la population de P.alcon est la plus importante.*

III. Discussion

1 Etat des lieux des populations de *P.alcon* à Alvão

a. Evaluation des dynamiques spatiales

Lamas de Olo

Phengaris alcon est connu pour être un papillon peu mobile. Ceci à d'ailleurs été montré à Lamas de Olo par le travail de Soares, 2009. Cependant, Maes et Al (2004) ont montré que les mouvements routiniers de *P.alcon* pouvaient aller jusqu'à 500 mètres et leurs migrations occasionnelles jusqu'à 2 kilomètres. Les distances entre les taches d'habitats de Lamas de Olo sont donc compatibles avec l'existence d'une dynamique de métapopulations à cet endroit.
Jusqu'à aujourd'hui, l'existence de tels échanges entre ces patchs n'a jamais été démontrée. Cependant, nos observations (un papillon volant entre step-stone et Moinho et des œufs entre Campo de Bola et step stone), sont des indices montrant que des mouvements existent encore au moins partiellement entre ses patchs.
Le développement de buissons constaté entre les sites est cependant inquiétant pour l'avenir de ces échanges. En effet, quand il rencontre une lignée d'arbre, *P.alcon* semble faire demi-tour (Nowicki et al., 2007).Les actuels buissons pourraient bientôt devenir des obstacles limitant la circulation des papillons. La fermeture du paysage entrainerait la fragmentation de l'habitat. Il faut donc veiller à garder des passages.
La distance de vol *P.alcon* étant assez limitée, la réhabilitation de patchs d'habitats favorables même petits mais bien connectés et à moins de 500m des patchs adjacents (Maes et al. 2004) est préférable à l'établissement de longs corridors. Aussi la petite zone Ponte romana est particulièrement intéressante à conserver puisqu'elle est située entre les deux sites les plus

espacés. Or cette zone est menacée puisque seules quelques gentianes y persistent et les ligneux sont en train de la coloniser. Sa restauration doit donc être une priorité pour le maintien des connexions.
Il est également important de s'assurer que les papillons pourront aller jusqu'à un autre patch favorable et ne pas se disperser dans une matrice défavorable où la mortalité sera plus élevée (Vandewoestijne et al., 2004). Pour cela, il semble important de maintenir de larges bandes (de l'ordre d'une centaine de mètres minimum) de paysage ouvert qui favoriseront la circulation des papillons mais également d'utiliser les marges boisées comme des guides vers les habitats favorables et barrières physiques pour éviter la dispersion dans la matrice (Haddad & Tewksbury, 2005**;** Nowicki *et al.*, 2007).

Si aucune étude spécifique n'a été faite pour *Phengaris*, Baguette et al., 2003 ont montré pour *Proclossiana eunomia* que la rivière peut faciliter les échanges entre les différents sites. Ceci s'avère particulièrement intéressant ici puisque toutes les parcelles sont directement au bord de la rivière ; toutefois l'accès y est parfois limité par la présence d'arbres. Rouvrir des accès à ces endroits (Moinho et Step stone principalement) pourrait permettre de rétablir des connexions.

Campea :

La cartographie et l'interpolation sont l'expression sur le terrain de la relation significative entre la présence d'œufs et la présence du complexe fourmis-gentianes. Cet outil est très intéressant pour la gestion car il montre les zones à cibler pour les mesures de microgestion.
La zone où l'on a trouvé une grande quantité d'œufs et donc les complexe fourmis-gentianes doit être particulièrement protégée l'été prochain, évitée par les installations à venir (chemins piétons en particulier) et brulée cet hiver. De plus, en étudiant en détail l'écologie au niveau de la zone très dense en fourmis-gentianes et en reproduisant ses caractéristiques à d'autres endroits avec gentianes du champ, on devait favoriser le papillon.
De nombreuses zones avec gentianes mais sans fourmi existent également. Cependant le déplacement de fourmis est délicat, surtout que l'on ne connait pas pour l'instant l'espèce hôte et donc ses exigences écologiques.
Il sera donc plus facile dans un premier temps d'augmenter le nombre de gentianes dans la zone avec fourmis et sans gentianes.

b. Evaluation de la qualité des habitats des populations d'Alvão

La comparaison avec les chiffres que l'on peut trouver dans la littérature montre clairement que la situation de *P.alcon* à Alvão est exceptionnelle. Le premier constat est la taille de la population de Libania, puisque la plus grosse population trouvée dans la littérature (en Belgique) atteint un peu plus de 2000 individus (Maes et al., 2004)
La seconde concerne les populations de gentianes. D'après Nowicki et Al. (2007) plus de 5 000 gentianes par hectare est une très haute densité de gentianes, ce qui est presque atteint à Campea et largement dépassé à Libania. La plus grande densité de gentianes trouvée par Maes et al. (2004) atteint 670 plantes /ha. Or sur les sites étudiés, le nombre de gentianes moyen par hectare, or Libania, est de 2700 plantes/ha. Des densités similaires sont observées dans les autres sites avec *P.alcon* au Portugal (TAGIS, en préparation). Ceci nous permet de dire que les populations portugaises de gentianes sont d'une manière générale très importantes.
Aussi, mis à part en certains endroits particulièrement dégradés, la gentiane sera rarement le facteur limitant pour *P.alcon*.

Le pourcentage constaté ici de gentianes à proximité des fourmis semble également très favorable à l'établissement du papillon, puisque le modèle de Mouquet et al. (2005) un

minimum de 10% nécessaire à l'installation du papillon et un optimum de 30 à 40%. Ici, tous les sites sont supérieurs à 50%, à l'exception Campea qui dépasse cependant largement le seuil minimum estimé de 10%.
Il est très probable que plusieurs espèces de *Myrmica* soient présentes sur les sites étudiés, puisqu'à Libania deux espèces ont été identifiées (Soares, 2009). Aussi, comme toutes les espèces ne sont pas hôtes de l'azuré ou, en tout cas, pas hôte principale, il est fort probable que ce pourcentage prenne en compte des *Myrmica* non hôtes, en particulier là où les populations de papillons sont faibles. Aucune information n'est disponible sur les autres populations Portugaises de *P.alcon*.

Taille de la zone humide

Ici la taille de la zone humide ne semble pas avoir d'effet sur la taille de la population de papillons. Cependant, WallisDeVries (2004) a montré que plus la zone humide est grande plus sa probabilité d'être colonisée par *P.alcon* augmente.
Or nous avons constaté la colonisation des taches d'habitats par des ligneux. Ce phénomène risque dans un premier temps de réduire la taille des habitats favorables et donc finalement de conduire au départ de l'azuré. Ce phénomène a été observé en Bretagne et en Normandie : c'est l'abandon des prairies suivi par la fermeture du milieu par les ligneux et donc la perte d'habitats qui est principalement à l'origine de la régression de l'azuré (Munguira & Martin, 1999 dans Rozier 1999). Il est donc important de ne pas laisser se fermer ces zones humides.

Taille des populations de papillons

D'après Thomas (1991, dans Maes et al. 2004), les populations de *P.arion* de moins de 400 individus peuvent être sujettes à des extinctions périodiques et celles de plus de 400 individus seraient stables. En considérant ces chiffres, seule la population de Libania est assurée de ne pas s'éteindre, et toutes les autres populations du parc d'Alvão seraient menacées d'extinctions.
Cependant, dans la définition originelle de métapopulation par Hanski (1992), les sous-populations ne sont pas viables individuellement. Ce sont les dynamiques qui leur permettent de survivre. Ceci montre qu'il est ici plus important pour la conservation à long terme d'une espèce de se préoccuper du maintien des connexions et du bon état de la métapopulation dans son ensemble plutôt que de l'augmentation de la taille des sous-populations.
La comparaison entre Moinho et Campea montre que l'origine d'un faible effectif de *P.alcon* n'est pas toujours la même, le premier étant visiblement limité par la quantité de plantes, le second par la quantité de *Myrmica*. Cela met en évidence l'importance de bien connaitre la situation locale avant d'entreprendre des mesures de gestion pour éviter l'échec de ses mesures, comme cela est arrivé avec *P. arion* en Angleterre au début du siècle dernier (Elmes et Thomas, 1992). La méthode d'échantillonnage simplifiée que nous avons utilisée à Lamas de Olo permet de se faire une première idée.
Le fait que Libania n'ai pas le maximum de gentianes et de fourmis montre cependant que la situation est très complexe, et qu'un plan de restauration devra souvent être précédé d'une étude précise du site passant en particulier par sa cartographie (Elmes & Thomas, 1992).
Nowicki et al. (2007) montrent qu'une forte densité de gentianes peut entrainer une surexploitation des fourmis, puisqu'elles n'ont que peu de refuges. À Libania, les gentianes sont très denses mais les fourmis et les papillons subsistent en grand nombre depuis des années. On peut supposer que *Myrmica aloba* n'est que très peu affectée par la présence de *Phengaris alcon* dans ses nids. La découverte de près de 90 chrysalides dans une seule fourmilière de *Myrmica aloba* par l'équipe de l'UTAD en 2010 (Arnaldo, données non publiées) contre une moyenne ne dépassant pas 10 dans la littérature (6 pour Mouquet et al., 2005) va dans le sens de cette hypothèse.

2 Ecologie de *P.alcon* à Alvão

a. Caractérisque du micro-habitat à Alvão et ailleurs

Facteurs écologiques influençant la présence des œufs

Nos résultats montrent que le comportement de ponte du papillon n'est pas aléatoire, et qu'il ne choisit pas seulement les gentianes (sinon la distribution serait identique entre la présence et l'absence d'œufs), mais préférentiellement les unités avec le complexe fourmis-gentianes.

Nous avons donc ici des indices importants concourant au constat que *Phengaris alcon*, ou au moins la majorité des femelles, seraient capables de détecter de présence de fourmis et de disposer les œufs sur les gentianes en fonction de leur présence. On pourrait également supposer qu'elles ne détectent pas directement les fourmis mais une écologie très particulière des zones avec gentianes et fourmis plus favorable au dépôt des œufs; cela reste toutefois peu probable à la vue de nos résultats puisqu'aucun paramètre caractéristique de ces zones n'a été mis en évidence. Ceci est un résultat scientifique très important puisque si la détection des fourmis a été prouvée chez *P.arion* (Dario et al., 2011), *P.teleius* et *P.naisithous* (Wynhoff et al., 2008) mais la question à fait débat pour *P. alcon*.

En effet, Van Dyck et al. (2000) ont montré que la ponte était influencée par la présence des œufs mais Thomas & Elmes (2001) et Nowicki et al. (2005) ont montré le contraire.

La particularité de l'étude de Van Dyck et al. (2000) est qu'elle s'étend sur toute la période de vol et permet de montrer qu'en en début de saison, quand très peu de gentianes ont des œufs, les femelles pondent à proximité des fourmilières puis, pour éviter un trop grand nombre d'œufs sur les plantes et donc une compétition entre les chenilles trop nombreuses sur une même fleur (Thomas et al., 1997), elles s'éloignent des fourmilières. Aussi ici la majorité de l'échantillonnage est fait dans un endroit où le nombre de papillons est très faible par rapport au nombre de gentianes. Les femelles ont le choix et pondent préférentiellement à proximité des fourmilières.

Notre observation a été réalisée dans des unités de 100m² alors que les autres études se sont faites beaucoup plus localement. On montre donc ici que les femelles sont capables de pondre relativement près des fourmilières mais pas forcément à moins de 2 m pour assurer l'adoption des chenilles. Il aurait été intéressant de regarder le résultat pour chaque sous unité mais il aurait fallu remobiliser les volontaires pour cela (difficile à réaliser) et répéter le travail à Libania où la population est très grande.

Aussi, on sait ici que les femelles de *P.alcon* s'approchent d'un nid de *Myrmica* mais pas forcément de la *Myrmica* hôte.

Dans toutes les publications montrant que la fourmi n'est pas un facteur déterminant, la densité de gentianes est, a contrario, un des éléments les plus déterminants pour l'oviposition (Árnyas et al., 2006 ; Nowicki et al., 2005). La taille et le nombre de boutons des gentianes a également été avancé comme un facteur très important (Küer & Fartmann, 2005 ; Árnyas et al., 2006). Si nous ne l'avons pas étudié dans le détail nous avons observé que les gentianes avec œufs dépassent toujours, par leur hauteur, du reste de la végétation. Les papillons semblent donc se diriger vers une zone avec de nombreuses gentianes puis se rapprocher des zones avec fourmis. Le fait que sur les sites étudiés la densité soit très élevée explique certainement le fait que ce paramètre soit ici moins significatif que la présence des fourmis.

Pour la gestion, cela implique qu'il faut s'atteler à favoriser la densité du complexe et pas seulement de l'un ou de l'autre.

Une quantité moyenne de buissons à proximité des fourmis est favorable à la ponte à Lamas de Olo mais pas à Campea. Les buissons à Libania sont des espèces très fleuries au

moment du vol de *Phengaris* (*Erica tetralix, Genista florida*…) et semble attirer les papillons qui viennent s'y nourrir. Matter & Roland (2002), montrent que la présence de fleurs nectarifères est un élément important de la qualité des patchs d'habitats pour les papillons. Aussi, pour la gestion, si l'ouverture du paysage pour empêcher la fermeture de la zone humide est importante, il ne faut pas enlever tous les buissons pour laisser des plantes nectarifères.

Facteurs expliquant la densité des hôtes

Nos paramètres ne sont pas significatifs pour expliquer l'écologie des fourmis. Ce résultat est plutôt en contradiction avec la littérature puisque l'importance de la hauteur de végétation et du relief du sol a été démontré par Elmes, (1982). Cependant, Elmes et al. (1998), ont montré que les espèces de *Myrmica* ont des exigences écologiques différentes voire contradictoires. Par exemple, *Myrmica scabrinodis* préfère les zones de végétation basse et peu dense avec un maximum de microrelief . *Myrmica ruginodis* quant à elle, privilégie les zones embroussaillées avec une végétation de 20 à 40cm.
Aussi, si ces deux espèces sont présentes dans notre échantillonnage, il est normal qu'aucun paramètre ne ressorte. L'hypothèse d'avoir ces deux espèces est probable parce qu'elles ont toutes deux été identifiées à Libania. Il est donc important de refaire une régression avec chaque espèce quand celles-ci auront été identifiées. Si les paramètres ne sont toujours pas significatifs, il faudra envisager d'en étudier d'autres. L'importance de la quantité de litière par exemple revient souvent dans la littérature (WallisDeVries, 2004). Il serait également intéressant d'envisager une autre méthode de calcul de l'humidité du sol, puisque l'indice Ellenberg ne reflète pas forcément la réalité.

La gentiane est une plante qui peut persister très longtemps après la dégradation de son environnement (Oostermeijer et al., 1994). Elle vit donc sur des habitats très divers, ce qui explique l'absence de sens des facteurs étudiés. Le même constat à été fait par Maes et al. (2004).

Seulement deux quadrats présentent un sol nu à Lamas de Olo. Aussi, ce paramètre est surtout significatif à Campea. Or, on note que la zone de sol nu correspond aux zones cultivées dans le passé. Les cultures ont donc certainement eu un impact très néfaste sur la population de gentianes qui a été éliminé et n'a pas réussi à recoloniser le milieu. Les fourmis par contre ont déjà recolonisé une partie de ce territoire dans la zone à proximité de nids peut-être non touchés par les cultures et toujours en place. Mouquet et al. (2005) constatent en effet que la recolonisation du milieu par les fourmis est beaucoup plus rapide et que la colonisation par les plantes peut être très longue. Aussi, dans ce cas, la réintroduction de gentianes pourrait être une bonne solution et s'est avéré efficace dans d'autres cas (Thomas et Elmes, 1992).

b. Evaluation de la qualité des pratiques de gestion

A Alvão, l'agriculture traditionnelle menée sur les landes à *P.alcon* est très similaire aux pratiques passées et favorables à la présence de *P.alcon* des les pré-alpes bavaroises décrites par Braü et al. (2007). celle–ci a permis de conserver jusqu'à aujourd'hui d'importantes communautés de gentianes et de papillons.
L'absence d'action anthropique aboutirait à l'extension d'herbacées monopolistes et d'espèces ligneuses conduisant à la perte de cet habitat et donc du papillon (Rozier, 1999). Ceci reflète l'importance de maintenir ces pratiques agricoles pour éviter la fermeture du paysage et conserver L'azuré des mouillères.

Dans les réserves avec *Phengaris*, les gestions généralement adoptées sont la combinaison de plusieurs pratiques (Guérin & Darinot, 2005):
-le Pâturage extensif, qui permet de créer des hétérogénéités favorisant à la fois la fourmi (touffes d'herbes) et la gentiane (sol nu) (Mouquet et al., 2005). Le pâturage extensif est présent sur tout les patchs étudiés et est donc bien compatible avec la présence de *Phengaris* .
Cependant, il a été montré que le pâturage pendant la période de vol, diminue significativement la quantité d'azuré (WallisDeVries, 2004). Ici les animaux sont présents pendant la période de vol et l'on remarque effectivement qu'a Libania le pâturage, au moment de la période de vol est beaucoup moins important que sur les autres sites et donc effectivement plus favorable.
-la Fauche, qui est favorable pour les plantes et les fourmis hôtes ayant besoin d'un milieu ouvert. Cependant, elle doit être conduite une fois par an maximum et après le mois septembre (Nowicki et al., 2009) ; sinon, en été, elle tue directement les chenilles si les œufs ont déjà été pondus ; si elle intervient avant la ponte, elle diminue le nombre de gentianes et donc augmente la compétition entre les chenilles qui ont moins de nourriture(Johst et al., 2006). Sur les terrains étudiés, aucune fauche estivale n'est réalisée ce qui est très favorable au papillon.
La mise en place d'une fauche tardive une seule fois par an entraine des pertes économiques pour les agriculteurs et des mesures compensatoires doivent être envisagées (Johst *et al.*, 2006). Le problème ne se présente pas sur les champs étudiés puisqu'on n'y récolte pas de foin. Cependant, d'autres sites avec gentianes existent à Alvão mais sont fauchés en été. Si l'on veut envisager la restauration de ses sites et donc la modification des pratiques de gestion, des mesures au profit des agriculteurs devront être mises en place.

La combinaison de la fauche et du pâturage sont des pratiques très favorable à *Myrmica scabrinodis* (G.W. Elmes et al., 1998). Or *Myrmica aloba* a souvent longtemps été considérée comme une sous espèce de *Myrmica scabrinodis* et est donc certainement favorisée par le même type de gestion.

Une pratique très courante sur les sites étudiés est le brûlis hivernal. D'après un modèle de Mouquet et al. (2005), c'est la gestion traditionnelle qui permet le meilleur équilibre entre les deux hôtes. C'est un élément important pour la conservation à long terme de la gentiane. En effet, cette plante pérenne à besoin de sol nu au printemps pour assurer la germination de ses graines. Celles-ci, tout comme la partie végétative de la plante sont résistantes au feu (Oostermeijer et al., 1994). Ceci concorde parfaitement avec nos observations de pousses de gentianes dans les parties brulées.
C'est précisément le brûlis d'hiver localisé et contrôlé qui est recommandé (Chapman et al., 1989), ce qui est actuellement fait à Libania, à Campea et sur une partie de la Step-stone où l'on trouve effectivement des populations denses de gentianes.
Nous avons la certitude qu'à Libania cette pratique est conduite tous les ans et est donc très favorable. Dans ces paysages, le brûlis annuel semble donc particulièrement approprié, d'autant plus qu'il fait encore partie des pratiques courantes

Le pâturage extensif prend souvent place à de trop grandes échelles et doit être accompagné d'autres actions (Mouquet et al., 2005). Une difficulté semble avérée ici puisque de nombreuses zones humides sont colonisées par des ligneux (faute de pâturage suffisamment intensif). Ici, c'est le défrichage manuel, comme mis en place à Libania, qui semble être nécessaire, en complément, pour éviter la fermeture du paysage.

A Campea, on note que l'ancien emplacement des cultures correspond à la zone sans gentianes. Ceci illustre comme l'a montré Mouquet *et al.* (2005) que le labour des champs est très néfaste pour M. alcon et ses plantes et fourmis hôtes.

IV. Propositions pour la conservation de ces populations

En concordance avec la littérature, la gestion traditionnelle par combinaison de pâturage et de fauche tardive mise en place dans les zones humides du parc est globalement adaptée au maintien de l'habitat de *Phengaris alcon*. Cependant, de petites modifications, principalement sur les champs où les populations sont faibles, sont à envisager pour renforcer et conserver à long terme ces populations puisqu'il est rare qu'une gestion traditionnelle non spécifique optimise le papillon (Maes et al., 2004).
Ces propositions sont résumées dans l'annexe 8.

Avant l'initiation d'une quelconque action, il est indispensable de rencontrer tous les propriétaires concernés ainsi que les présidents des associations des terrains communautaires. Ceci doit permettre de

- Parler du projet et des éventuelles interventions sur les terrains afin de s'assurer qu'elles ne sont pas en contradiction avec les besoins locaux
- Identifier l'historique des pratiques agricoles, en particulier en hiver
- Proposer de l'aide au maintien des gestions actuelles (pour ne pas que des tracteurs viennent remplacer les brûlis par exemple)

1 Gestion à long terme

a. Recommandations générales

La mesure la plus importante, est de **maintenir les pratiques agricoles**, qui par chance ici sont restées traditionnelles et ont permis le maintien de l'azuré des mouillères depuis des générations. Il s'agit **de pâturage extensif combiné à un nettoyage hivernal**. Le pâturage est indispensable pour créer une végétation hétérogène et le nettoyage pour créer du sol nu pour la gentiane et garder un stade de végétation peu avancé favorable à la fourmi hôte (voir parties précédentes).
A **Libania**, il est souhaitable de **garder la même gestion** puisqu'elle est en place depuis longtemps et que la population de papillons est très importante. Aussi, il est indispensable d'aider la gestionnaire à les maintenir. Celle-ci a évoqué lors des entretiens sa crainte lors des brûlis (peur que le feu s'étende) et son intention de faire venir un tracteur pour faucher le terrain. Elle est cependant d'accord pour ne pas faire venir d'engin dans la mesure où elle peut être aidée pour réaliser le brûlis. Le personnel de la mairie et une équipe de l'université devraient pouvoir remplir ce rôle.
Sur les autres sites, la gestion ne semble pas aussi favorable. La première étape est donc de s'assurer de la présence de bétail dans l'année et d'un nettoyage hivernal. Dans les réserves naturelles avec l'azurée, la fauche est souvent la mesure la plus souvent appliquée. Cependant une fauche mécanique risque d'éliminer les microreliefs du sol, indispensable pour la présence de fourmis hôte, et la fauche manuelle demande beaucoup de temps et d'hommes surtout sur des grandes surfaces, ce que n'ont pas forcément les services de la mairie. De plus, la fauche telle qu'elle est conduite à Moinho ne semble pas très favorable, dans ce cas, au développement de grandes populations de papillons.
Dans ce cas particulier, le **brûlis** est donc peut être plus recommandable et simple à mettre en œuvre, surtout qu'une équipe spécialisé est présente à l'université. La période du brûlis est très importante et celui-ci doit être réalisé hiver (janvier ici d'après les informations recueillies auprès des exploitants) **quand la terre est gelée**, pour que seule la partie superficielle des plantes soit éliminée.
Sur les grandes surfaces (Campea et Campo de bola), on peut n'envisager qu'un brulis partiel, permettant de maintenir des plantes nectarifères et faire chaque année des rotations de

brûlis. On peut éventuellement envisager des zones de test de fauches, mais celles-ci doivent être faites sur des surfaces suffisantes et durant plusieurs années pour pouvoir évaluer les résultats (voir partie suivante).

Le pâturage au moment de la période de vol est un facteur déterminant pour la taille des populations. Etant donné que ces parcelles sont principalement utilisées pour le pâturage estival, l'exclusion totale du bétail à cette époque serait compliquée à gérer pour les agriculteurs. Aussi, mettre en place des **exclos entre mi-juin et fin septembre autour des zones à forte densité de gentianes** sur les sites où les populations sont faibles (Nowicki et al., 2007) semble une solution mieux adaptée à la situation.
Cette tâche pourra être effectuée par les services de la mairie.
Comme seules de petites parties du champ sont inaccessibles, il n'y a pas de perte pour les agriculteurs. Cette mesure est relativement simple à mettre en œuvre et peu couteuse.
La position des exclos devra être définie en fonction des zones à forte densité de gentianes identifiée l'année précédente (voir IV.2.).
Ces exclos doivent être retirés après la période de vol pour permettre le pâturage de ses zones pendant le reste de l'année.

La fermeture du paysage est ici une menace à la fois pour la qualité locale et pour la dynamique de métapopulation (voir III.1).
Le **défrichage** des zones pour maintenir un paysage ouvert est donc une mesure importante à mettre en place. Elle est déjà effectuée depuis 10 ans à Libania et y a montré son efficacité.
Celui-ci consiste en une coupe printanière des ronces, fougères et arbustes (ajoncs, jeunes saules et bouleaux) envahissants qui colonisent la parcelle.
Attention cependant : il ne s'agit pas d'enlever absolument tout les buissons, puisque certains (en particulier les ajoncs) sont nectarifères et donc importants pour la qualité locale d'habitat.
On pourra envisager un défrichage en mosaïque avec certaines zones coupées tous les deux ou trois ans et certaines non coupées.
En fonction des résultats et de la quantité de buissons présente, le défrichage pourrait être envisagé de manière rotationnelle, permettant ainsi de ne pas travailler sur toutes les zones chaque année et de diminuer ainsi la charge de travail.
La mairie étant coutumière de l'organisation de journées de volontariat, ces travaux de défrichage peuvent tout à fait rentrer dans ce cadre. De même, les travaux du groupe de volontaires du parc venant chaque année pourront être étendus aux autres parcelles.
En complément, on peut envisager de réaliser ce travail avec des groupes scolaires, permettant par la même occasion une sensibilisation à l'environnement.

L'objectif final de la conservation doit être d'atteindre une **dynamique de métapopulation**. Il faut pour cela permettre la communication entre les patchs en maintenant le milieu ouvert et en cherchant de nouveaux patchs à relier.
Aussi, dès l'été 2013, il faudra s'attacher à la rechercher de nouveaux sites avec gentianes et/ou papillons aux alentours de ceux déjà connues. Il ne faut pas se focaliser que sur des patchs ou le papillon est présent (même si la sauvegarde de ces sites là est prioritaire) mais aussi trouver des sites à restaurer, pas trop loin du réseau (avec gentianes ou ayant accueillit *P.alcon* dans le passé). Ils permettront d'assurer des nouveaux sites de replis en cas de besoin et si leur qualité et leurs connexions avec le reste du réseau sont bonnes, ils seront recolonisés naturellement. Ces sites n'ont pas besoin d'être très grands, mais peuvent être très importants pour la dynamique spatiale (comme Ponte romana).

b. Recommandations spécifiques pour les sites étudiés

En plus de l'application des mesures de gestions générales que l'on vient d'évoquer, certaines actions ponctuelles doivent être menées pour restaurer les patchs étudiés dégradés.

Notre travail a permis de mettre en évidence certains indicateurs de qualité. Cependant, ceux-ci devront être précisés grâce à des études ultérieures. Aussi une zone doit faire l'objet d'une attention particulière si (voir annexe 9 pour les détails) :

- Très peu de gentianes sont présentes ;
- Plus de 50% de la surface de la zone humide est recouverte par des buissons ;
- La hauteur d'herbe est supérieure à 50cm ;
- De mauvaises pratiques de gestion y sont conduites (ou l'absence de gestion) ;
- Très peu de fourmis hôtes sont présentes ;
- Les conditions semblent bonnes mais la quantité de papillons reste petite ;
- La population est isolée ;

Lamas de olo

Un effort important de débroussaillage doit être fait à Step-stone, site très colonisé par les bouleaux, ainsi qu'à Moinho.

Nous avons vu précédemment le rôle important de la zone Ponte romana découverte cette année mais aussi sa dégradation. Sa restauration doit être une priorité pour le maintien de bonnes connexions au sein de la métapopulation. La première étape doit être la réouverture de la zone (défrichage). Il s'agira ensuite d'augmenter la quantité de gentianes qui est très faible. La réintroduction de plantes peut être une bonne solution vu l'urgence de la situation. Ensuite, il faudra évaluer la proportion de fourmis hôtes sur le site et si elle est faible, envisager des mesures de microgestion pour augmenter leur densité.

Les mesures de gestion générales (Pâturage-nettoyage-exclos en été) doivent également y être appliquées.

Enfin, une discussion avec le président de la coopérative Lamas de Olo et le parc naturel doit être entreprise pour la suppression d'au moins une partie des arbres plantés cet hiver sur Campo de bola. En effet, le développement de ces arbres bloquera la circulation en direction des patchs suivants et affaiblira la métapopulation. Aussi, il ne doit pas s'agir de créer un mince couloir mais de garder un très large passage pour que les azurés puissent aller jusqu'aux patchs suivants.

La suppression totale de ces jeunes arbres serait cependant souhaitable puisque cette espèce (*Betula celtiberica*) est très friande en eau et risque d'assécher la zone humide, ce qui conduira à la perte d'habitat de l'Azurée.

Campea

La première chose à proscrire ici est la mise en culture.

Ensuite, il est important de contrôler la colonisation par les jeunes arbustes, qui risque d'envahir la zone si aucune action n'est menée.

Pour augmenter le complexe fourmis-gentiane et donc la population de papillon, une action de réintroduction de gentianes dans la zone avec fourmis mais sans gentiane est à envisager.

Par la suite, il serait souhaitable d'étendre la population de fourmis vers les zones avec gentianes. Pour cela, il faudra acquérir plus d'informations sur les exigences des fourmis.

Après la restauration de la qualité locale, la conservation sur ce site devra impérativement changer d'échelle pour envisager une dynamique de métapopulation. Il faudra se concentrer sur l'identification (et éventuellement la restauration) de nouvelles zones d'habitat favorable pour *P.alcon* et ses hôtes (mais pas forcément déjà occupées par le papillon) dans un rayon

maximum de 2km (Maes et Al 2004). Après s'être assuré de la qualité et de la viabilité de ses patchs, on envisagera leur connexion avec la population étudiée cette année.

2 Suivi des actions et amélioration du plan de gestion

Il est indispensable de suivre l'évolution des populations du papillon et ses hôtes après la mise en place des mesures de conservation pour pouvoir réadapter la gestion au fur et à mesure et trouver la gestion idéale pour l'équilibre entre les trois populations.
Cette année, des tests de gestion ont été entamés par l'association Quercus sur un autre site portugais où *P.alcon* est présent (Montemuro). Rentrer en contact avec eux pour connaitre les résultats de ces tests et leur faire part des futurs résultats à Alvão serait très intéressant pour la conservation de *Phengaris alcon* au Portugal.

L'efficacité de ses actions pourra être suivie en appliquant la méthode « simple » utilisée ici à lamas de Olo.

-en comparant d'année en année la surface de la zone humide. Celle-ci doit être mesurée en délimitant les contours avec un GPS d'un mètre de précision.

-en évaluant la population de gentianes en délimitant leur surface au GPS avec un mètre de précision et en calculant leur densité comme cela a été fait cette année. Il sera préférable d'effectuer ce travail fin août quand les gentianes sont en fleur et donc bien visibles.

-en estimant les populations de papillons soit par comptage des œufs sur les gentianes à la fin de la période de vol (fin août), soit par un protocole de transects (voir Rozier, 1999). Ces techniques sont un peu moins précises mais beaucoup plus commode que le capture-marquage recapture.

La bonne recolonisation des sites pourra être suivie par la présence d'œufs sur les gentianes (Dupont, 2010).

Si l'on constate une inefficacité des mesures prises (pas d'augmentation, ou diminution de la taille des populations de papillon) il faudra identifier les paramètres à l'origine du déclin et réadapter la gestion.

Au delà du suivi, il est important d'avoir plus de détails sur les autres populations du Portugal.
Aussi, si l'on veut seulement avoir une idée globale de la situation et pouvoir en faire le suivi rapidement chaque année, on pourra utiliser la méthode « simple » (voir ci dessus).
En revanche, si l'on veut réellement conserver ou restaurer des populations en faisant de la microgestion, il est indispensable d'en savoir plus en particulier sur l'état des deux hôtes, en les cartographiant (comme à Campea). Les petits sites devront être échantillonnés entièrement et les plus gros de manière systématique (Elmes et Thomas, 2001).

La poursuite de ce travail doit consister à analyser les différentes espèces de Myrmica présentes dès la réponse d'Andras Tartally pour :

-Réévaluer la proportion de gentianes suffisamment proche des fourmilières hôtes (et donc la qualité)

-Avoir plus d'informations sur les exigences écologiques de *Myrmica aloba*

-Si certains sites s'avèrent alors pauvres en fourmis hôtes, les données sur l'écologie devront être utilisées pour mettre en place des programmes de microgestion.

L'étude des fourmis s'avère assez longue en particulier concernant leur identification. Cependant, c'est un facteur indispensable pour connaitre l'état de la situation, d'autant plus au Portugal où les populations de gentianes semblent importantes (donc moins souvent limitantes pour le papillon). Aussi, si l'on veut réellement entamer un programme de conservation de *Phengaris alcon*, il est indispensable de former une ou plusieurs personnes à l'identification des espèces de *Myrmica*.

Conclusion

Le Portugal est un pays riche d'une grande diversité biologique.
Phengaris alcon et ses hôtes en sont des représentants particuliers du fait de leur relations et de leur exigence en matière d'habitat que seules des pratiques agricoles traditionnelles ont permis de maintenir.

Aujourd'hui cependant, l'abandon de l'agriculture dans les zones de montagnes du nord tend à entrainer une fragmentation de l'habitat de ce papillon. Aussi, il est temps de se préoccuper de sa conservation, avant une dégradation de son habitat et un déclin trop important des populations.

Ce stage, visant à participer à l'amélioration des connaissances sur *P.alcon* au Portugal a permis d'élaborer des conseils de gestion pour la conservation des populations du parc d'Alvão. Ces résultats ont été présentés à la mairie de Vila Real qui s'est engagée à les mettre en œuvre à partir de l'hiver prochain.

Au-delà, les difficultés du parc d'Alvão et les risques écologiques en découlant sont représentatifs d'une situation souvent rencontrée dans le pays avec les conséquences que l'on a vues pour les populations portugaises de *P.alcon*. Aussi, les mesures générales de gestion et la méthodologie pourront être appliquées ailleurs au Portugal. Pour cela, les résultats seront utiles à l'association Quercus, chargée de la gestion d'une autre métapopulation.

La seconde menace pour *P.alcon* au Portugal, est sans aucun doute le manque de connaissances. Ce travail de 6 mois ne donne qu'un petit aperçu de la situation et il est indispensable de continuer les recherches pour améliorer l'ébauche du plan de conservation présenté ici.

Les fourmis hôtes du papillon au Portugal, *Myrmica aloba*, élément très important dans le cycle sont peu connues et leur conservation demande plus de connaissances sur leur habitat. Les captures faites cette année apporteront certainement des indications nouvelles quand les espèces auront été identifiées par Andras Tartally.

En outre, il reste encore certainement beaucoup de populations à découvrir. La mise au point d'un modèle mathématique, actuellement en préparation (TAGIS), permettant de prévoir la répartition des espèces dans tout le Portugal, permettra d'orienter et faciliter les recherches sur le terrain.

Quoi qu'il en soit, tout ceci ne pourra se réaliser sans dialogues et coopérations entre tous les acteurs qui travaillent sur le sujet mais aussi et plus particulièrement avec les agriculteurs puisque que c'est grâce à eux, ne l'oublions pas, que *P.alcon* est encore présent aujourd'hui ; son avenir doit donc être envisagé avec eux.

Bibliographie

Akçakaya, H. R., Burgman, M., & Ginzgurg, L. (1999). *Applied Population Ecology* (Applied Bi.). Retrieved from http://www.ramas.com/pva.htm

Arnaldo, P., Wynhoff, I., Soares, P., Conceição Rodrigues, M., Aranha, J., Csosz, S., Ernestino, M., et al. (2011). Maculinea alcon exploits Myrmica aloba in Portugal: unusual host and species of a myrmecophilous butterfly in a peripheral region. *Journal of Insect Conservation*, (15), 465–467.

Baguette, M., Mennechez, G., Petit, S., & Schtickzelle, N. (2003). Effect of habitat fragmentation on dispersal in the butterfly Proclossiana eunomia. *C. R. Biologies*, (326), 200–209.

Blandin, P., Couvet, D., Lamotte, M., & Sacchi, C. F. (2009). Ecologie. *Encyclopedia Universalis*. Retrieved from http://www.universalis.fr/encyclopedie/ecologie/

Braü, M., Nunner, A., Gros, P., Stettemer, C., & Settele, J. (2007). Research for the Alcon Blue. *ANL Partner of Nature*, 2.

Chapman, S. B., Rose, R. J., & Clarke, R. T. (1989). The behaviour of populations of the marsh gentian (Gentiana pneumonanthe): a modelling approach. *Journal of applied ecology*, (26), 1059–1072.

Dario, P., Francesca, B., Valentina, L. M., Luca P., C., Magdalena, W., Emilio, B., & Simona, B. (2011). To lay or not to lay: oviposition of Maculinea arion in relation to Myrmica ants presence and host plant phenology. *Animal Behaviour*, *4*(80), 791–799.

Dupont, P. (2010). P LAN N ATIONAL D ’ A CTIONS (PNA) en faveur des Maculinea.

Elmes, G W. (1982a). THE PHENOLOGY OF FIVE SPECIES OF MYRMICA (HYM . FORMICIDAE). *Insectes Sociaux*, *29*(4), 548–560.

Elmes, G.W., & Thomas, J. A. (1992). Complexity of species conservation in managed habitats: interaction between Maculinea butterflies and their ant hosts. *Biodiversity and conservation*, *1*, 155–169.

Elmes, G.W., Thomas, J. A., Wardlaw, J. C., Hochberg, M. E., Clarke, R. T., & Simcox, D. J. (1998). The ecology of Myrmica ants in relation to the conservation of Maculinea butterflies. *Journal of Insect Conservation*, (2), 67–78.

Fiedler, K. (1991). European and North West African Lycaenidae (Lepidoptera) and their associations with ants. *Journal of Research on the Lepidoptera*, *4*(28), 239–257.

Fiedler, K. (1998). Lycaenid – ant interactions of the Maculinea type : tracing their historical roots in a comparative framework, (2), 3–14.

Forgeot, D. (2007). *Densité des nids et activité des fourmis hôtes de Maculinea alcon D.& S., 1775 sur la Lande du Camp influence de l’habitat et du mode de gestion* (p. 51). Université Paul Verlaine Metz.

Fric, Z., Kudrna, O., Pech, P., Wiemers, M., & Zravy, J. (2010). Comment on the proposed precedence of Maculinea van Eecke, 1915 over Phengaris Doherty, 1891 (Lepidoptera, LYCAENIDAE). *Bulletin of Zoological Nomenclature*, *67*(4), 315–318.

Haddad, N. N., & Tewksbury, J. J. (2005). Low-quality habitat corridors as movement conduits for two butterfly species. *Ecological applications*, *15*(1), 250–257.

Johst, K., Drechsler, M., Thomas, J., & Settele, J. (2006). Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *Journal of applied ecology*, (43), 333–342.

Julve, P. (1998). Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. *Version : 31 décembre 2002. http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm*.

Krauss, J., Schmitt, T., Seitz, A., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2004). Effects of habitat fragmentation on the genetic structure of the monophagous butterfly Polyommatus coridon along its northern range margin. *Molecular ecology*, (13), 311–320.

Küer, A., & Fartmann, T. (2005). Prominent shoots are preferred: microhabitat preferences of Maculinea alcon ([Denis & Schiffermüller], 1775) in Northern Germany (Lycaenidae). *Nota Lepid.*, *4*(27), 309–319.

Maes, D., Vanreusel, W., Talloen, W., & Dyck, H. V. (2004). Functional conservation units for the endangered Alcon Blue butterfly Maculinea alcon in Belgium (Lepidoptera: Lycaenidae). *Biological Conservation*, (120), 229–241. doi:10.1016/j.biocon.2004.02.018

Matter, S. F., & Roland, J. (2002). An experimental examination of the effects of habitat quality on the dispersal and local abundance of the butterfly Parnassius smintheus. *Ecological Economics*, *27*(3), 308–316.

Mercier, J. L., Lenoir, A., C., E., Fresquet, N., & Morizet, Y. (2004). *Impact du projet de construction du périphérique Nord- ouest de Tours sur la population de Maculinea arion (Lepidoptera , Lycaenidae) dans la vallée de la Choisille : abondance de la fourmi hôte , Myrmica sabuleti (Hymenoptera , Formicidae) Programme* (p. 28). Tours.

Mouquet, N., Belrose, V., Thomas, J. A., Elmes, G. W., Clarke, R. T., & Hochberg, M. (2005). Conserving community modules : a case study of endangered Lycaenid butterfly Maculinea alcon. *Ecology*, *86*(12), 3160–3173.

Mousson, L., Nève, G., & Baguette, M. (1999). Metapopulation structure and conservation of the cranberry fritillary Boloria aquilonaris (lepidoptera, nymphalidae) in Belgium. *Biological Conservation*, *87*(3), 285–293. doi:10.1016/S0006-3207(98)00081-0

Nowicki, P., Bonelli, S., Barbero, F., & Balletto, E. (2009). Relative importance of density-dependent regulation and environmental stochasticity for butterfly population dynamics. *Oecologia*, *161*(2), 227–39. doi:10.1007/s00442-009-1373-2

Nowicki, P., Pepkowska, A., Kudlek, J., Skórka, P., Witek, M., Settele, J., & Woyciechowski, M. (2007). From metapopulation theory to conservation recommendations: Lessons from spatial occurrence and abundance patterns of Maculinea butterflies. *Biological Conservation*, *140*(1-2), 119–129. doi:10.1016/j.biocon.2007.08.001

Nowicki, P., Witek, M., Skórka, P., & Woyciechowski, M. (2005). OVIPOSITION PATTERNS IN THE MYRMECOPHILOUS BUTTERFLY MACULINEA ALCON DENIS & SCHIFFERMÜLLER (LEPIDOPTERA : LYCAENIDAE) IN RELATION TO CHARACTERISTICS OF FOODPLANTS AND PRESENCE OF ANT HOSTS. *Polish journal of ecology*, *3*(53), 409–417.

Oostermeijer, J. G. B., Van't Veet, R., & Den Nijs, J. C. M. (1994). Population structure of the rare, long-lived perennial Gentiana pneumonanthe in relation to vegetatio and management in the Netherlands. *Journal for Nature Conservation*, (31), 428–438.

Rodrigues, M. C., Soares, P., Aranha, J., Seixas, P., Douro, A., & Real, V. (2010). Characterization of a Maculinea alcon population in the Alvão Natural Park (Portugal) by a mark-recapture method, 404–408.

Rozier, Y. (1999b). *Contribution à l'étude de la Biologie de la Conservation de Maculinea sp. (LEPIDOPTERA : LYCAENIDAE) dans les zones humides de la vallée du Haut-Rhône.* Université Claude Bernard-Lyon1. Retrieved from http://www.insectes-france.com/telechargement/download/these_rozier.pdf

Sawchik, J., Dufrêne, M., Lebrun, P., Schtickzelle, N., & Baguette, M. (2002). Metapopulation dynamics of the bog fritillary butterfly: modelling the effect of habitat fragmentation. *Acta Oecologica*, (23), 287–296.

Soares, P. (2009). *Maculinea alcon (Denis & Schiffermüller): bioecologia e relação com o habitat* (p. 82). Vila Real.

Soulé, M. E. (1985). What is conservation biology ? *BioScience*, (35), 727–734.

Thomas, J. A., & Elmes, G. W. (2001). Food-plant niche selection rater than the presence of ant nests explains oviposition patters in the myrmecophilous butterfly genus Maculinea. *The royal society*, (268), 471–477.

Van Dyck, H., Oostermeijer, B. J. G., Talloen, W., Feenstra, V., van der Hidde, A., & Wynhoff, I. (2000). Does the presence of ant nests matter for oviposition to a specilized myrmecophilous Maculinea butterfly ? *The royal society*, *267*(1446), 861–866.

Vandewoestijne, S., Martin, T., Liégeois, S., & Baguette, M. (2004). Dispersal, landscape occupancy and population structure in the butterfly Melanargia galathea. *Basic and Applied Ecology*, *5*(6), 581–591. doi:10.1016/j.baae.2004.07.004

WallisDeVries, M. F. (2004). A Quantitative conservation approach for the endangered butterfly Maculinea alcon. *Conservation Biology*, *18*(2), 489–499.

Wynhoff, I., Grutters, M., & van Langevelde, F. (2008). Looking for the ants: selection of oviposition sites by two myrmecophilous butterfl y species. *Animal biology*, (58), 371–388.

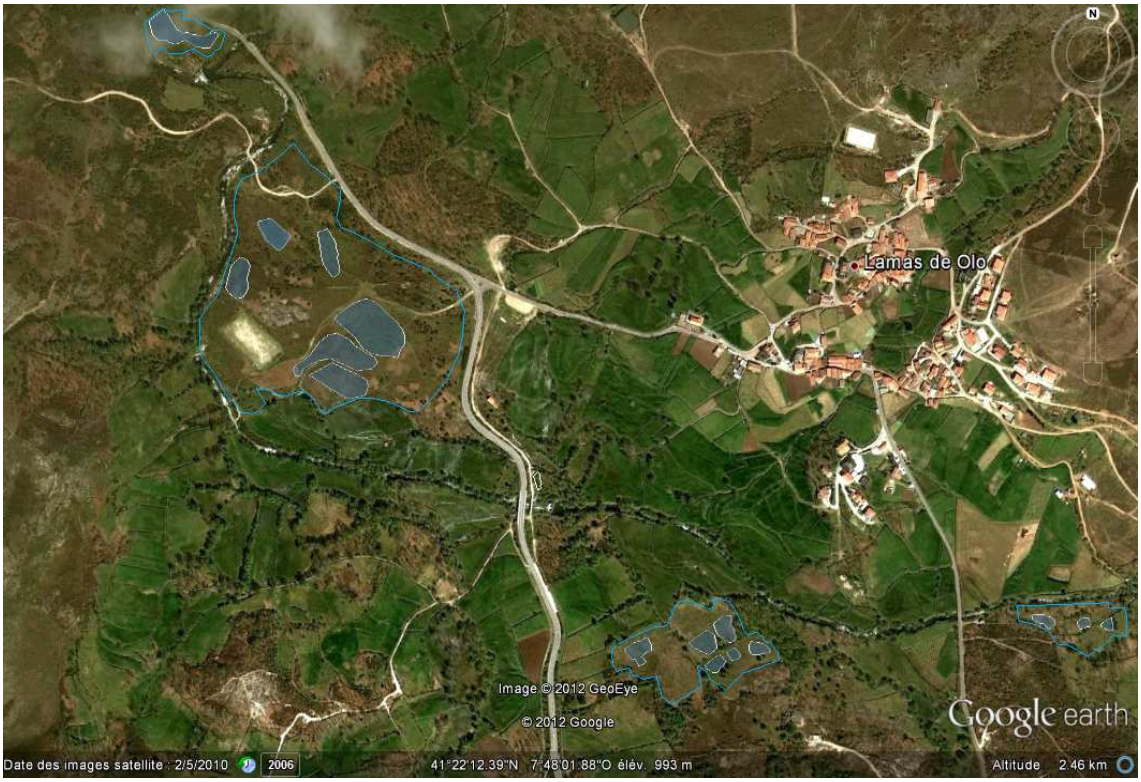
Wynhoff, I., van der made, J., & Oostermeijer, G. (1998). Why Maculinea special issue ? *Journal of Insect Conservation*, (2), 1.

van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., et al. (2010). *European Red List of Butterflies* (p. 60).

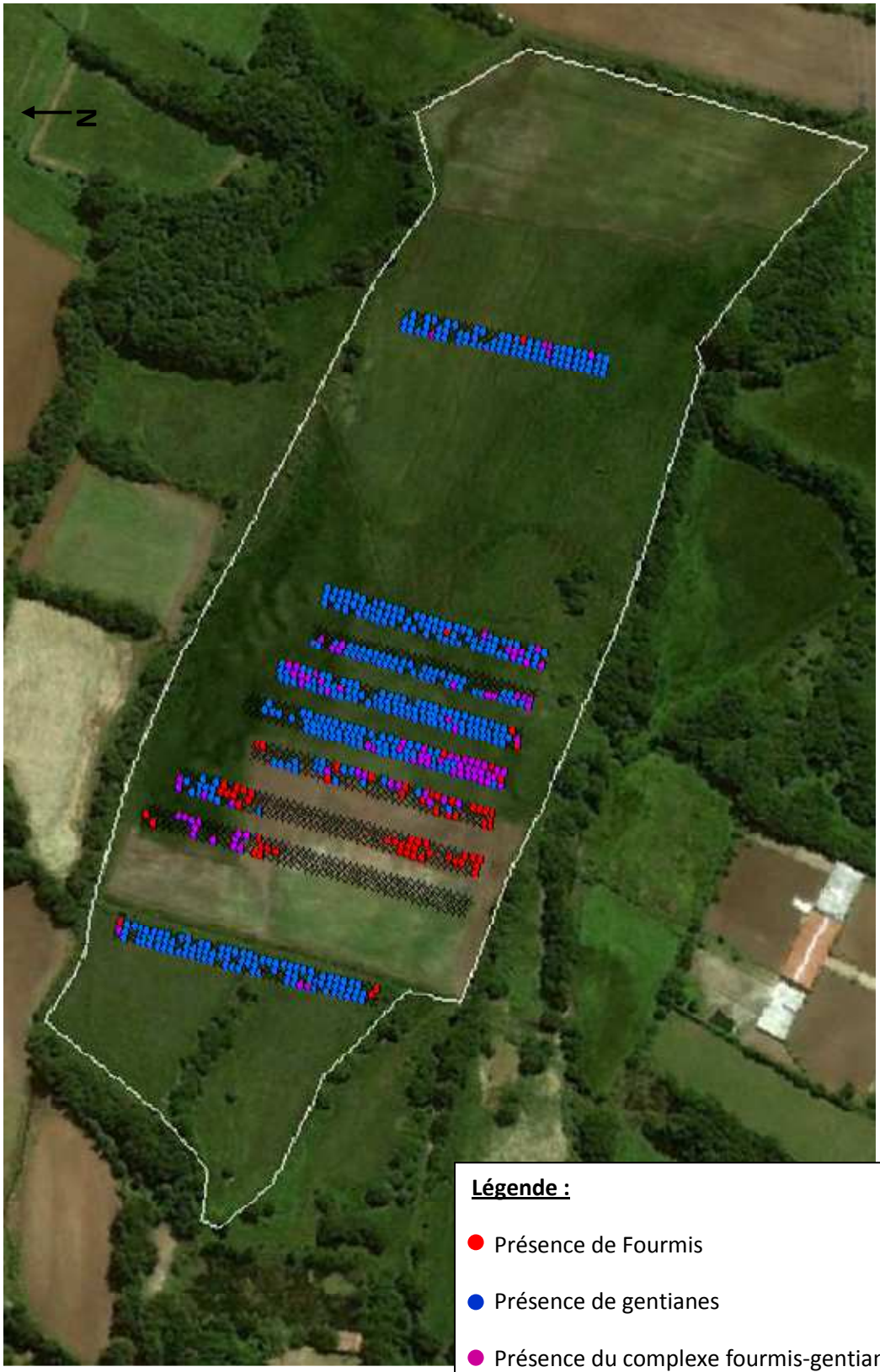
Árnyas, E. R., Bereczki, J. U., Tóth, A. N., Pecsenye, K. A., & Varga, Z. O. (2006). Egg-laying preferences of the xerophilous ecotype of Maculinea alcon (Lepidoptera : Lycaenidae) in the Aggtelek National Park. *Eur. J. Entomol.*, (103), 587–595.

ANNEXE

ANNEXE 1 : Zone de gentianes sur les sites de Lamas de Olo



ANNEXE 2 : Echantillonnage des gentianes et Myrmica à Campea



Légende :

- Présence de Fourmis
- Présence de gentianes
- Présence du complexe fourmis-gentianes
- X Absence de fourmis et gentianes

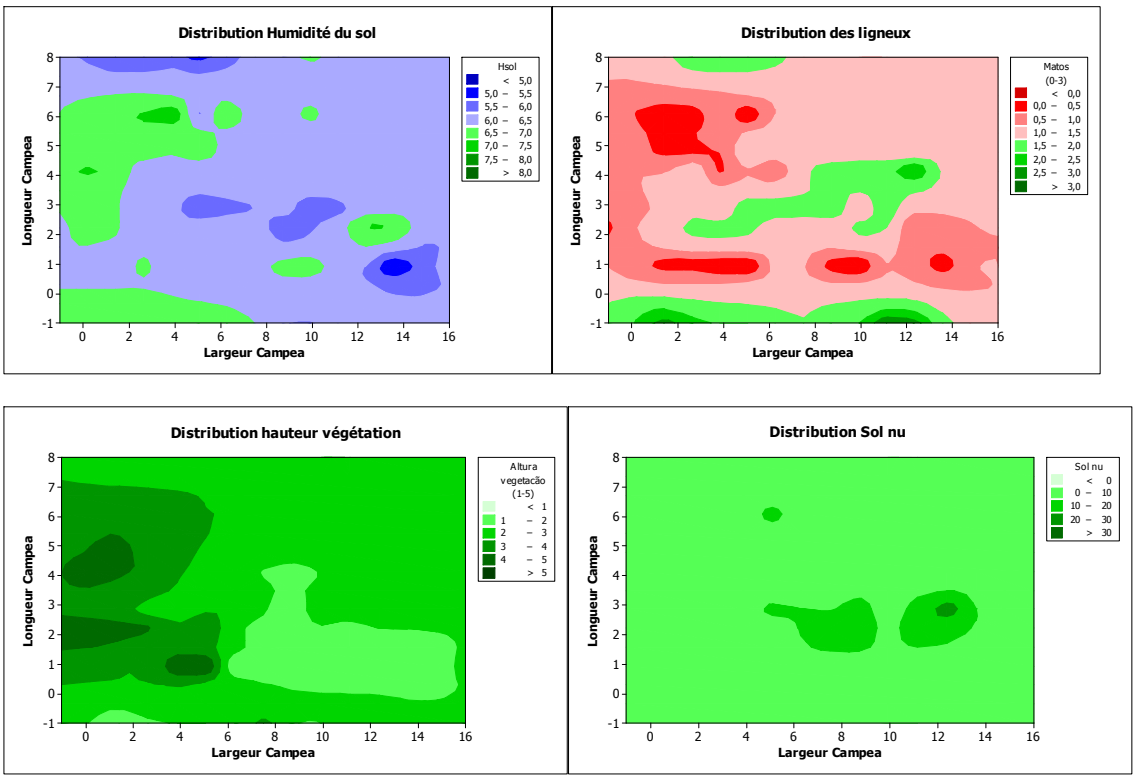
ANNEXE 3 : Questionnaires posés aux agriculteurs lors des entretiens

Dados pessoais	**Nome**
	Contato telefónico
	Contato e-mail
	Data de Nascimento
Gestão das parcelas	Parcela
	Tipo de parcela
	Dimensao
Gestão das parcelas	
Gado	**Bovinos (raça)**
	Meses de pastoreiro
	frequencia
	Tempo de permanancia
	Equinos
	Meses de pastoreiro
	frequencia
	Tempo de permanancia
	Ovinos
	Meses de pastoreiro
	frequencia
	Tempo de permanancia
	Caprinos
	Meses de pastoreiro
	frequencia
	Tempo de permanancia
Gestao	**Rega**

	Epoca
	frequencia
	Queimadura
	Epoca
	frequencia
	maneira
	Canais de drenagem
	desde cuando
	Ceifa
	Epoca
	frequencia
	maneira
	Tratamento/remoçao de solo
	epoca
	frequencia
Histórico	**Culturas no passado**
	que typo
	quando
	Desde cuando a gestao e egal

ANNEXE 4 : Fermeture du paysage entre 2006 et 2010 à Lamas de Olo entre Libania et Campo de Bola

ANNEXE 5 : Interpolation de l'échantillonnage à Campea



ANNEXE 6 : Fermeture du paysage à Campea entre 2002 et 2010

ANNEXE 7 : Sortie Minitab des traitements statistiques

Regression logistuqye (Campea e Libania n=120) toutes variables

Variable	Value	Count	
Œufs (P/A)	1	27	(Event)
	0	93	
	Total	120	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI Lower	Upper
Constant	-4,60860	1,61297	-2,86	0,004			
Fourmis+gentianes	0,796298	0,415283	1,92	0,055	2,22	0,98	5,00
Sol nu	0,0539867	0,0554322	0,97	0,330	1,06	0,95	1,18
Altura vegetacão (1-5)	0,153314	0,319358	0,48	0,631	1,17	0,62	2,18
Matos (0-3)	0,532773	0,367304	1,45	0,147	1,70	0,83	3,50
Relief sol	-0,670386	0,681457	-0,98	0,325	0,51	0,13	1,95
Fourmis	-0,210183	0,341061	-0,62	0,538	0,81	0,42	1,58
Gentianes	0,213724	0,136524	1,57	0,117	1,24	0,95	1,62

Regression logistique (Campea + Libania) 2 variables: Matos et GF

Binary Logistic Regression: Œufs (P/A) versus Fourmis+gent; Matos (0-3); ...

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Œufs (P/A)	1	27	(Event)
	0	93	
	Total	120	

Response Information

Variable	Value	Count	
Œufs (P/A)	1	27	(Event)
	0	93	
	Total	120	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI Lower	95% CI Upper
Constant	-3,33819	0,633871	-5,27	0,000			
Fourmis+gentianes	0,663574	0,146163	4,54	0,000	1,94	1,46	2,59
Matos (0-3)	0,677133	0,314903	2,15	0,032	1,97	1,06	3,65

Log-Likelihood = -44,362

Test that all slopes are zero: G = 39,236, DF = 2, P-Value = 0,000

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	29,0526	22	0,143
Deviance	25,3764	22	0,279
Hosmer-Lemeshow	10,8066	6	0,095

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

	Group								
Value	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1									
Obs	1	3	0	2	3	3	11	4	27
Exp	0,4	2,0	1,4	2,7	3,0	4,5	8,2	4,8	
0									
Obs	11	28	12	20	11	9	1	1	93
Exp	11,6	29,0	10,6	19,3	11,0	7,5	3,8	0,2	
Total	12	31	12	22	14	12	12	5	120

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	1995	79,5	Somers' D	0,65
Discordant	363	14,5	Goodman-Kruskal Gamma	0,69
Ties	153	6,1	Kendall's Tau-a	0,23
Total	2511	100,0		

Regression logistuqye (Campeã)

Response Information

Variable	Value	Count	
Œufs (P/A)	1	13	(Event)
	0	90	
	Total	103	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI Lower	95% CI Upper

Constant	-2,50021	0,399838	-6,25	0,000			
Fourmis+gentianes	0,439522	0,153096	2,87	0,004	1,55	1,15	2,10

Log-Likelihood = -34,703

Test that all slopes are zero: G = 8,695, DF = 1, P-Value = 0,003

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	4,35263	6	0,629
Deviance	6,67307	6	0,352
Hosmer-Lemeshow	2,12972	3	0,546

Regressão logistica Campeã mais Libania

The regression equation is

Œufs (P/A) = 0,0662 + 0,631 Fourmis+gentianes

Variable	Value	Count	
Œufs (P/A)	1	27	(Event)
	0	93	
	Total	120	

Logistic Regression Table

					Odds	95% CI	
Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Ratio	Lower	Upper
Constant	-2,36996	0,366387	-6,47	0,000			
Fourmis+gentianes	0,631300	0,133781	4,72	0,000	1,88	1,45	2,44

Log-Likelihood = -46,838

Test that all slopes are zero: G = 34,283, DF = 1, P-Value = 0,000

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	4,69045	8	0,790
Deviance	6,78845	8	0,560
Hosmer-Lemeshow	3,78908	3	0,285

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

	Group					
Value	1	2	3	4	5	Total
1						
Obs	6	0	2	4	1	13
Exp	5,2	1,5	1,7	3,9	0,8	
0						
Obs	62	13	8	7	0	90
Exp	62,8	11,5	8,3	7,1	0,2	
Total	68	13	10	11	1	103

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	582	49,7	Somers' D	0,33
Discordant	193	16,5	Goodman-Kruskal Gamma	0,50
Ties	395	33,8	Kendall's Tau-a	0,07
Total	1170	100,0		

Regression Analysis: Fourmis+gent versus Sol nu; Altura veget; ...

```
The regression equation is
Fourmis+gentianes = 3,88 - 0,0623 Sol nu + 0,344 Altura vegetacão (1-5)
                    + 0,147 Matos (0-3) - 0,273 Relief sol - 0,526 Hsol
```

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,877	2,129	1,82	0,071
Sol nu	-0,06233	0,02746	-2,27	0,025
Altura vegetacão (1-5)	0,3438	0,1941	1,77	0,079
Matos (0-3)	0,1469	0,2375	0,62	0,537
Relief sol	-0,2733	0,2830	-0,97	0,336
Hsol	-0,5263	0,3396	-1,55	0,124

S = 2,11562 R-Sq = 9,9% R-Sq(adj) = 5,9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	55,878	11,176	2,50	0,035
Residual Error	114	510,247	4,476		
Total	119	566,125			

Regression Multipla!

Fourmis+gent versus Sol nu; Altura veget; ...

The regression equation is

Fourmis+gentianes = 3,51 - 0,0629 Sol nu + 0,347 Altura vegetacão (1-5)

+ 0,175 Matos (0-3) - 0,286 Relief sol - 0,471 Hsol

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,877	2,129	1,82	0,071
Sol nu	-0,06233	0,02746	-2,27	0,025
Altura vegetacão (1-5)	0,3438	0,1941	1,77	0,079
Matos (0-3)	0,1469	0,2375	0,62	0,537
Relief sol	-0,2733	0,2830	-0,97	0,336
Hsol	-0,5263	0,3396	-1,55	0,124

S = 2,11562 R-Sq = 9,9% R-Sq(adj) = 5,9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	55,878	11,176	2,50	0,035
Residual Error	114	510,247	4,476		
Total	119	566,125			

FORMIGAS

The regression equation is

Fourmis = - 0,16 + 0,0291 Sol nu + 0,264 Altura vegetacão (1-5)

- 0,045 Matos (0-3) - 0,231 Relief sol + 0,154 Hsol

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-0,156	2,533	-0,06	0,951
Sol nu	0,02906	0,02859	1,02	0,312
Altura vegetacão (1-5)	0,2638	0,2071	1,27	0,206
Matos (0-3)	-0,0447	0,2622	-0,17	0,865
Relief sol	-0,2311	0,2955	-0,78	0,436
Hsol	0,1542	0,3998	0,39	0,701

S = 2,16083 R-Sq = 2,7% R-Sq(adj) = 0,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	12,721	2,544	0,54	0,742
Residual Error	97	452,910	4,669		
Total	102	465,631			

Gentienes

Regression Analysis: Gentianes versus Sol nu; Altura vegetacão; ...

The regression equation is

Gentianes = 2,93 - 0,201 Sol nu + 0,052 Altura vegetacão (1-5)
+ 0,595 Matos (0-3) - 0,165 Relief sol + 0,263 Hsol

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,934	3,847	0,76	0,448
Sol nu	-0,20051	0,04341	-4,62	0,000
Altura vegetacão (1-5)	0,0518	0,3144	0,16	0,870
Matos (0-3)	0,5949	0,3981	1,49	0,138
Relief sol	-0,1654	0,4487	-0,37	0,713
Hsol	0,2631	0,6072	0,43	0,666

S = 3,28112 R-Sq = 20,5% R-Sq(adj) = 16,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	269,43	53,89	5,01	0,000
Residual Error	97	1044,28	10,77		
Total	102	1313,71			

FG avec 2 best variables (multiple regression)

The regression equation is

Fourmis+gentianes = 1,17 - 0,0626 Sol nu + 0,152 Altura vegetacão (1-5)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1,1680	0,5150	2,27	0,025
Sol nu	-0,06259	0,02762	-2,27	0,025
Altura vegetacão (1-5)	0,1516	0,1694	0,90	0,372

S = 2,13523 R-Sq = 5,8% R-Sq(adj) = 4,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	32,698	16,349	3,59	0,031
Residual Error	117	533,427	4,559		
Total	119	566,125			

Source	DF	Seq SS
Sol nu	1	29,043
Altura vegetacão (1-5)	1	3,655

ANNEXE 8 : Résumé des recommandations de gestion

		Recommandations de gestion	Actions à menées
Général		Pâturage extensif	**Dialogue** avec les agriculteurs
		Nettoyage hivernal sous forme de fauche ou brûlis (janvier)	**Dialogue** avec les agriculteurs et aide de la mairie
		Défrichage manuel des buissons pour qu'ils ne recouvrent pas plus de 50%	Actions de **volontariat**
		Diminuer la pression de pâturage en été grâce à des exclos	Mise en place d'**exclos** autour des zones à forte densité de gentianes par la mairie en juillet et août uniquement.
		Favoriser les dynamiques de métapopulation	Chercher de **nouveaux sites à moins de 2 km** et permettre les mouvements entre eux et les sites existants.
Actions supplémentaires sur les sites étudiés	*Lamas de Olo*	Restauration de Ponte romana	**Défrichage** et **réintroduction** de gentianes
		Défrichage de Step-stone	Actions de **volontariat**
		Couper les arbres récemment plantés à Campo de Bola	**Dialogue** avec le président d'association d'agriculteurs
	Campea	Ne plus cultiver la prairie	**Dialogue** avec la gérante
		Maitriser le développement des arbustes	Actions de **volontariat**
		Réintroduire des gentianes dans la zone avec fourmis mais sans gentianes	

ANNEXE 9 : Indicateurs pour la restauration d'une zone humide avec *P.alcon*

		Constat	Action à réaliser
Indicateurs devant mener à la restauration d'une parcelle avec *P.alcon*	**Densité de plantes hôtes**	Faible quantité de gentianes	Augmenter les zones de sol nu au printemps ou réintroduire des plantes
	Ligneux	Plus de 50% recouvert par les arbustes	Défrichage
	Hauteur végétation	Hauteur de l'herbe supérieure à 50 cm	Augmenter le pâturage et s'assurer que le nettoyage hivernal a lieu
	Pratiques agricoles	Mauvaises pratiques de gestion (fauche estival…)	Dialoguer avec le gérant pour améliorer ces pratiques
	Densité fourmis hôtes	Trop peu de fourmis hôtes	Cartographier précisément la parcelle, améliorer les connaissances sur la fourmi hôte et mettre en place des microgestions pour augmenter leur densité
	Nombre *P.alcon*	Conditions semblent bonnes mais population reste faible	Intégrer ce patch à une dynamique de métapopulation
	Isolation	Population isolée	Chercher des patchs alentours à restaurer et créer une dynamique de métapopulation

Diplôme : Ingénieur agronome
Spécialité : Génie de l'environnement
Spécialisation / option : Préservation aménagement des milieux-Ecologie Quantitative
Enseignant référent : Didier LeCoeur

Auteur(s) : Marion Delisle

Date de naissance* : 12 mars 1989

Nb pages : 29 Annexe(s) : 9

Année de soutenance :2012

Organisme d'accueil : **Tagis – Centro de Conservação das Borboletas de Portugal**
Adresse :
Museu Nacional de História Natural – Museu Bocage
Rua da Escola Politécnica, 58
1250-102 Lisboa
Maître de stage : Paulo Miguel dos Santos Pereira

Titre français : Conservation de l'azuré des mouillères (Phengaris alcon) et ses hôtes la gentiane pneumonanthe (Gentiana pneumonanthe) et les fourmis du genre *Myrmica* dans le parc naturel d'Alvao (Portugal)
Titre anglais : Conservation of the Alcon blue butterfly *(Phengaris alcon*) and his hosts, the marsh gentian (*Gentiana pneumonanthe*) and *Myrmica* ants in Alvao Natural parc (Portugal)

Résumé :

Les populations de *Phengaris alcon* n'ont été à ce jour que peu étudiées au Portugal. Emblème du parc naturel d'Alvão, les gestionnaires souhaitent intervenir pour conserver cette espèce. Pour envisager un plan de conservation adapté à la situation locale, nous avons travaillé sur deux de ces populations en dressant un état des lieux à l'échelle spatiale puis locale puis nous avons cherché à identifier les paramètres environnementaux favorisant la présence des œufs et des hôtes du papillon.

Les populations de papillons et de gentianes d'Alvão sont très importantes par rapport à celle du reste de l'Europe mais sont aujourd'hui menacées principalement par l'abandon de l'agriculture. *P.alcon* pond préférentiellement dans les zones où sont présentes simultanément les fourmis et les gentianes ainsi qu'une quantité moyenne de buissons à fleurs nectarifères ; ce complexe étant favorisé par une hauteur moyenne de végétation.

La conservation de cette espèce implique le maintien de pratiques agricoles traditionnelles favorisant la présence du complexe fourmis-gentianes : un pâturage extensif avec une pression moins forte en été et un « nettoyage » hivernal sous forme de fauche ou de brûlis. Le défrichage des zones trop envahies par les buissons devra également être envisagé. Au delà de la qualité locale, il faudra favoriser des dynamiques de métapopulations en cherchant de nouveaux sites.

Ces recommandations sont certainement valables pour tout le Portugal puisque de la même manière, de grosses populations de gentianes sont présentes sur tout les sites avec *P.alcon* et une gestion traditionnelle était présente encore récemment sur plus de 90% d'entre eux.

Abstract :

In Portugal, *Phengaris alcon* populations haven't been deeply studied yet. Icone of Alvão Natural Parc, managers wants to act for conservation of this specie.

To create a conservation plan which fit with the local situation, we studied two of those populations, drawing up an inventory at spatial and local scale. Then we attempted to identify environmental factors that affect eggs and hosts presence.

In Alvão, butterflies and gentians' populations are large comparing to the rest of Europe, but currently threatened mainly by agriculture decline. *P.alcon* preferentially lay in areas with both ants and gentians hosts as well as a mean quantity of blossom bushes; this complex is advantaged by a mean vegetation height.

Conservation of this specie imply to maintain traditional agricultural practices the hosts complex: large scale grazing with lower pressure in summer and winter "cleaning" as fire or mowing. Clearing of areas colonized by bushes will have to be planed. Beyond habitat quality, metapopulation dynamic has to be reach by looking for news sites.

Those advice can probably de applied in all Portugal as in the same way, large populations of gentians are present on sites with *P.alcon* and a traditional management was still in place in 90% of them.

Mots-clés : *Phengaris alcon*, *Maculinea alcon*, conservation ecology, habitat quality, metapopulation, habitat management, oviposition préférences