

Rapport de stage de Master 2

Réalisé du 05/03/2018 au 05/09/2018

Caractérisation des paramètres influençant la présence de fourmis-hôtes de l'Azuré du Serpolet (*Phengaris arion*) à l'échelle de 2 sites du Béarn (64)



Effectué dans de le cadre du **Master 2 Expertise Ecologique & Gestion de la Biodiversité**

Aix-Marseille Université – Promotion 2017/2018

Présenté et soutenu par **Kevin LE FALHER** le 11 septembre 2018

Encadrant : **Pierre-Yves GOURVIL**



Plan Régional d'Actions en
faveur des Lépidoptères
patrimoniaux d'Aquitaine

Remerciements

En premier lieu, je souhaiterais remercier mon maître de stage : Pierre-Yves GOURVIL. De par sa présence et ses connaissances, j'ai pu m'adapter très rapidement et progresser dans plusieurs domaines à ses côtés. Un grand merci à lui pour sa disponibilité lors du rush lié au rendu du rapport et à la soutenance orale. J'en profite également pour remercier l'ensemble des salariés de l'antenne 64 qui ont pleinement contribué à mon adaptation et bien-être durant ces 6 mois de stage : Clément CROZET, Gilles BAILLEUX, Mathilde LASFARGUES, Virginie LEENKNEGT, Denis VINCENT, David SOULET, Leticia COLLADO, Simon CAUBET, Mathilde POUSSIN & Céline DELTORT.

Je n'oublie pas bien sûr mes chers compagnons stagiaires : Akaren GOUDIABY et Morgane MARTINEZ qui ont su rendre ce stage très agréable et conviviale.

Merci aux personnes suivantes qui ont participé aux phases de terrain : Mathilde POUSSIN, Vincent DUPRAT, Mickaël PELLETIER, Céline DELTORT, Benoît DUHAZE et Olivier VANNUCCI. Aux différentes antennes du CEN réparties en Aquitaine où j'ai pu séjourner durant quelques jours ainsi qu'à leurs salariés : merci encore pour votre accueil.

Je souhaite également remercier l'ensemble des myrmécologues : Alain LENOIR, Bernard KAUFMANN, Claude LEBAS & Christophe GALKOWSKI qui m'ont apporté leur savoir-faire et conseils pour l'élaboration de protocoles ainsi que la compréhension de certains fonctionnements. Un remerciement tout particulier à Alain pour sa disponibilité et nos rencontres au bureau et sur le terrain qui m'ont été d'une grande aide et très enrichissantes.

J'ai eu la chance de bénéficier du soutien et de conseils pertinents de plusieurs personnes durant l'élaboration de ce compte-rendu allant de la phase de réflexion à la rédaction. Un grand merci à ces personnes : Julie MORVAN, Audrey LEFRANÇOIS, Clément LALAIT et Amélie BERTOLINI.

Un merci tout particulier à mes chers collègues de promo et professeurs/acteurs étant intervenus durant ce Master 2 EEGB de l'université de Aix-Marseille.

Je ne peux conclure mes remerciements sans penser à mes colocataires Palois, ma famille et amis : Merci !

Table des matières

I.	Introduction	1
1.	Contexte	1
2.	Plan National d'Actions en faveur des <i>Maculinea</i>	2
3.	Conservatoire d'Espaces Naturels d'Aquitaine (Structure d'accueil).....	3
4.	L'Azuré du Serpolet (<i>Phengaris arion</i>)	4
5.	Objectifs	6
II.	Matériel et Méthodes.....	6
1.	Sites d'études à l'échelle de l'Aquitaine	6
2.	Protocole fourmis-hôtes	8
a)	Présentation du protocole.....	8
b)	Plan d'échantillonnage.....	8
c)	Conditions et étapes d'application	9
3.	Cartographie des plantes-hôtes.....	10
a)	Présentation du protocole.....	10
b)	Paramètres relevés	10
c)	Plan d'échantillonnage.....	11
d)	Période et fréquence d'inventaire	11
4.	Relevés de végétation.....	11
a)	Présentation du protocole.....	11
b)	Paramètres relevés	11
c)	Plan d'échantillonnage.....	12
5.	Suivi du comportement de pontes d'Azuré du Serpolet.....	13
a)	Présentation du protocole.....	13
b)	Paramètres relevés	13
c)	Plan d'échantillonnage.....	14
6.	Traitement et analyse des données	14

a) Système d'Information Géographique	14
b) Traitements statistiques.....	14
III. Résultats	16
1. Inventaire de fourmis	16
a) En Aquitaine	16
b) Précisions sur les 2 sites sélectionnés en Béarn.....	16
2. Relevés stationnels sur les sites Béarnais.....	18
a) Caractérisation des hauteurs de végétation	18
b) Végétation caractérisant l'entrée des nids de <i>Myrmica sabuleti</i>	19
c) Relevés de végétation de <i>Myrmica sabuleti</i> à l'échelle du Béarn.....	19
d) Relevés de végétation à proximité des nids de <i>Myrmica sabuleti</i> sur la parcelle Est du site de Mounicou (MOE).....	21
e) Relevés de végétation à proximité des nids de <i>Myrmica sabuleti</i> sur le site de Jurançon	24
3. Distribution des massifs à Origan	26
4. Suivi du comportement de ponte.....	27
IV. Discussion	27
1. Paramètres influençant la présence de nids de <i>Myrmica</i>	27
2. Implications sur la gestion.....	30
V. Conclusion.....	32
Bibliographie.....	34
Annexes.....	40
Résumé :	47
Abstract	47

I. Introduction

1. Contexte

La diminution importante de la biomasse des insectes est constatée à larges échelles et notamment en Europe de l'Ouest, où des études récentes menées en Allemagne ont démontrées une perte allant de 76 à 82% de la biomasse des insectes volant au cours des 27 dernières années (Hallmann *et al.*, 2017). Les papillons des prairies ne font pas exception à la règle, avec une diminution de 50% des populations constatées sur une période de 20 ans en Europe de l'Ouest (Van Swaay, 2015). Certains papillons font office de bio-indicateur de la qualité des prairies. Leur présence, de par leur écologie complexe, témoigne souvent du bon fonctionnement de l'écosystème.

Les interactions avec d'autres organismes sont partie prenante au cours de la vie des papillons qui, comme tout pollinisateur, sont liés à la végétation qui leur sert d'alimentation et de lieu de reproduction (Lafranchis, 2000). En utilisant les plantes à fleurs comme ressource alimentaire, l'interaction est de type « mutualisme » entre ces organismes car le pollinisateur permet aux plantes d'être fécondées et de se propager. Cette interaction est différente lorsque que le papillon choisit une plante pour y pondre. En effet, lors de son émergence, la chenille se servira de la plante comme nourriture et de protection sans aucun bénéfice pour cette dernière. Le lien papillon-plante peut même aller plus loin et conduire l'insecte à utiliser une unique plante pour y installer sa descendance. La conséquence de ces relations spécifiques a conduit certains papillons à se spécialiser pour un type d'habitat particulier.

C'est le cas notamment, des papillons de jour du genre *Phengaris* (anciennement appelé « *Maculinea* »), considérées comme des espèces bio-indicatrices des prairies sèches ou humides (Spitzer *et al.* 2009). L'Europe comporte 4 espèces de ce genre (dont une possédant 2 écotypes¹), toutes présentes en France. L'écologie, très singulière du genre *Phengaris*, explique en partie leur qualité d'indicateur des certains milieux, car le cycle de développement de ces papillons nécessite une plante-hôte et une fourmi-hôte. Cette exigence explique leur vulnérabilité et leur état de conservation en Europe en France (**Tab. 1**)

¹ *Phengaris alcon* écotype *alcon* et *Phengaris alcon* écotype *rebeli*

Tableau 1: Statuts de protection des papillons du genre *Phengaris* présents en France (UICN *et al.*, 2014).

	Liste Rouge Europe	Liste Rouge France
<i>Phengaris arion</i>	En danger	Peu préoccupant
<i>Phengaris alcon</i> <i>écotype alcon</i>	Peu préoccupant	Quasi-menacée
<i>Phengaris alcon</i> <i>écotype rebeli</i>	Peu préoccupant	Quasi-menacée
<i>Phengaris nausithous</i>	Quasi-menacée	Vulnérable
<i>Phengaris teleius</i>	Vulnérable	Vulnérable

La conservation de ces espèces est majoritairement mise à mal du fait des activités humaines. La disparition des habitats de ces azurés peut être directe (urbanisation, mise en culture des zones humides, etc.) ou indirecte. La destruction indirecte des habitats est principalement liée à l'abandon de pratiques agricoles traditionnelles liées à l'élevage, comme le pastoralisme extensif et la fauche, sur des pelouses sèches ou zones humides, provoquant un développement des ligneux défavorable aux plantes-hôtes et aux fourmis-hôtes de ces azurés qui ne trouvent plus d'habitats favorables à la reproduction.

2. Plan National d'Actions en faveur des *Maculinea*

Devant l'ampleur de ces pressions anthropiques, les pertes d'habitats d'espèces et le manque de connaissances sur l'écologie des espèces de ce genre à l'échelle nationale, la sonnette d'alarme a été tirée en 2009 et a abouti à la conception d'un Plan National d'Actions en faveur des *Maculinea* (PNA *Maculinea*) pour la période 2011-2015 (Dupont, 2010). Ce PNA déclinait 2 objectifs principaux : l'amélioration des connaissances sur les *Phengaris* et leurs habitats puis, dans un second temps, la mise en place d'actions de conservation favorables sur les sites où la présence de papillons du genre *Phengaris* est avérée. Pour répondre à ces objectifs, la stratégie adoptée était d'établir un réseau d'acteurs locaux. Des déclinaisons régionales ont donc été rédigées de manière progressive au cours des 7 dernières années. A l'heure actuelle, 90% des régions françaises en possèdent une (seules la Bourgogne et la PACA manquent à l'appel actuellement). C'est en 2016 qu'en Aquitaine, la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) a missionné le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Aquitaine (CEN Aquitaine) pour la déclinaison régionale du PNA *Maculinea*. A noter que ce PNA a été reconduit pour la période 2018-2027 et élargit à d'autres espèces de papillons patrimoniaux, pour devenir le PNA en faveur des « papillons de jour » (OPIE, 2018).

3. Conservatoire d'Espaces Naturels d'Aquitaine (Structure d'accueil)

Le CEN Aquitaine est une association à but non lucratif faisant partie d'un réseau national regroupant 29 conservatoires œuvrant pour la préservation du patrimoine naturel et paysager. Ce sont des gestionnaires et des référents reconnus pour leur expertise scientifique et technique. Les missions du CEN sont : la connaissance, la protection, la gestion et la valorisation.

Depuis 2010, le CEN Aquitaine réalise des actions sur les lépidoptères (papillons diurnes et nocturnes) recensés dans sa région. Il a ainsi accumulé d'importantes connaissances sur les lépidoptères grâce aux études menées sur les sites gérés par le CEN ou lors de programmes d'actions, comme le programme des papillons menacés des zones humides : 2010-2013 (Bertolini *et al.*, 2013). Suite à la rédaction du pré-atlas des rhopalocères et zygènes d'Aquitaine (Gourvil *et al.*, 2016) et à la demande de la DREAL de décliner le PNA en faveur des *Maculinea*, une réflexion a été menée pour faire ressortir cette information. S'appuyant sur les données récoltées, une réflexion a été menée récemment pour faire ressortir les espèces à enjeux en Aquitaine et les intégrer à un programme régional d'actions en faveur des lépidoptères. Grâce à ces différents programmes et de manière à correspondre aux nouvelles directives du PNA *Maculinea*, le CEN Aquitaine a décidé d'élargir la déclinaison régionale missionnée par la DREAL aux lépidoptères patrimoniaux. C'est ainsi que Plan Régional d'Actions en faveur des lépidoptères patrimoniaux (PRAL) a été créé pour la période 2017-2021 en intégrant pleinement les préconisations du PNA en faveur des *Maculinea* (Gourvil *et al.*, 2017; <https://pral.cen-aquitaine.org/>).

Le contexte Aquitain, fort d'une grande diversité de paysages (hautes montagnes, littoral atlantique, coteaux calcaires, etc.), concentre 60% des espèces de rhopalocères connues en France métropolitaine (Gourvil *et al.*, 2016). Dix-huit espèces de papillons ont été retenues par le PRAL suite à une priorisation de leurs enjeux (intérêt patrimonial, statut de protection européen et national, listes rouges françaises et européennes) ainsi que la représentativité de ces espèces pour un habitat particulier. Sur ces 18 espèces, 12 sont prioritaires dont les 3 espèces du genre *Phengaris* présentes en Aquitaine : *P. alcon* écotype « *alcon* » (Azuré de la Croisette), *P. teleius* (Azuré de la Sanguisorbe) et *P. arion* (Azuré du Serpolet). C'est sur cette dernière que nous allons nous focaliser pour cette étude.

4. L'Azuré du Serpolet (*Phengaris arion*)

L'Azuré du Serpolet est un papillon de jour de la famille des *Lycaenidae*, sous-famille des *Polyommatainae*, inféodé aux pelouses/prairies thermophiles (**Fig. 1**). Ce papillon est le représentant du genre *Phengaris* le plus largement répandu en France (Mothiron P. & Hoddé C. in Lepi'Net consulté le 13-08-2018) (**Fig. 2**). Dans l'ex-région Aquitaine, sa répartition, bien que confirmée dans tous les départements, reste hétérogène (**Fig. 3**). Cette espèce dépend d'une plante-hôte et d'une fourmi-hôte pour son cycle de développement intervenant, respectivement, comme support de ponte pour la femelle et comme gîte au sein de la fourmilière pour la chenille et la chrysalide. La chenille passe 3 à 4 semaine sur sa plante, où elle effectue ses trois premiers stades larvaires (Lafranchis, 2000), jusqu'à se laisser tomber au sol. Elle est recueillie par des fourmis du genre *Myrmica*, attirées par le son qu'elle émet (Sala *et al.*, 2014) et à l'odeur sécrétée, similaire aux hydrocarbures cuticulaires des fourmis (Elmes *et al.*, 2002). Grâce à ces différents mimétismes, la fourmi recueille la chenille pour la conduire au sein du couvain de sa fourmilière où elle se nourrit des larves durant 10 mois avant d'émerger sous forme imaginaire (Sielezniew *et al.*, 2010).



Figure 1 : Femelle *P. arion* butinant sur un Origan – Kevin Le Falher



Figure 2 : Répartition de l'Azuré du Serpolet en France (en 2017) – Lepi'net

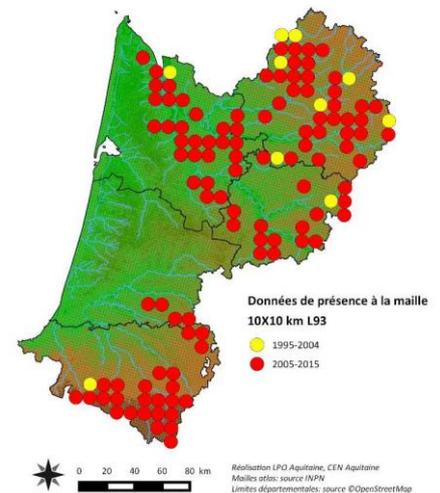


Figure 3 : Répartition de l'Azuré du Serpolet au sein de la région ex-Aquitaine – Pré-atlas des rhopalocères et zygènes d'Aquitaine

Les pressions humaines (perte directe d'habitat, fragmentation, fermeture des milieux) énoncées précédemment, ont un impact considérable sur ces 2 organismes hôtes. De plus, les besoins écologiques de la plante et des fourmis *Myrmica* rendent leur présence et densité très variables d'un site à l'autre. La présence et la densité de plantes et fourmis hôtes sont des éléments primordiaux pour le maintien des populations et la bonne réalisation du cycle de vie du papillon. Chacune de ces étapes peut devenir périlleuse pour la chenille et ce, dès le lieu

d'éclosion de la chenille. La femelle imago ne sélectionne pas son site de ponte en fonction de la présence de fourmis-hôtes à l'inverse de *Phengaris teleius* (Wynhoff & Langevelde, 2017). La ponte chez *P. arion* est en effet aléatoire et sur les 60 œufs pondus en moyenne par une femelle, un grand nombre est voué à une mort certaine (Mouquet *et al.*, 2005). En effet, si une chenille voit le jour sur une plante hors du rayon d'action des *Myrmica* elle est condamnée car elle ne sera pas recueillie par une ouvrière pour poursuivre son cycle dans la fourmilière (Sielezniew *et al.*, 2010). Une fois dans la fourmilière, sa survie n'est pas toujours assurée. En effet, des études ont montré que la présence d'une reine du genre *Myrmica* pouvait être un facteur négatif. La reine, imposant un contrôle de son couvain via ses ouvrières, peut ordonner la suppression de la chenille de manière indirecte. Celles-ci la prenant pour une gyne (future reine) à cause de sa morphologie qui est apparentée. La mortalité de *P. arion* est 3 fois plus élevée en présence d'une reine qu'en son absence (Thomas & Wardlaw, 1990). Les risques de mortalités à l'émergence de l'imago et de sa sortie de la fourmilière sont également élevés car le papillon perd ses capacités mimétiques suite à sa métamorphose et devient un intrus pour les ouvrières (Sala, 2014).

Les chances qu'un œuf aboutisse à un papillon sont donc soumises à de nombreux facteurs naturels auxquels s'ajoutent les facteurs anthropiques. De plus, bien que les 2 hôtes soient vitaux pour le papillon, la population de ce dernier serait plus affectée par une perte significative de la fourmi-hôte que de la plante-hôte. Sielezniew *et al.* (2005) ont montré que si la fourmi-hôte était rare sur un site, les populations de *P. arion* seraient faibles et ce, même si la plante-hôte est abondante. Le cas inverse est moins contraignant pour les effectifs du papillon. La densité de nids de fourmi-hôtes est un facteur essentiel à la pérennité de *P. arion* (Griebeler & Seitz, 2002 ; Soissons *et al.*, 2011).

Malgré l'importance des fourmis-hôtes dans la préservation des populations de *Phengaris arion*, les études menées sur le genre *Myrmica* restent faibles. C'est également le cas en Aquitaine. Face à ce constat, une des actions du PRAL est donc de caractériser les fourmis du genre *Myrmica* présentes en Aquitaine et d'étudier les paramètres influençant la présence des fourmis-hôtes.

5. Objectifs

A l'échelle de l'ex-région Aquitaine, l'objectif est d'identifier les espèces de fourmis-hôtes potentielles du papillon dans les différents contextes aquitains.

A l'échelle d'un site, un relevé des paramètres écologiques influençant la présence des nids de fourmis du genre *Myrmica* sera réalisé.

Cette première étude approfondie à l'échelle d'un site a deux objectifs :

- Mettre en avant les paramètres écologiques influençant la présence des fourmis-hôtes du papillon sur des coteaux Béarnais (Pyrénées-Atlantiques) ;
- Tester un protocole d'étude pour le PRA en vue d'une application sur d'autres sites.

In fine, la mise en place de cette étude devrait permettre de mieux prendre en compte les facteurs essentiels pour le fonctionnement et la pérennité du complexe « papillon – plante – fourmi » dans la gestion des sites du CEN Aquitaine.

II. Matériel et Méthodes

1. Sites d'études à l'échelle de l'Aquitaine

Dix sites ont été sélectionnés pour cette étude à l'échelle de l'ex-région Aquitaine (**Fig. 4**). Deux sites en Gironde : Ordonnac et Cazaugitat, 2 en Dordogne : St-Victor et Garraube, 2 en Lot-et-Garonne : Puymirol et Casserouge, 1 site dans les Landes : Pimbo et 3 en Pyrénées-Atlantiques : Mounicou (contenant 2 parcelles : Ouest et Est), Jurançon et Bilhères en Ossau.

Les sites sélectionnés répondent aux critères suivants :

- La gestion permet le maintien du milieu ouvert et la présence des plantes-hôtes de *P. arion*.
- L'observation régulière d'imagos de l'Azuré du Serpolet au cours de ces 5 dernières années.
- La présence de nombreux pieds d'Origan.
- Une surface du site suffisante pour l'application du protocole fourmis.

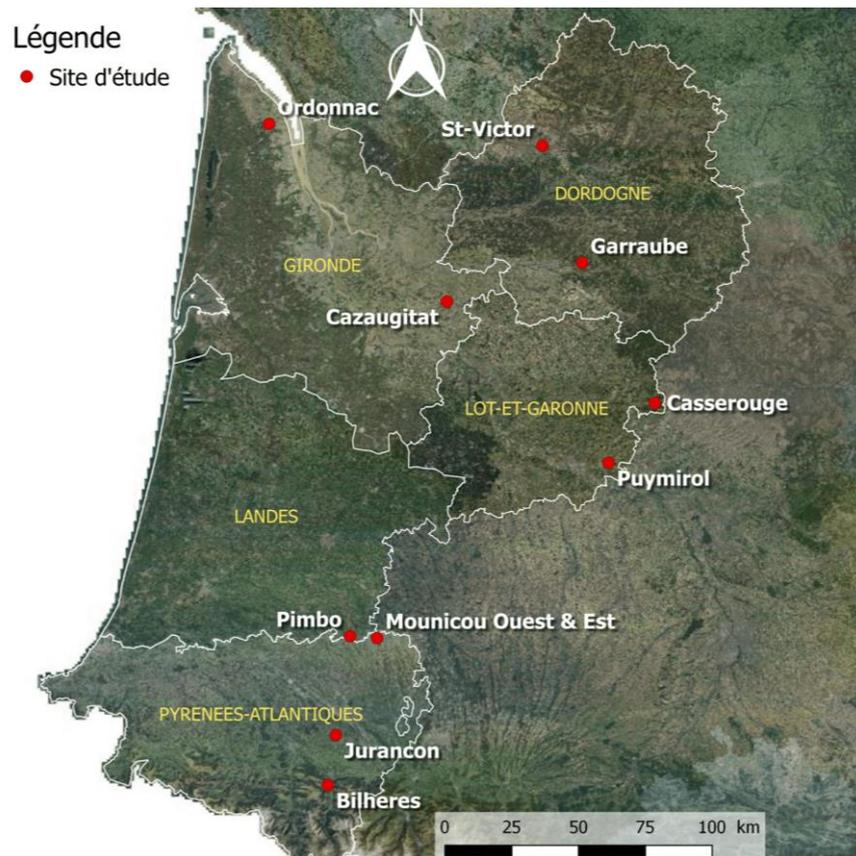


Figure 4 : Répartition des 10 sites d'études en région Aquitaine

Parmi ces 10 sites, 2 sont sélectionnés pour faire l'objet de la caractérisation des paramètres écologiques en faveur des *Myrmica* : la parcelle Est du site de Mounicou et le site de Jurançon. Ces 2 sites ont été sélectionnés car ils font l'objet d'une gestion similaire (pâturage par des ânes et débroussaillage mécanique) dans un même contexte géographique : la plaine du Béarn.

Ces 2 sites possèdent une gestion similaire depuis 5 ans minimum. Le site de Jurançon se caractérise par un fort dénivelé avec la présence de zones embroussaillées nécessitant un débroussaillage annuel (**Annexe 2A**). Le pâturage est effectué par 2 ânes. Le site de Mounicou, moins pentu, se caractérise par la présence de secteurs réouverts depuis peu. Le pâturage est effectué par 5 ânes (**Annexe 2B**)

2. Protocole fourmis-hôtes

a) Présentation du protocole

Le protocole utilisé est le protocole national d'échantillonnage permettant d'évaluer la présence des fourmis-hôtes, du genre *Myrmica*, au sein des communautés de fourmis. Celui-ci, élaboré pour le Plan National d'Actions *Maculinea* (2011-2015), est biaisé en faveur des *Myrmica* comme la probabilité de détection des espèces de ce genre est estimée à 70% contre <50% pour les autres espèces (Kaufmann *et al.*, 2014). Un appât correspond à un carré de 5x5 cm sur lequel sont disposés de la rilette de saumon et du miel (**Fig. 5**).



Figure 5 : Présentation d'un appât et le tube associé.

b) Plan d'échantillonnage

Un nombre de 100 appâts, espacés de 4 m les uns des autres, ont été disposés suivant différents transects sur chaque site d'étude. Ce nombre a été de 70 sur le site de St-Victor (24) compte-tenu du nombre réduit d'observateurs. L'emplacement des transects a été choisi de manière à traverser différents micro-habitats, gradients de pente et d'ombre sur l'ensemble de la surface d'habitats favorables à l'Azuré du Serpolet (**Fig. 6**). Le nombre de 100 appâts est recommandé afin d'avoir une vision réaliste de la communauté de fourmis présente sur un site (Kaufmann *et al.*, 2014).

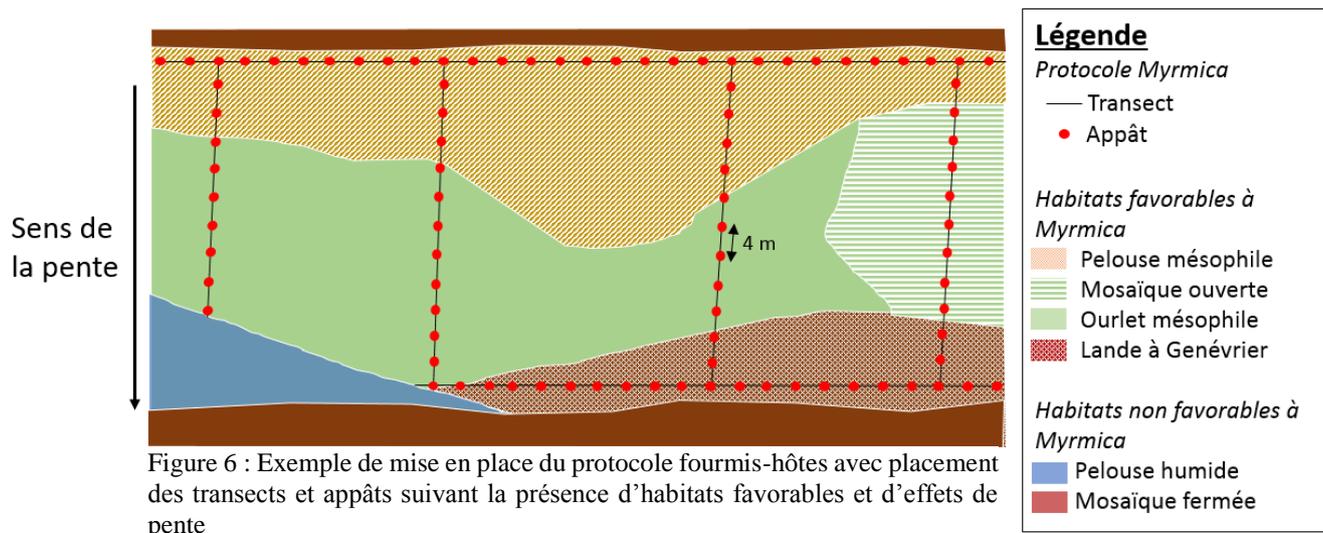


Figure 6 : Exemple de mise en place du protocole fourmis-hôtes avec placement des transects et appâts suivant la présence d'habitats favorables et d'effets de pente

c) Conditions et étapes d'application

L'application de ce protocole d'appât a été effectuée en présence d'une météo favorable le jour-J et les 2 jours précédents : sans pluie ni vent fort. La température ne devait pas être trop importante durant la matinée pour avoir une température au sol et à l'ombre entre 17 et 22°C, correspondant à l'optimal des températures d'activités des *Myrmica* (Thomas, 2002). Trois personnes, ayant une expérience quant à la réalisation de ce protocole, ont été nécessaires pour la mise en œuvre. Pour le site de St-Victor, ce nombre a été de 2 ce qui a imposé de réduire le nombre d'appâts.

Les étapes de l'inventaire ont été les suivantes (par ordre chronologique) :

- 1) Pose de carrés de Bristol (5x5 cm) au contact du sol dans la végétation « haute ». A proximité de chaque carré ont été disposés des tubes, préalablement annotés, contenant de l'alcool à 70°.
- 2) Pose d'une goutte de miel et de la rilette de saumon sur le 1^{er} carré et sur l'ensemble des carrés une fois la température au sol et à l'ombre favorable. La température et l'heure à laquelle la 1^e disposition a lieu est notée (= heure H) puis lors des 2 étapes suivantes.
- 3) Un premier relevé est réalisé à H+30 min. Les ouvrières présentes sur chaque appât ont été aspirées (maximum 20) à l'aide d'un aspirateur à insectes et placés dans les tubes associés. Quand l'appât ne comportait pas de fourmis, une recherche autour, dans un rayon de 10 cm, a été effectuée de façon à échantillonner les potentielles fourmis en partance ou en chemin vers l'appât.
- 4) Un second relevé a été réalisé à H+90 min en utilisant le même processus.

- 5) Le relevé des coordonnées GPS de chacun des appâts et leur récupération (carrés + tubes) sont réalisés.

Lors de la phase post-terrain, le transfert des échantillons vers des tubes Eppendorf (annoté avec les initiales du site et du n° du tube à échantillonnage) contenant 1,5 mL d'alcool à 96° est réalisé pour une meilleure conservation à long terme en attente de leur identification. Cette dernière a été faite sous loupe binoculaire (grossissement x80) et a permis d'identifier l'espèce de fourmis de chaque appât grâce au guide d'identification « Fourmis de France » (Blatrix et coll., 2013). Les identifications liées au genre *Myrmica* requièrent des mesures morphométriques basées sur la face des ouvrières (Galkowski & Lebas, 2015). Certaines valeurs de mesures pouvant être très rapprochées, il a été réalisé un envoi de certains échantillons contenant des *Myrmica* à l'association ANTAREA pour validation auprès de Christophe GALKOWSKI.

A noter que la durée d'application du protocole est de 3h30 à 4h /site selon les retours de terrain (**Annexe 1**).

3. Cartographie des plantes-hôtes

a) Présentation du protocole

Ce protocole consiste à identifier les zones les plus favorables à la ponte des femelles de l'Azuré du Serpolet en géolocalisant les massifs à Origan (Beau *et al.*, 2005 ; Mouquet *et al.*, 2005). Un massif à Origan a été défini comme étant un parterre d'Origan présentant un recouvrement de plus de 50% au sein d'un quadrat d'une surface minimale de 1 m x 1 m. Ce protocole a été mis en œuvre par deux observateurs.

b) Paramètres relevés

En présence de massifs d'une surface inférieure à 3 m², un point GPS a été pris au centre de ce dernier tout en y notant sa surface réelle ainsi que le nombre précis de pieds d'Origan. Pour un massif dont la surface excédait 3m², des points GPS ont été pris aux 4 extrémités de ce dernier et une méthode d'extrapolation de recouvrement des pieds a été utilisée. La méthode a consisté à compter le nombre de pieds sur une surface réduite (p.e. 50 pieds sur 50 cm²) pour l'extrapoler à la surface totale du massif donnée par les points GPS.

c) Plan d'échantillonnage

La localisation des massifs à Origan a été réalisée à vue par deux observateurs en marchant côte à côte le long de transects de 5m de large, sur l'ensemble de la parcelle et relevant chaque massif à Origan.

d) Période et fréquence d'inventaire

L'inventaire a été ciblé au mois de juin, période à laquelle les pieds sont facilement visibles et en floraison. La géolocalisation a été effectuée du 21 au 22 Juin sur le site de Jurançon et le 25 Juin sur les 2 parties du site de Mounicou.

4. Relevés de végétation

a) Présentation du protocole

L'objectif de ce protocole est de déterminer les paramètres favorisant la présence de nids de *Myrmica* sur un site. Les paramètres relevés sont ceux qui ressortent dans la bibliographie comme étant prépondérants pour l'écologie des *Myrmica*. En se basant sur les résultats de l'inventaire des fourmis, une sélection d'appâts positifs et négatifs est réalisée. Pour les appâts positifs, une recherche précise de l'entrée du nid est effectuée, afin de relever les paramètres le plus précisément possible autour du nid.

Pour localiser les nids, plusieurs gouttes de miel ont été placées de manière à quadriller la zone autour de l'appât positif. Le nid est localisé en suivant activement le flux d'ouvrières partant et arrivant sur les appâts.

Ce protocole a été mis en œuvre sur le site de Jurançon et le site de Mounicou (partie Est). Des quadrats de 4m² (en utilisant, des sous-quadrats de 1m² sous-divisés, en 4 sur le terrain) sont utilisés pour relever les paramètres déterminant le choix du site de nidification (Kaufmann & Lebas, comm. pers.)

b) Paramètres relevés

Pour chaque quadrat, ont été relevés :

- Le type de végétation (p.e. herbacée, arbustives...) présente au niveau des nids de *Myrmica*. En premier est inscrit le type végétation à l'entrée du nid et en second le type de végétation majoritaire alentours (<10 cm). La présence d'Origan a été notée.
- Le pourcentage de recouvrement des différentes strates de végétation divisé en 6 classes, en s'appuyant sur l'étude menée par Boitier (2005) :

- Classe 1 : Surface de sol nu + surface de rochers et cailloux
 - Classe 2 : recouvrement cryptogamique
 - Classe 3 : recouvrement herbacé bas (< 10 cm)
 - Classe 4 : recouvrement herbacé moyen (10-50 cm) + recouvrement arbustif bas (<50 cm)
 - Classe 5 : recouvrement herbacé haut (>50 cm) + recouvrement arbustif moyen (0,5-2,0 m)
 - Classe 6 : recouvrement arbustif haut (> 2 m) + recouvrement arboré
- Le nombre de pied de plante-hôte.
 - La présence d'éléments paysagers : 1) éléments n'ayant pas d'influence sur la luminosité de manière temporaire ou continue (chemin², éboulis³, etc.). 2) : éléments ayant une influence sur la luminosité de manière temporaire (rupture de pente⁴, muret⁵)
 - Le type d'habitat classé suivant les strates présentes : 1) habitats ouverts composés d'herbacées et d'arbustes bas ; 2) habitats ouverts avec présence d'une minorité de ligneux ; 3) zones de fourrés ombragés ; 4) habitat composé d'une majorité de ligneux (en cours de fermeture).

Suite à ces relevés, un calcul du barycentre g des hauteurs de végétation de chaque carré a été réalisé grâce aux données des hauteurs de végétation des 6 classes mentionnées précédemment (avec R = recouvrement) :

$$g = \frac{[R \text{ Classe 1} + (2 \times R \text{ Classe 2}) + (3 \times R \text{ Classe 3}) + (4 \times R \text{ Classe 4}) + (5 \times R \text{ Classe 5}) + (6 \times R \text{ Classe 6})]}{100 \text{ (recouvrement total)}}$$

c) Plan d'échantillonnage

Un total de 60% des appâts, réalisés lors du protocole *Myrmica*, a été choisi pour la réalisation de ce protocole et utilisant tous les appâts positifs (jusqu'à une valeur seuil de 30%). Si le nombre d'appâts positifs était inférieur à 30%, le pourcentage d'appâts négatifs choisis a été augmenté en conséquence afin d'avoir un total de 60% (ex : si 25% d'appâts positifs, 35% d'appâts négatifs ont été sélectionnés). Cette valeur de 60% a été choisie afin d'avoir une significativité suffisante en termes d'analyses statistiques tout en ayant les capacités humaines et matérielles pour cela. Le positionnement des quadrats de 4m² pour la caractérisation des

² Tracé plus ou moins large composé de sol nu majoritairement dû au piétinement

³ Accumulation de terres/roches obtenu lors d'un écoulement gravitaire

⁴ Variation brutale du niveau de pente ayant une cause naturelle (>50%)

⁵ Empilement de roches dû l'activité humaine

zones à *Myrmica* a été effectué en positionnant le nid au centre (**Fig. 7**). Le choix des appâts à caractériser a été réalisé à l'aide d'un échantillonnage aléatoire stratifié prenant en compte la présence/absence de *Myrmica* et le type d'habitat (préalablement caractérisé par le CEN).

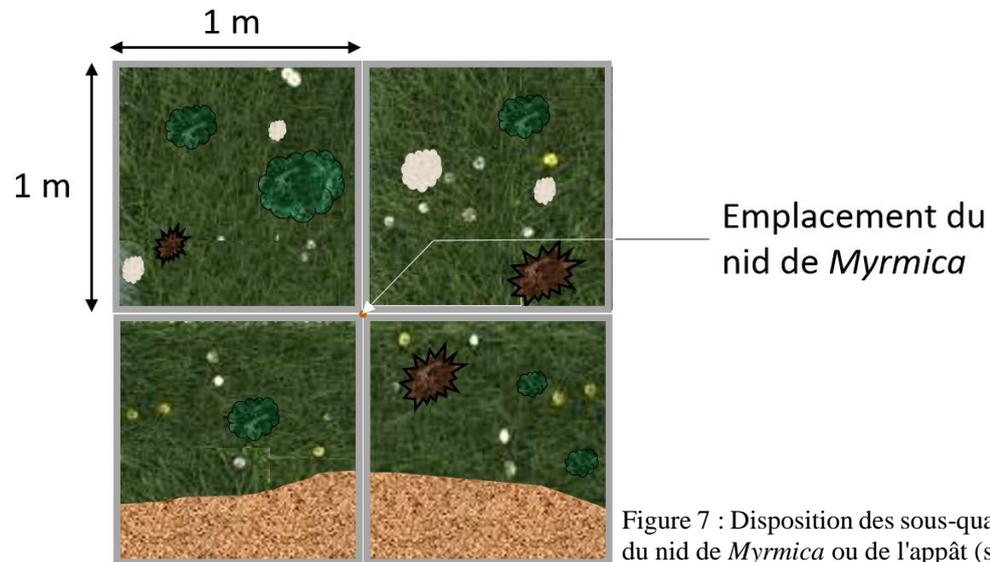


Figure 7 : Disposition des sous-quadrats de 1m² au niveau du nid de *Myrmica* ou de l'appât (si absence)

5. Suivi du comportement de pontes d'Azuré du Serpolet

a) Présentation du protocole

Cette méthode a pour but de localiser les zones de ponte et caractériser la phénologie des plantes-hôtes choisies par les femelles pour y pondre. Ce suivi s'est basé sur la localisation des zones concentrant les plus fortes densités d'Origan le long des transects définis lors du protocole fourmis-hôtes. Des quadrats de suivi de 5m² ont été virtuellement matérialisés sur ces secteurs. La période favorable à ce suivi correspond au pic phénologique de l'Azuré du Serpolet en Béarn (Gourvil, Comm. pers. CEN Aquitaine, 2018).

b) Paramètres relevés

Dans chaque quadrat les variables suivantes ont été notées :

- Le comportement des femelles (4 catégories : en vol, butine, comportement de ponte, ponte confirmée). Dans le cas où un individu a plusieurs comportements au sein du même quadrat, la priorité est donnée aux comportements qui caractérisent le plus son activité dans le quadrat.
- Le nombre d'œufs pondus dans le quadrat.
- Le stade d'inflorescence de l'Origan lors de la ponte (3 catégories : en bourgeon, en pleine floraison (majorité des bourgeons éclos), en cours de floraison (la majorité des bourgeons non éclos)).

c) Plan d'échantillonnage

Ce suivi a été réalisé durant une journée sur le site de Jurançon par 5 observateurs. Deux groupes ont été constitués, 1 groupe de 3 observateurs et un de 2. Chaque groupe s'est vu attribué un ensemble de 4 à 6 quadrats à suivre durant 30 min. Si un comportement de ponte a lieu et qu'une ponte a été soupçonnée, l'observateur l'ayant suivi a vérifié la présence ou non d'un œuf pendant que le(s) observateur(s) restant(s) suivaient l'activité au sein de(s) quadrat(s) suivi(s) par ce dernier. Au bout des 30 minutes, une rotation a permis aux observateurs de suivre de nouveaux quadrats.

6. Traitement et analyse des données

a) Système d'Information Géographique

Les emplacements des transects et appâts du protocole *Myrmica* ainsi que la répartition des massifs de plantes-hôtes ont été traités sous QGIS (v. 2.18.17). Pour la phase pré-terrain du protocole *Myrmica*, le choix des transects a été fait par photo-interprétation en visualisant les potentiels micro-habitats, lisière boisée et relief à l'aide des couches BD-ORTHO 2017 et SCAN25, avant d'être affinée sur le terrain. Les coordonnées de chaque appât ont servi à cartographier la position réelle (avec une précision de 3 m) des appâts et permettre le tirage aléatoire stratifié pour les relevés stationnels.

La répartition des massifs d'Origan a été cartographiée sous forme de polygones et catégorisée en fonction de la densité de pieds présents.

b) Traitements statistiques

Des comparaisons de moyenne, par le test de Student, ont été faites sur les valeurs de barycentre de hauteurs de végétations des 2 sites étudiés.

Afin de distinguer les variables les plus favorables à la présence des fourmis du genre *Myrmica* sur les sites Béarnais, deux types d'analyses ont été utilisées :

- A l'échelle du Béarn, des modèles de régressions linéaires généralisés (GLM) ont été réalisés. La sélection des modèles a été effectuée sur la base de l'« Akaike's Information Criterion » spécifique aux petits échantillons (AICc) et de la différence d'AICc ($\Delta AICc$). Ainsi, les modèles ayant une valeur d' $\Delta AICc$ inférieure à 2 ont été traités à l'aide de la méthode « Bayesian Model Averaging ». La corrélation des variables explicatives candidates a été testée avec la méthode de Spearman pour les variables

continues, comme non suivi de la loi normale, et avec une anova pour les variables catégorielles (**Tab.2**). Ainsi, les combinaisons de variables non corrélées (seuil de tolérance fixé à 0,6) ont été testées.

- A l'échelle d'un site, une Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM) a été réalisée. L'AFDM a pris en compte les variables issues des caractéristiques propres au site (type d'habitat, éléments paysagers), de la végétation (recouvrement des différentes strates, types d'habitat, végétation présente sur les nids de *Myrmica*, topographie, indice de barycentre, nombre de pieds d'Origan) et les variables de présence/absence d'espèces de fourmis compétitrices au genre *Myrmica* (**Tab. 2**). Cette analyse a été couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

Ces analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R (v.3.4.4) et les packages ade4 et FactoMineR.

Tableau 2 : Nom des variables, acronymes, unité et type des 12 variables candidates

Variable	Description de la variable	Unité	Type
1	thab Type d'habitat	4 classes	Catégorielle
2	elt_pay Eléments paysagers	2 classes	Catégorielle
3	esp_ant Présence/absence d'espèces de fourmis antagonistes à <i>Myrmica</i>	2 classes	Catégorielle
4	rsol_nu Recouvrement de sol nu	%	Continue
5	rroc Recouvrement de roches	%	Continue
6	rcrypt Recouvrement de plantes cryptogames	%	Continue
7	rherb_bas Recouvrement en herbacée basse	%	Continue
8	rherb_moy Recouvrement en herbacée de taille moyenne	%	Continue
9	rherb_hau Recouvrement en herbacée de taille haute	%	Continue
10	rarbu_moy Recouvrement en arbustif de taille moyenne	%	Continue
11	rarbu_hau Recouvrement en arbustif de taille haute	%	Continue
12	nb_Ori Nombre de pieds d'Origan	/	Continue

III. Résultats

1. Inventaire de fourmis

a) En Aquitaine

Sur les 6 sites où la détermination a été faite, une moyenne de 13 espèces de fourmis. (**Tab. 3**). Six espèces de fourmis-hôtes potentielles ont été échantillonnées sur l'ensemble des sites : *Myrmica sabuleti*, *M. scabrinodis*, *M. schencki*, *M. specioides*, *M. spinosior* et *M. ruginodis*. La détermination des fourmis échantillonnées est toujours en cours pour les sites suivants : Cazaugitat, Ordonnac (33), Garraube (24) et Bilhères en Ossau (64).

b) Précisions sur les 2 sites sélectionnés en Béarn

Sur le site du Jurançon (JUR), le protocole a permis de relever 20 espèces de fourmis. Parmi elles, *Myrmica sabuleti* a été relevée sur 54 appâts (soit 49% d'appâts positifs pour cette espèce) ce qui en fait l'espèce la plus recensée sur ce site. La seconde espèce-hôte potentielle trouvée sur ce site est *Myrmica scabrinodis*, notée sur 1 seul appât. Les appâts positifs à *M. sabuleti* sont répartis de manière hétérogène sur l'ensemble du site, et l'appât positif à *M. scabrinodis* se trouve en lisière nord du site (**Annexe 6**). Pour ce site, les autres espèces dominantes sont *Plagiolepis pygmaea* (40%), *Tapinoma erraticum* (31%), *Camponotus piceus* (31%) et *Camponotus aethiops* (26%). Les autres espèces sont présentes à des pourcentages inférieurs à 10%.

Sur la parcelle est du site de Mounicou (MOE), 13 espèces ont été identifiées dont 1 fourmis-hôte potentielle : *Myrmica sabuleti*. Cette dernière est présente sur 31 appâts (soit 29% d'appâts positifs). Plus de la moitié des appâts positifs à *M. sabuleti* sont localisés en lisière nord du site (**Annexe 5**). Les autres espèces dominantes sont : *Tapinoma erraticum* (48%), *Plagiolepis pygmaea*, *Camponotus piceus* et *Temnothorax nylanderii* (23% chacune). Les espèces non mentionnées sont présentes à des pourcentages inférieurs à 10%.

Il est possible d'établir une liste d'espèces dont l'interaction avec *Myrmica* est jugée défavorable pour cette dernière (Kaufmann, B., Lebas, C. & Lenoir, A., comm. pers. ; Rozier, 1999). Ainsi, 5 espèces de fourmis antagonistes à la présence du genre *Myrmica* ont été identifiées sur les 2 sites d'étude. Sur Mounicou (MOE), elles sont présentes dans 40% des appâts contre 25% pour le site de Jurançon, (**Tab. 4**).

Tableau 3 : Récapitulatif des échantillonnages et espèces de fourmis hôtes identifiés sur les 10 sites d'étude Aquitain : Jurançon (**JUR**), Mounicou (**MOE + MOO**), Pimbo (**PIM**), Cazaugitat (**CAZ**), Ordonnac (**ORD**), St-Victor (**SVI**), Garraube (**GAR**), Casserouge (**CAS**), Puymirol (**PUY**), Bilhères en Ossau (**BIL**).

Département	Site	Nombre d'appâts	Nombre d'espèces échantillonnées	Espèces de fourmis hôtes					
				Appâts positifs à <i>M. sabuleti</i>	Appâts positifs à <i>M. scabrinodis</i>	Appâts positifs à <i>M. schencki</i>	Appâts positifs à <i>M. specioides</i>	Appâts positifs à <i>M. spinosior</i>	Appâts positifs à <i>M. ruginodis</i>
Pyrénées-Atlantiques (64)	JUR	111	20	54	1	0	0	0	0
	MOE	108	13	31	0	0	0	0	0
	MOO	98	11	16	0	0	0	0	0
	BIL	100	Identification en cours	40	13	1	0	0	0
Landes (40)	PIM	100	13	0	0	0	1	0	0
Gironde (33)	CAZ	116	Identification en cours	1	1	0	0	2	0
	ORD	101		0	0	0	0	1	0
Dordogne (24)	SVI	70	8	5	0	0	11	0	0
	GAR	101	Identification en cours	13	0	0	9	0	2
Lot-et-Garonne (47)	CAS	100	14	6	0	0	1	0	0
	PUY	101	10	32	0	0	0	0	0

Tableau 4 : Pourcentage d'appâts positifs aux espèces antagonistes à *Myrmica* sur le site du Jurançon (JUR) et sur la parcelle Est du site de Mounicou (MOE)

Espèces Sites	<i>Formica cunicularia</i>	<i>Lasius alienus</i>	<i>Lasius niger</i>	<i>Solenopsis fugax</i>	<i>Temnothorax caespitum</i>
JUR	2%	18%	2%	2%	3%
MOE	7%	14%	7%	12%	Non identifiée

2. Relevés stationnels sur les sites Béarnais

a) Caractérisation des hauteurs de végétation

Les hauteurs de végétation sont analysées via le calcul du barycentre (cf. II.4.b) pour les 2 sites d'études béarnais : parcelle Est de Mounicou (MOE) et site de Jurançon (JUR) (**Fig. 8**). Il est à noter que pour une valeur de barycentre < 2,5, la végétation est qualifiée de très basse laissant apparaître du sol nu. Pour une valeur entre 2,5 et 3,5, la végétation est qualifiée de basse avec une dominance de la strate herbacée de moins de 10 cm de hauteur.

La hauteur de végétation sur MOE est significativement différente de JUR (t.test : p-value = <0.001). Cette différence est liée à l'hétérogénéité des valeurs de barycentre. Le site de Mounicou présente des hauteurs proches (valeurs de barycentre allant de 1,5 à 2,6) par rapport à Jurançon où elles sont plus extrêmes (de 1,4 à 3,24). Bien que les 2 sites aient une végétation globalement basse, il existe des différences entre les sites qui peuvent s'expliquer par le plus grand nombre de chemins sur le site du Jurançon dû au passage des ânes et issus des aménagements passés du site. Ce site présente également une surface embroussaillée plus importante que sur MOE.

Compte-tenu des différences existantes entre ces 2 sites, la variable du barycentre a été écartée des variables candidates pour le modèle linéaire généralisé.

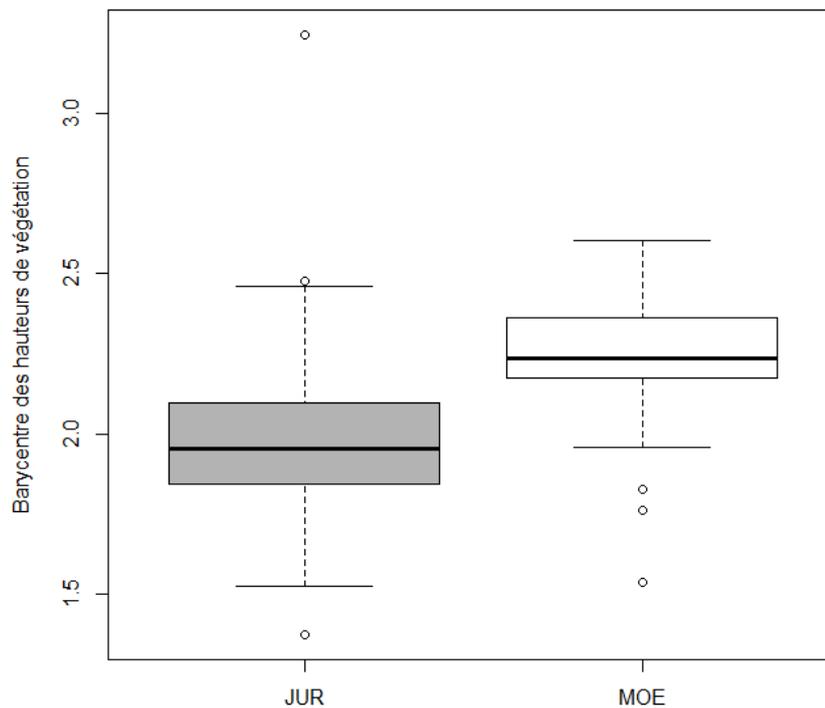


Figure 8 : Valeurs de barycentre des hauteurs de végétation sur le site du Jurançon (**JUR**) et sur la parcelle est de Mounicou (**MOE**)

b) Végétation caractérisant l'entrée des nids de *Myrmica sabuleti*

La majorité des nids de *Myrmica sabuleti* est située à la base de touffes de graminées (58 nids) et seuls 2 ont été repérés sous des roches (Annexe 3). Ces deux emplacements sont courants comme lieu de nidification pour cette espèce (Lebas, comm. pers.) Ces 2 éléments étaient souvent associés à de la mousse (25 nids concernés). La présence de pieds d'Origan à proximité immédiate de l'entrée du nid n'est pas systématique (19 nids recensés).

c) Relevés de végétation de *Myrmica sabuleti* à l'échelle du Béarn

Afin de trouver quelles sont les variables expliquant au mieux la présence de *Myrmica sabuleti* à l'échelle du Béarn (MOE et JUR), des modèles linéaires généralisés (GLM) a été construit. Aucune corrélation n'ayant été identifié entre les 12 variables explicatives candidates. Elles ont toutes été utilisées pour la réalisation des GLM. Les modèles ont été sélectionnés sous condition d'avoir un $\Delta AICc^6$ inférieur à 2. Au total, l'analyse a permis l'observation de 7 modèles répondant à ce critère (**Tab. 5**)

⁶ différence d'AICc entre 2 modèles. AICc : mesure de la qualité d'un modèle statistique suivant les paramètres inclus dans ce modèle.

Tableau 5 : Résultats du Modèle Linéaire Généralisé. Six modèles ont un $\Delta AICc < 2$. Les variables mentionnées dans ces modèles sont : « rcrypt » : recouvrement en espèces cryptogamiques ; « nb_ori » : nombre de pieds d'Origan ; « rherb_bas » : recouvrement en herbacées basses (<10cm) ; « rherb_moy » : recouvrement en herbacées de taille moyenne (10-50cm) ; « rherb_haut » : recouvrement en herbacées hautes (>50cm) ; « raru_moy » : recouvrement en arbustifs de taille moyenne (0,5-2,0m).

Modèles	Nombre de paramètres	AICc	$\Delta AICc$	Poids (W)
rcrypt + nb_ori + rherb_bas	4	151,66	0	0,24
rcrypt + nb_ori + rherb_bas + raru_moy	5	152,03	0,37	0,20
rcrypt + nb_ori	3	152,61	0,95	0,15
rcrypt + nb_ori + rherb_bas + rherb_haut	5	152,98	1,32	0,12
rcrypt + nb_ori + rherb_moy	4	153,39	1,73	0,10
rcrypt + nb_ori + rherb_bas + rherb_moy	5	153,49	1,82	0,10
rcrypt + nb_ori + rherb_bas + rherb_haut + raru_moy	6	453,61	1,95	0,09
Modèle nul	1	171,16	16,69	0
Modèle complet	18	172,92	21,13	0

Sur les 7 modèles retenus, 6 variables sont présentes dans au-moins un des modèles. Le modèle montrant le plus petit AICc a été analysé par représentation graphique afin de visualiser l'effet des différentes variables sur la présence de *Myrmica* (**Fig. 9**). Le modèle montre un effet positif du recouvrement en espèces cryptogamiques et du nombre de pieds d'Origan, avec une augmentation de la probabilité de présence des *Myrmica* en lien avec l'augmentation de ces deux paramètres (**Fig. 9A et 9B**). En revanche, on note un effet négatif de la surface de recouvrement en herbacées basses (<10 cm) sur la présence des *Myrmica* (**Fig. 9C**). Sur ce dernier paramètre, les intervalles de confiance ne permettent pas de confirmer l'effet négatif des herbacées basses sur les *Myrmica*. L'influence du site de Jurançon est sans doute trop forte (cf. III.2.a) et il est donc nécessaire d'analyser à plus fine échelle.

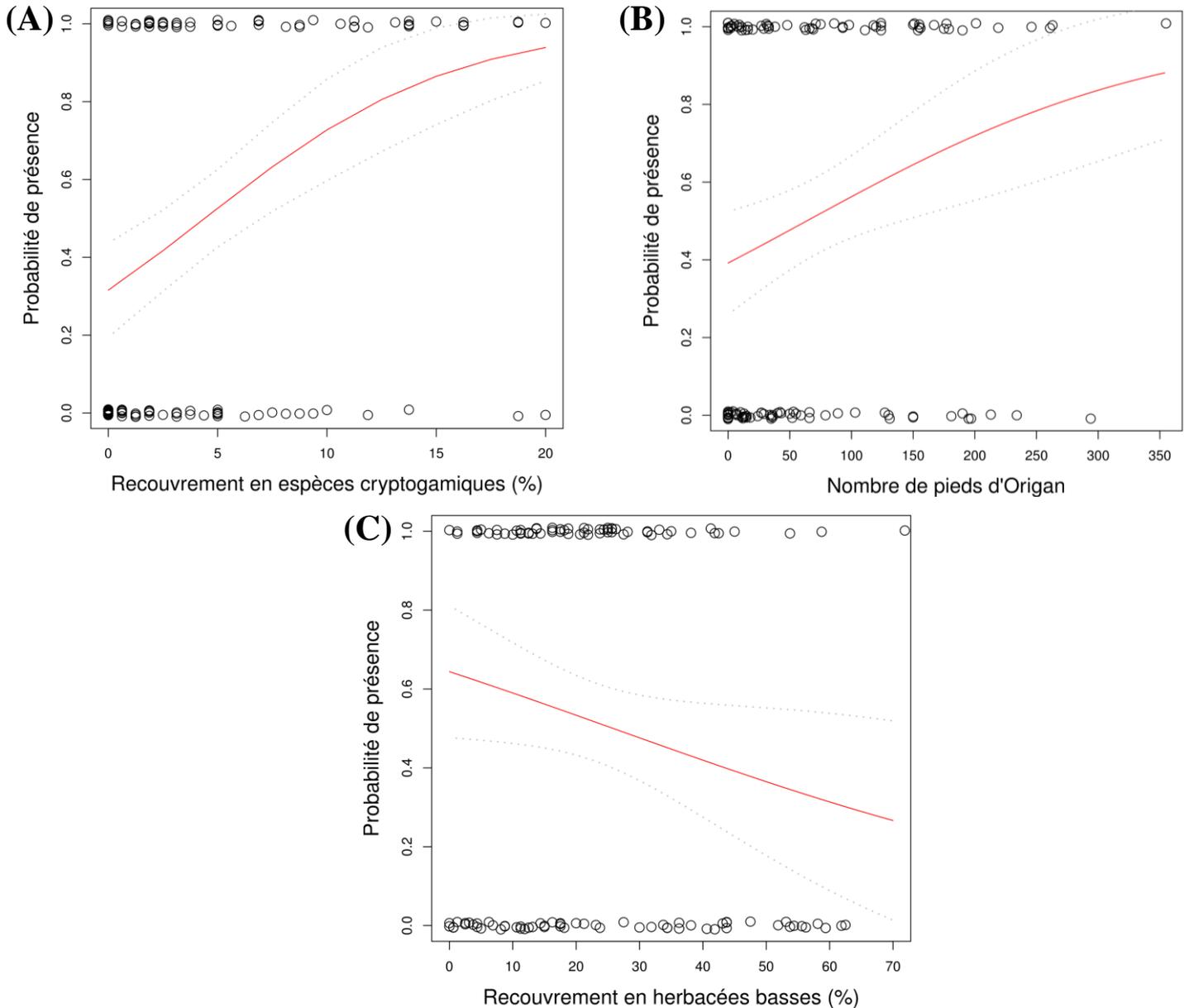


Figure 9 : Prédications du modèle linéaire généralisé sur la probabilité de présence de *Myrmica sabuleti* en fonction du recouvrement en espèces cryptogamiques (A), du nombre de pieds d'Origan (B) et du recouvrement en herbacées basses (C). L'intervalle de confiance a été associé à la courbe de régression de chaque variable.

d) Relevés de végétation à proximité des nids de *Myrmica sabuleti* sur la parcelle Est du site de Mounicou (MOE)

L'Analyse Factorielle de Données Mixtes (AFDM), réalisée sur la parcelle Est du site de Mounicou (MOE), explique 31% des valeurs avec 2 axes. L'axe 1 explique 18% des données observées. Les variables qui contribuent le plus à cet axe sont le recouvrement en herbacées basses (26%) et le recouvrement en herbacées de taille moyenne (13%). Pour l'axe 2, expliquant

13% des données observées, les variables y contribuant le plus sont le barycentre des hauteurs de végétation (27%) et le recouvrement en sol nu (19%).

Le cercle des corrélations obtenu représente les différentes variables relevées ainsi que leurs corrélations entre elles et leurs contributions respectives aux axes 1 et 2 (**Fig. 10A**). Plusieurs éléments ressortent de ce cercle :

- Le recouvrement en herbacées de taille moyenne et le recouvrement en arbustifs bas montrent une corrélation négative avec le recouvrement en herbacées basses (axe 2).
- La hauteur de végétation est négativement corrélée avec le recouvrement en sol nu, confirmant la forte influence de cette strate sur ce site (axe 1).

Le graphique de représentation des individus⁷ (**Fig. 10B**) permet de distinguer 2 groupes. Un groupe constitué en majorité par des appâts positifs (cercle « bleu ») regroupe des quadrats ayant un recouvrement élevé en arbustifs (de faibles et moyennes hauteurs) et d'herbacées de tailles moyennes ainsi que d'un nombre élevé de pieds d'Origan. Ils sont présents en milieu ouvert avec présence de ligneux et un faible recouvrement en herbacées basses semblent les caractériser. A l'opposé, un recouvrement élevé en herbacées basses et en sol nu caractérisent le 2nd groupe (cercle « orange ») composé majoritairement par des appâts négatifs. Ils sont présents dans les habitats dominés par des ligneux possédant des éléments paysagers provoquant temporairement des modifications de la luminosité.

De manière à avoir une meilleure visualisation de ces observations, la Classification Ascendante Hiérarchique a permis de générer 5 groupes (**Annexe 4B**). La variable qualitative de présence de *Myrmica* est significativement liée à la constitution des classes (Chi2 : p-value < 0.001) et plus précisément aux classes 2 et 4. En effet, 16% d'appâts positifs à *Myrmica* (vs. 55% négatifs) composent la classe 2 contre 71% d'appâts positifs (vs. 19 % négatifs) pour la classe 4. La présence d'espèces antagonistes sur MOE n'est pas significativement liée aux classes contrairement aux types d'habitat. La classe 2 est composée d'individus (=appâts) majoritairement liés aux habitats de pelouses rases (54% d'individus issus de ce type d'habitat) alors que la classe 4, présentant une majorité d'appâts positifs, est liée aux habitats ouverts avec présence de ligneux. Les individus n'entrant pas dans ces 2 classes possèdent des caractéristiques sous-représentées ou correspondent à des cas isolés. Sept variables quantitatives expliquent les différences inter-classes (**Tab. 6**).

⁷ Les individus étant les appâts positifs et appâts négatifs à *Myrmica*

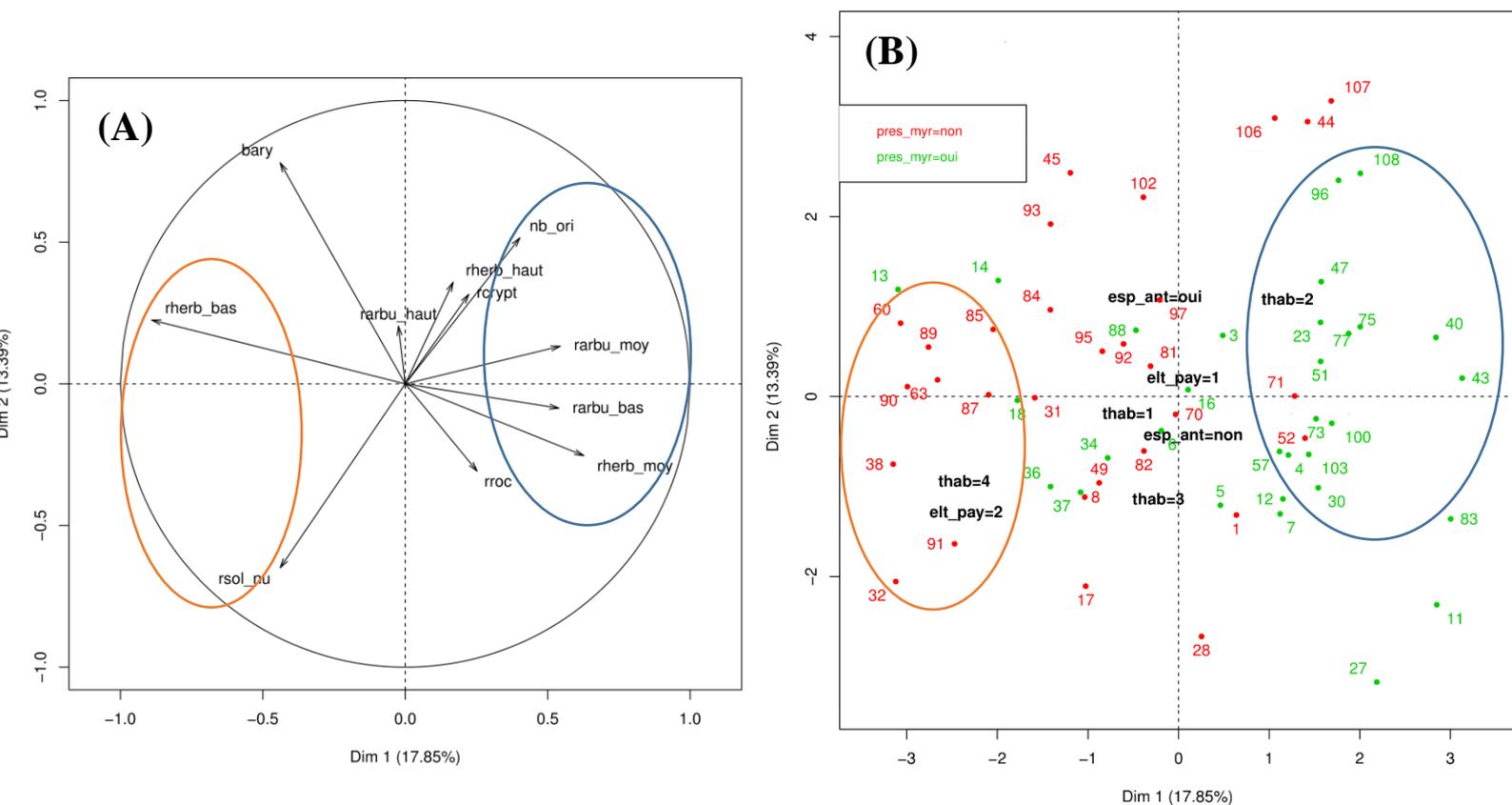


Figure 10 : Résultats de l'AFDM, pour la parcelle Est de Mounicou (MOE), avec contribution des variables (A) et répartition des individus (appâts avec *Myrmica* en « vert » et sans en « rouge » avec contribution des variables qualitatives (B).

Tableau 6 : Représentation des variables quantitatives dans les classes issues de la CAH en présence ou non d'appâts positifs à *Myrmica* sur le site de Mounicou (MOE). Seules les variables ayant une moyenne inter-classe significativement différente sont mentionnées. La représentation de la variable est évaluée selon le v.test : « ++ » si v.test > 3 et ; « + » : v.test entre 2 et 3 ; « - » : v.test entre -2 et -3 ; « -- » : v.test < -3

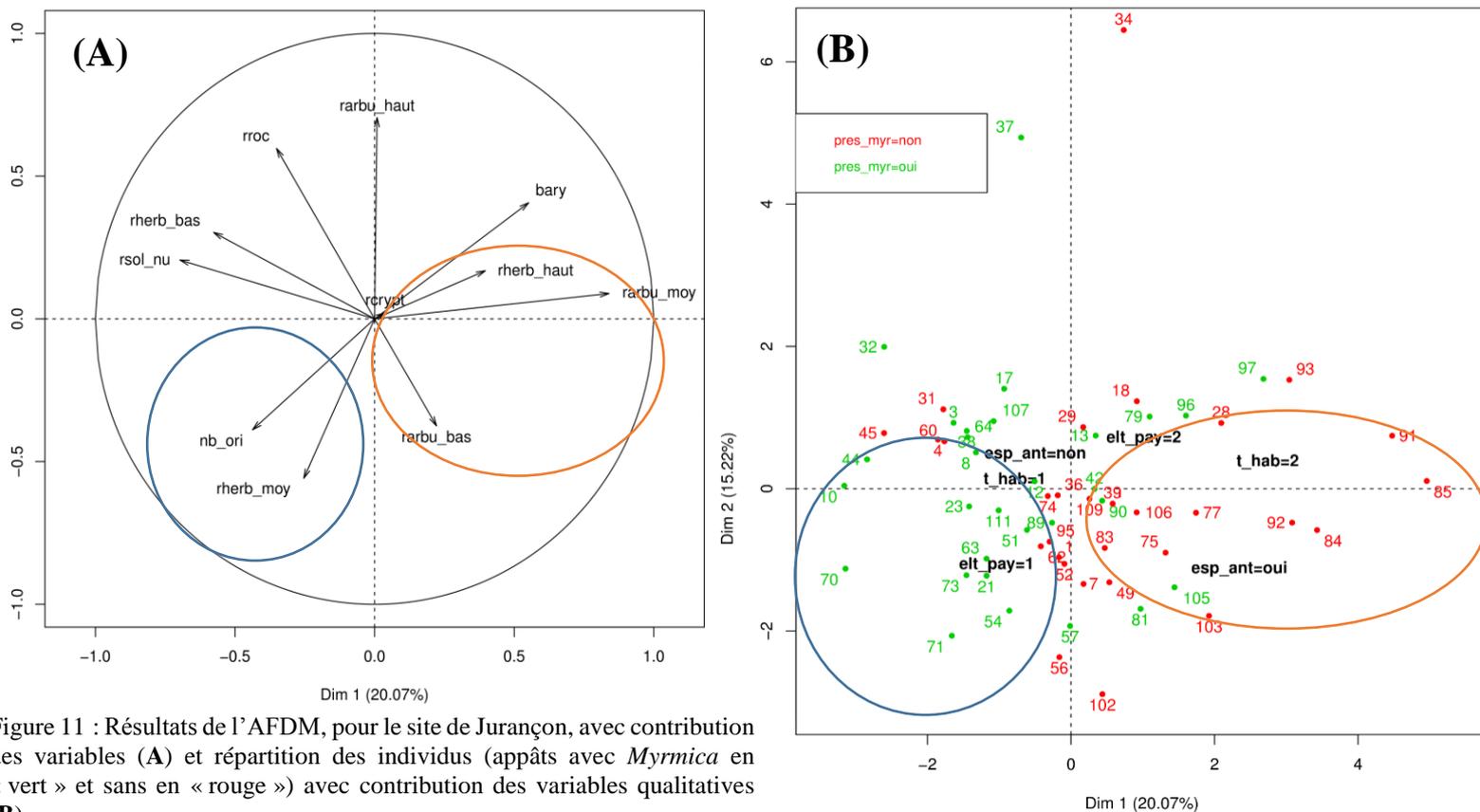
Variables quantitatives	Classe 2 (55% d'appâts négatifs)		Classe 4 (71% d'appâts positifs)	
	Valeur moyenne et erreur standard (sd)	Représentation de la variable dans cette classe par rapport aux autres classes	Valeur moyenne et erreur standard (sd)	Représentation de la variable dans cette classe par rapport aux autres classes
Recouvrement en herbacées basses (%)	40 (± 11)	++	22 (± 9)	--
Barycentre des hauteurs de végétation	2.37 (± 0.13)	++	Pas d'effet significatif sur cette classe	
Recouvrement en herbacées de tailles moyennes (%)	23 (± 14)	--	40 (± 12)	++
Recouvrement en arbustifs bas (%)	6 (± 5)	--	13 (± 7)	+
Recouvrement en espèces cryptogamiques (%)	Pas d'effet significatif sur cette classe		10 (± 5)	+
Recouvrement en sol nu (%)	Pas d'effet significatif sur cette classe		5 (± 3)	--
Recouvrement en arbustifs moyens (%)	2 (± 3)	-	Pas d'effet significatif sur cette classe	

D'après le tableau (**Tab. 6**), la présence de nids de *Myrmica sabuleti* est fortement liée au recouvrement important en herbacées de taille moyenne. A l'inverse un recouvrement important en herbacées bas explique une absence de nids. Dans une moindre mesure, l'influence d'espèces cryptogamiques et d'arbustifs bas est positive. A l'inverse, ce sont les recouvrements importants en herbacées basses et une hauteur de végétation faible (quadrats présentant une homogénéité dans les strates de végétation), qui sont à relier avec l'absence de *Myrmica*.

e) Relevés de végétation à proximité des nids de *Myrmica sabuleti* sur le site de Jurançon

Sur le site de Jurançon, l'AFDM montre que les 2 premiers axes de l'analyse expliquent 35% des valeurs. L'axe 1 explique 20% des données observées. Les variables y contribuant le plus sont le recouvrement en arbustifs de tailles moyennes (23%), le recouvrement en sol nu (16%), le recouvrement en herbacées basses (11%) et le barycentre (10%). L'axe 2 explique 15% des données observées et les variables qui y contribuent sont le recouvrement en arbustifs hauts (21%), le recouvrement en roche (16%) et le recouvrement en herbacées de tailles moyennes (14%).

Sur l'axe 1, les variables de recouvrement en sol nu et herbacées basses sont positivement corrélées et toutes deux négativement corrélées avec le recouvrement en arbustifs de taille moyenne (**Fig. 11A**). La répartition des appâts positifs à *Myrmica* (cercle « bleu ») sur le graphique des individus (**Fig. 11B**) semble positivement corrélée au recouvrement en herbacées de tailles moyennes et au nombre de pieds d'Origan. Ces derniers semblent négativement corrélés au barycentre et au recouvrement en arbustifs de taille moyenne. La répartition des appâts négatifs (cercle « orange ») est principalement liée aux recouvrements en arbustifs bas et moyens ainsi qu'en herbacées hautes. Les appâts négatifs semblent issus d'habitats ouverts avec une minorité de ligneux et en présence d'espèces antagonistes.



La CAH permet de discriminer 4 classes (**Annexe 4A**). La variable de présence de *Myrmica sabuleti* est significativement liée au découpage des classes. La classe 1 est constituée de 60% d'appâts positif et 13% d'appâts négatifs. A l'opposé la classe 3 est composée par 73% d'appâts négatifs et 30% de positifs, présents en majorité au sein d'habitats de pelouses basses. Les espèces antagonistes sont présentes sur 80 des appâts de la classe 3.

La présence de nids est caractérisée par un recouvrement important en sol nu et dans une moindre mesure par les recouvrements en roches, en herbacées basses et en espèces cryptogamiques (**Tab. 7**). D'après cette analyse, il s'agit des variables favorables à la présence de nids de *Myrmica sabuleti* sur le site de Jurançon. A l'opposé, les recouvrements en herbacées hautes est négativement corrélé à la présence de nids. A effet moindre, les recouvrements en arbustifs de taille moyenne et la hauteur de végétation (= barycentre) du site sont également négativement corrélés.

Tableau 7 : Représentation des variables quantitatives dans les classes issues de la CAH en présence ou non d'appâts positifs à *Myrmica* sur le site de Jurançon. Seules les variables ayant une moyenne inter-classe significativement différente sont mentionnées. La représentation de la variable est évaluée selon le v.test : « ++ » si v.test > 3 et ; « + » : v.test entre 2 et 3 ; « - » : v.test entre -2 et -3 ; « -- » : v.test < -3.

Variables quantitatives	Classe 1 (60% d'appâts positifs)		Classe 3 (73% d'appâts négatifs)	
	Valeur moyenne et erreur standard (sd)	Représentation de la variable dans cette classe par rapport aux autres classes	Valeur moyenne et erreur standard (sd)	Représentation de la variable dans cette classe par rapport aux autres classes
Recouvrement en sol nu (%)	21 (± 9)	++	9 (± 7)	--
Recouvrement en roches (%)	8 (± 5)	+	3 (± 3)	--
Recouvrement en herbacées basses (%)	19 (± 11)	+	11 (± 8)	-
Recouvrement en espèces cryptogamiques (%)	2 (± 1)	+	1 (± 1)	--
Recouvrement en herbacées hautes (%)	1 (± 1)	-	4 (± 6)	++
Recouvrement en arbustifs moyens (%)	6 (± 7)	-	Pas d'effet significatif sur cette classe	
Barycentre des hauteurs de végétation	1,79 (± 0.16)	--	2,04 (± 0.17)	+

3. Distribution des massifs à Origan

La répartition des massifs est globalement hétérogène sur les 2 sites étudiés. Sur l'ensemble de la partie Est du site de Mounicou, un total de 31 massifs a été géolocalisé (**Annexe 5**). L'ensemble de ces massifs couvre 4% de l'ensemble de la surface de MOE avec :

- 2% au sein d'habitats de pelouses dominées par de l'herbacée/arbustes bas,
- 2% au sein des habitats ouverts présentant quelques ligneux.

Le recouvrement est nul pour les zones de fourrés et mosaïques fermées. La surface moyenne des massifs sur ce site est de 2m² pour une densité de 122 pieds d'Origan.

Sur le site de Jurançon, les 42 massifs à Origan géolocalisés sont répartis de manière plus homogène (**Annexe 6**). La surface occupée par ces derniers, par rapport à la surface de chaque type d'habitat, est de :

- 2,5% pour les pelouses/ourlets,
- 3,5% des habitats de mosaïques ouvertes.

La surface moyenne des massifs est de 3,3 m² pour une densité de 214 pieds.

A noter que ces valeurs ne signifient pas que l'Origan est absent ailleurs : sur les deux sites, des pieds isolés d'Origan sont dispersés dans les habitats ouverts de type pelouses/ourlets et les mosaïques.

4. Suivi du comportement de ponte

Le suivi a été réalisé une seule journée, uniquement sur le site de Jurançon, du fait des conditions météorologiques défavorables à l'activité du papillon. Un total de 37 quadrats ont été suivis et ont permis d'identifier 3 œufs sur les 14 comportements de ponte observés. Sur ces 14 comportements de ponte, seuls 5 ont été observés sur les massifs à Origan cartographiés. Enfin, les œufs trouvés ont été vus sur des bourgeons « vert/rouge » d'Origan. Cela correspond à un stade phénologique peu avancé (**Annexe 7**)

Concernant le comportement général des imagos suivis, plusieurs éléments sont notables :

- Les imagos sont peu actifs lorsque la couverture nuageuse est forte et la température inférieure à 18°C, ce qui fut le cas durant la matinée.
- Les femelles pondant un seul œuf par inflorescence tout en le camouflant, la recherche des œufs peut être longue malgré un repérage préalable de la femelle en action de ponte. De plus un comportement de ponte peut ne pas aboutir systématiquement à une ponte.
- Sur les seuls comportements de ponte dont l'œuf a été trouvé, il a été noté que la femelle se mettait en comportement de thermorégulation durant quelques secondes avant de reprendre son envol. Lorsque l'œuf n'est pas pondu, la femelle s'envole directement.

A noter que durant ce suivi, une chenille de *Phengaris arion* a été observée sur une inflorescence d'Origan. La chenille a été repérée grâce à la présence de crottes en abondance dans l'inflorescence et de bourgeons partiellement grignotés. La chenille était sans doute au premier stade de sa croissance.

IV. Discussion

1. Paramètres influençant la présence de nids de *Myrmica*

A l'échelle des 2 sites d'étude du Béarn, 3 variables ressortent comme ayant le plus d'influence sur la présence de nids de *Myrmica sabuleti* : Le recouvrement en herbacées basses (< 10 cm), le recouvrement en espèces cryptogamiques et le nombre de pieds d'Origan. D'après les analyses, plus le recouvrement en herbacées basses (< 10 cm) est dominant, plus la probabilité de présence de *M. sabuleti* est faible. A contrario, l'augmentation du recouvrement en espèces

cryptogamiques et du nombre de pieds d'Origan semblent avoir un effet positif sur la présence. ***Myrmica sabuleti* semble donc majoritairement présente dans les habitats riches en Origan, où la végétation herbacée basse est présente mais pas dominante dans des habitats présentant des ligneux.** Il est cohérent que les éléments issus de strates de faible hauteur aient une telle influence tant *Myrmica sabuleti* est régulièrement associée à la végétation basse de milieux méso/xérophile (Casacci, 2010). D'après les connaissances actuelles sur son écologie, cette espèce semble affectionner les zones moins exposées au soleil de lisière boisée ou embroussaillée (Kaufmann, comm. pers). De même, il a été récemment mis en évidence des interactions entre l'Origan et le genre *Myrmica* qui pourraient supposer que ce genre de fourmis serait plus adapté à vivre à proximité des pieds d'Origan (Patricelli *et al.*, 2015).

A plus fine échelle, avec l'étude sur la parcelle Est de Mounicou et le site de Jurançon, les paramètres influençant la présence de *Myrmica sabuleti* sont différents. **Sur le site de Jurançon, la présence de nids semble favorisée par une végétation de faible hauteur combinée à des zones piétinées et érodées** (sol nu, roches, espèces cryptogamiques et herbacées basses). **Sur la parcelle Est de Mounicou, *M. sabuleti* semble être favorisée par une végétation assez haute et ayant un recouvrement majoritaire** (herbacées de taille moyennes, arbustifs bas et espèces cryptogamiques).

Avant de tirer des conclusions sur les paramètres favorables à *Myrmica sabuleti*, il convient de prendre en compte le contexte de chacun des sites. Des différences de végétations (hauteur, composition, etc.) ont été constatées sur le terrain et via la comparaison de la valeur des barycentres, mais c'est surtout le positionnement des transects qui semble avoir le plus impacté les résultats. En effet, le site de Jurançon est caractérisé par la présence de nombreux chemins, composés de sols nus et de pierres essentiellement liée à un dénivelé important, poussant les ânes à utiliser les anciennes terrasses viticoles du site pour se déplacer. Ce dénivelé a également limité les accès pour la pose des appâts à *Myrmica* qui ont été disposés essentiellement à proximité de ces sentiers. Il n'est donc pas illogique de voir un recouvrement en sol nu et roche (présence de murets délimitant les chemins) plus important sur ce site et se répercutant sur les résultats. Le fait que les nids de *M. sabuleti* soient localisés à proximité de sol nu et de roche ne semble donc pas trop impactant pour cette espèce même s'il ne s'agit pas d'un habitat recherché par l'espèce, comme le démontre les résultats obtenus sur le site de Mounicou.

Cette hypothèse semble confirmée par la bibliographie, puisque les ouvrières de cette espèce tendent à éviter ces zones pour cause de forte compétition interspécifique (Lebas, comm. pers.).

De même, les températures élevées caractérisant ces zones sans végétation constituent un facteur limitant pour la fourmi-hôte de *Phengaris arion* (Kaufmann, comm. pers. ; Thomas, 1991). **Par conséquent, il est fort probable que le sol nu ne soit pas un paramètre essentiel dans le choix du site de nidification de *Myrmica sabuleti* et peut même constituer un élément défavorable si celui-ci possède un recouvrement trop important.** Ces observations appuient la nécessité d'étudier les besoins de ce type d'espèce à échelle locale en les liant aux éléments propres au site (son historique, sa structure, sa pression de gestion) pouvant jouer un rôle non négligeable sur la communauté de fourmis présentes et sa distribution (Kaufmann, comm. pers. ; Rozier, 1999). L'étude de Bourn & Thomas (2002) a démontré que les besoins écologiques n'étaient pas les mêmes pour *M. sabuleti* d'un site à l'autre, de part les conditions topographiques et abiotiques les caractérisant, ce que nous avons pu constater lors de cette étude.

Sur les 2 sites, les résultats indiquent que **la végétation haute**, via le barycentre et **le recouvrement en herbacées et arbustifs hauts, est défavorable à la présence de nids.** Alors que le recouvrement en arbustifs (de taille moyenne à basse) ne semble pas avoir d'influence négative ou positive sur *Myrmica sabuleti*. Il est cependant possible que la densité d'arbustes de petite ou moyenne taille apporte une part d'ombre au nid et aux alentours de celui-ci afin de fournir des conditions suffisantes pour l'activité des ouvrières. Ce résultat d'analyse est confirmé par le positionnement des appâts positifs à *Myrmica*, situés majoritairement en lisière boisée du site.

D'après les résultats de cette étude, il semble donc que la présence de *M. sabuleti* est conditionnée par une faible hauteur de végétation mais permettant la présence de secteurs ombragés limitant les températures élevées défavorables à son activité. Ces 2 paramètres (hauteur de végétation faible et faibles variations de température au sol) ressortent également dans la bibliographie (Elmes *et al.*, 1998 ; Casacci, 2011; Message, 2011). Sur les 2 sites béarnais, les herbacées basses (< 10cm) semblent constituer un élément essentiel à l'habitat de *Myrmica sabuleti* compte-tenu du recouvrement moyen relevé au niveau des appâts positifs. En revanche, lorsque le recouvrement devient dominant ou trop faible, *Myrmica sabuleti* n'est plus contactée. Il est possible d'expliquer cela par la niche écologique peu étendue de cette espèce susceptible d'être impactée à la moindre modification d'un élément de son environnement (Thomas, 1991). **La présence d'éléments isolants le sol des températures trop élevées (lisières boisées ou embroussaillées proches et/ou en espèces cryptogamiques) combinée à**

un recouvrement hétérogène en végétaux de faible hauteur (<50 cm) semblent constituer les principaux paramètres favorisant la présence des nids de *M. sabuleti*.

D'autres variables, externes à la végétation et à l'historique du site, peuvent être importantes à considérer pour expliquer la présence ou l'absence de nids de *Myrmica sabuleti*. La compétition interspécifique est un autre élément important à concilier et pouvant expliquer l'absence de fourmi-hôte au sein d'un habitat lui étant pourtant favorable. Comme étudié avec les espèces antagonistes sur Jurançon, celles-ci semblent avoir un effet. La compétition interspécifique peut avoir deux finalités. Cela peut être une compétition pour les ressources alimentaires et/ou une compétition pour un territoire. Il est connu que les espèces du genre *Myrmica* défendent seulement leur nid et évitent généralement les conflits territoriaux (Thomas & Wardlaw, 1992). Dans une majorité de biotopes, la compétition interspécifique est forte pour l'emplacement des nids (Brian, 1952). Nous remarquons que sur les 2 sites étudiés, malgré la présence d'une certaine proportion d'espèces antagonistes, les appâts positifs à *Myrmica sabuleti* restent majoritaires. La localisation des appâts positifs présente des différences avec une répartition sur l'ensemble du site à Jurançon et une répartition essentiellement en lisière Nord sur la partie Est de Mounicou. Il est envisageable que sur Mounicou, la localisation actuelle de *M. sabuleti* résulte de la pression de compétition si l'on s'appuie sur l'étude de Grancher & Deltort (2011). Lors de cette étude menée en 2008, *M. sabuleti* a été contactée. De plus, *Myrmica scabrinodis* avait également été déterminée, ce qui n'a pas été le cas en 2018. A noter que cette étude utilisait un protocole différent avec l'utilisation de pièges de type Barber placés pendant 48h sur une partie de la parcelle. L'absence d'appâts positifs à *M. sabuleti* dans la zone centrale de parcelle pose question. Cette absence pourrait être liée à un entretien du site favorisant les zones de sols nus et de végétations basses et donc la présence d'espèces antagonistes. L'inventaire des fourmis n'a permis de relever qu'une petite proportion d'espèces antagonistes sur ce site mais il serait intéressant de suivre l'évolution des nids de *Myrmica* afin d'attester d'une éventuelle pression de compétition.

2. Implications sur la gestion

Les résultats de cette étude montrent donc qu'il est nécessaire de prendre en compte plusieurs paramètres pour une gestion du site favorable aux *Myrmica*. La combinaison de végétaux de différentes hauteurs sans dépasser un certain seuil, pour concevoir un habitat hétérogène semble l'idéal (Feber *et al.*, 1996). Cette gestion doit englober l'ensemble des acteurs du système

« *Phengaris arion* – *Myrmica sabuleti* – *Origanum vulgare* » identifié sur nos 2 sites d'étude Béarnais. La fourmi-hôte constitue l'élément le plus sensible de ce système, il est important d'axer prioritairement les actions de gestion en sa faveur.

Compte-tenu des informations relevées, plusieurs mesures de gestion sont possibles. Sur Mounicou, 4 secteurs ont été identifiés pour faire l'objet de mesures de gestion adaptées :

- Zones essentiellement constituée de pelouses et ourlets calcicoles.
- Zones formé par une majorité de ligneux.
- La zone cœur avec une gestion intermédiaire aux 2 zones précédemment citées.
- Les lisières, caractérisées par des chemins et une végétation basse (ombragée au Nord).

Pour les zones constituées d'une faible hauteur de végétation, il serait intéressant de favoriser le développement d'une végétation permettant d'isoler le sol des hautes températures. Pour se faire, un allègement de la pression de pâturage ou l'absence d'entretien certaines années sur la zone ouest serait à envisager. Pour éviter les zones de surpiétinement au niveau des lisières, il serait souhaitable de les exclure temporairement pour favoriser le retour de la végétation herbacée. Sur les secteurs dominés par des ligneux, il convient de mettre en place des mesures de réouvertures tout en laissant quelques ligneux de manière ponctuelle. De façon à augmenter le nombre de micro-habitats, il est souhaitable d'éviter la formation de zones peu diversifiées en végétaux hauts. Un pâturage orienté sur ces secteurs et la zone cœur est recommandée. Une option réside dans le débroussaillage mécanique avec export pour éviter la formation de zones trop hautes et denses. Ce type de gestion permet de limiter les refus du pâturage et le développement des ligneux tout en limitant l'épaississement de la litière pouvant favoriser certaines espèces antagonistes comme *Lasius niger* par exemple.

Sur le site de Jurançon, des zones de surpâturage et de sous pâturage ont été observés. le pâturage doit être orienté pour limiter les déplacements sur les mêmes chemins et limiter l'accroissement de sol nu dû au surpâturage. Le sous-pâturage favorise la croissance naturelle de la végétation. Deux problèmes surviennent avec la libre croissance des arbustes :

- Formation de zones homogènes avec une faible diversité de végétaux et une hauteur supérieure aux hauteurs recommandées pour *Myrmica sabuleti*.
- Compétition accrue avec l'Origan, limité à 80 cm de hauteur maximum, sur ces zones.

Par exemple, une forte concentration en Cornouiller et Ronce est visible à l'Est du site et en partie Sud. La fauche mécanique mis en place chaque année permet de limiter leur prolifération. Cette gestion n'a qu'un effet temporaire et ne fait que reporter le problème. Une rotation de

pâturage avec l'utilisation de caprins (p.e. Chèvres des Pyrénées) consommant facilement les espèces arbustives, mais également tout autre type de végétation, seraient plus profitable. Ce type de pâturage serait à concentrer sur les secteurs les plus embroussaillés pour limiter les impacts sur les secteurs alentours favorables à *Myrmica*. La répétition de cette gestion peut conduire à des effets bénéfiques à terme avec la restauration de la strate herbacée.

Un suivi des communautés de fourmis et l'évolution des nids de *M. sabuleti* serait à préconiser en cas d'application de ce type de gestion afin de repérer les effets négatifs et de procéder à d'éventuels réajustements. Les bénéfices à tirer d'une gestion efficace à *Myrmica* permettrait un renforcement de l'équilibre entre densité de la fourmi-hôte de l'Azuré du Serpolet et densité d'Origan. Cet équilibre est important pour permettre un rapprochement des niches de ces 2 hôtes et éviter la surexploitation, et la disparition de ce fait, des fourmilières par les chenilles de *P. arion* si seule une petite proportion des fourmilières sont en contact avec l'Origan (Clarke *et al.*, 2005). Le bénéfice engloberait au final l'ensemble du système « *Phengaris arion* – *Myrmica* – *Origanum vulgare* ».

V. Conclusion

Cette étude a permis d'identifier 6 fourmis-hôtes potentielles de l'Azuré du Serpolet en Aquitaine. Les inventaires liés aux fourmis-hôtes ont révélés une forte présence de *Myrmica sabuleti* sur 2 sites du Béarn. La caractérisation des paramètres (végétation, habitat et compétitions interspécifiques) influençant la présence des nids de cette espèce a mis en évidence l'importance de certains paramètres malgré les spécificités liées au site. La répartition des nids de *M. sabuleti* est dépendante de la hauteur de végétation mais aussi d'éléments plus fins. La végétation n'est pas la seule explication à la présence de cette espèce sur un site donné. La présence d'espèces de fourmis dont l'interaction est défavorable à *M. sabuleti* peut conduire à une disparition de cette dernière vers des secteurs où la pression de compétition y est moins forte. De plus, les caractéristiques propres au site sont également source d'éléments défavorables à cette fourmi. La présence importante de chemins ou encore une forte pression de pâturage peuvent devenir contraignant. Si ces éléments sont trop forts, ils peuvent conduire à la modification de l'habitat de *Myrmica sabuleti* et de la communauté associée à ce dernier, voire directement ou indirectement à la disparition de cette espèce de fourmi. En cas de sous-pâturage, l'élévation de la hauteur de végétation et l'embroussaillage du site auront un effet similaire.

L'étude souligne donc l'intérêt d'étudier les paramètres influençant la présence des fourmis-hôtes à l'échelle d'un site afin de les intégrer à la gestion. Il serait donc envisageable de reproduire ces protocoles intégrant l'inventaire des communautés de fourmis et la localisation des nids de la ou les fourmis-hôtes pour évaluer les paramètres (bénéfiques ou non) qui les caractérisent. Un affinage du protocole lié aux relevés de végétation est envisageable afin d'intégrer d'autres paramètres. Par exemple, la mesure précise de la luminosité au niveau des secteurs positifs au nid de *M. sabuleti* ou des variations de températures au sol permettrait de mieux qualifier la hauteur et la densité de végétation optimale pour les fourmis-hôtes.

Bibliographie

- Beau, F., Thirion, J. M., & Forti, M. (2005). Traits de vie d'une Population d'Azuré du Serpolet de la Réserve Naturelle Régionale de Château-Gaillard. In *Annales de la Société des sciences naturelles de la Charente-Maritime* (Vol. 9, No. 5, pp. 535-545). Société des sciences naturelles de la Charente-Maritime.
- Bertolini, A., Leclere, M., Le Moal, T., Robinet, C. & Soulet, D. (2013). Programme régional Papillons menacés des zones humides. Amélioration des connaissances et préservation de 5 espèces menacées de papillons diurnes des zones humides en Aquitaine. Bilan de la phase initiale (2010-2013). Conservatoire d'espaces naturels d'Aquitaine, 2013, 480 p + annexes.
- Blatrix, R., Glakowski, C., Lebas, C., & Wegnez, P. (2013). Fourmis de France, de Belgique et du Luxembourg. Delachaux et Niestlé.
- Boitier, E. (2005). Inventaire et caractérisation des peuplements d'Orthoptères des zones sommitales de la Réserve naturelle de la Haute Chaîne du Jura. Rapport DIREN Rhône-Alpes. Réserve naturelle de la Haute Chaîne du Jura et Alcide-d'Orbigny. Clermont-Ferrand, Décembre 2005, 64 p.
- Bourn, N. A., & Thomas, J. A. (2002). The challenge of conserving grassland insects at the margins of their range in Europe. *Biological Conservation*, 104(3), 285-292.
- Brian, M. V. (1952). The structure of a dense natural ant population. *The Journal of Animal Ecology*, 12-24.
- Casacci, L. P., Witek, M., Barbero, F., Patricelli, D., Solazzo, G., Balletto, E., & Bonelli, S. (2011). Habitat preferences of *Maculinea arion* and its *Myrmica* host ants: implications for habitat management in Italian Alps. *Journal of Insect Conservation*, 15(1-2), 103-110.
- Clarke, R. T., Mouquet, N., Thomas, J. A., Hochberg, M. E., Elmes, G. W., Tesar, D., Singer, T. & Hale, J. (2005). Modelling the local population dynamics of *Maculinea* and their spatial interactions with their larval foodplant and *Myrmica* ant species. *Studies in the ecology & conservation of butterflies in Europe II*. Pensoft, Sofia, 115-119.
- Dupont, P. (2010). Plan national d'actions en faveur des *Maculinea*. OPIE, Document de travail, 131.
- 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(1), 67-78.

- Elmes, G., Akino, T., Thomas, J., Clarke, R., & Knapp, J. (2002). Interspecific differences in cuticular hydrocarbon profiles of *Myrmica* ants are sufficiently consistent to explain host specificity by *Maculinea* (large blue) butterflies. *Oecologia*, 130(4), 525-535.
- Galkowski, C. & Lebas, C. (2015). Guide d'identification des fourmis du genre *Myrmica*.
- Gourvil, P-Y., Soulet, D., Couanon, V., Sannier, M., Drouet, E., Simpson, D. & Van Halder, I. (2016). Pré-Atlas des rhopalocères et zygènes d'Aquitaine. Synthèse des connaissances 1995 – 2015. CEN Aquitaine, LPO Aquitaine, Novembre 2016. 217 p.
- Gourvil, P-Y., Soulet, D. & Duhaze, B. (2017). Plan régional d'actions en faveur des lépidoptères patrimoniaux – Déclinaison régionale du plan national d'actions en faveur des *Maculinea* - Aquitaine - 2017-2021. CEN Aquitaine / DREAL Nouvelle-Aquitaine. 76 p.
- Grancher, C., Deltort, C. (2011). Etude entomologique des pelouses sèches des Coteaux de Lembeye et Garlin – Etude des populations d'*Euphydryas aurinia* et de *Maculinea arion* ; Inventaire entomologique, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels d'Aquitaine. 63p.
- Griebeler, E. M., & Seitz, A. (2002). An individual based model for the conservation of the endangered Large Blue Butterfly, *Maculinea arion* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Ecological Modelling*, 156(1), 43-60.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., & Schwan, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 (10): e0185809.
- Kaufmann, B., Mercier, J.-L., Itac-Bruneau, R. & Chmargounof, G. (2014). Protocole d'échantillonnage simple permettant d'évaluer la présence et l'importance des *Myrmica* au sein des communautés de fourmis. Université Lyon 1- LEHNA, Université François Rabelais de Tours-IRBI et Office pour les insectes et leur environnement. Plan national d'actions en faveur des *Maculinea*. 6pp.
- Feber, R. E., Smith, H., & Macdonald, D. W. (1996). The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of applied ecology*, 1191-1205.
- Lafranchis, T. (2000). Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze (France), 448p.
- Message, E. (2011). Recensement et caractérisation de l'habitat des fourmis hôtes (*Myrmica*) de l'azuré du serpolet *Phengaris arion* sur les pelouses et prairies calcaires

- Mouquet, N., Thomas, J. A., Elmes, G. W., Clarke, R. T., & Hochberg, M. E. (2005). Population dynamics and conservation of a specialized predator: a case study of *Maculinea arion*. *Ecological Monographs*, 75(4), 525-542.
- Mothiron, P. (2017) in Lepi'net (consultation du 24/04/2018). [URL : <http://www.lepinet.fr/especes/nation/lep/index.php?id=31130>].
- OPIE (2018). Plan national d'actions (PNA) en faveur des Papillons de jour 2018-2027 - Version 4.0 soumise à la consultation publique. Office Pour les Insectes et leur Environnement – Juillet 2018. [URL : http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/projet_de_pna_papillons_de_jour_2018-2027.pdf]
- Patricelli, D., Barbero, F., Occhipinti, A., Berteaux, C. M., Bonelli, S., Casacci, L. P., Zebelo, S. A., Crocoll, C., Gershenzon, J., Maffei, M. E., Balletto, E. & Thomas, J. A. (2015). Plant defences against ants provide a pathway to social parasitism in butterflies. *Proc. R. Soc. B*, 282(1811), 20151111.
- Rozier, Y. (1999). 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 (Doctoral dissertation, Lyon 1).
- Sala, M., Casacci, L. P., Balletto, E., Bonelli, S., & Barbero, F. (2014). Variation in butterfly larval acoustics as a strategy to infiltrate and exploit host ant colony resources. *PLOS one*, 9(4), e94341.
- Sielezniew, M., Buszko, J., & Stankiewicz, A. M. (2005). *Maculinea arion* in Poland: distribution, ecology and prospects of conservation. *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*, 2, 231-233.
- Sielezniew, M., Dziekańska, I., & Stankiewicz-Fiedurek, A. M. (2010). Multiple host-ant use by the predatory social parasite *Phengaris* (= *Maculinea*) *arion* (Lepidoptera, Lycaenidae). *Journal of Insect Conservation*, 14(2), 141-149.
- Soissons, A., Itac-Bruneau, R. & Schirmer, B. (2011). Etude des populations de *Maculinea arion* (Lepidoptera, Lycaenidae) au niveau de deux réseaux de coteaux calcaires bourbonnais (03). Rapport de stage - Conservatoire d'espaces naturels de l'Allier. Université François Rabelais de Tours.

- Spitzer, L., Benes, J., Dandova, J., Jaskova, V., & Konvicka, M. (2009). The Large Blue butterfly, *Phengaris [Maculinea] arion*, as a conservation umbrella on a landscape scale: The case of the Czech Carpathians. *Ecological Indicators*, 9(6), 1056-1063.
- Thomas, J. A., & Wardlaw, J. C. (1990). The effect of queen ants on the survival of *Maculinea arion* larvae in *Myrmica* ant nests. *Oecologia*, 85(1), 87-91.
- Thomas, J. A. (1991). Rare species conservation: case studies of European butterflies. The scientific management of temperate communities for conservation, 149-197.
- Thomas, J. A., & Wardlaw, J. C. (1992). The capacity of a *Myrmica* ant nest to support a predacious species of *Maculinea* butterfly. *Oecologia*, 91(1), 101-109.
- Thomas, J. (2002). Larval niche selection and evening exposure enhance adoption of a predacious social parasite, *Maculinea arion* (large blue butterfly), by *Myrmica* ants. *Oecologia*, 132(4), 531-537.
- UICN France, MNHN, OPIE & SEF (2014). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Papillons de jour de France métropolitaine. Paris, France.
- Van Swaay, C.A.M., Van Strien, A.J., Aghababayan, K., Åström, S., Botham, M., Brereton, T., Chambers, P., Collins, S., Domènech Ferrés, M., Escobés, R., Feldmann, R., Fernández-García, J.M., Fontaine, B., Goloshchapova, S., Gracianteparaluceta, A., Harpke, A., Heliölä, J., Khanamirian, G., Julliard, R., Kühn, E., Lang, A., Leopold, P., Loos, J., Maes, D., Mestdagh, X., Monasterio, Y., Munguira, M.L., Murray, T., Musche, M., Öunap, E., Pettersson, L.B., Popoff, S., Prokofev, I., Roth, T., Roy, D., Settele, J., Stefanescu, C., Švitra, G., Teixeira, S.M., Tiitsaar, A., Verovnik, R., Warren, M.S. (2015). The European Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2013. Report VS2015.009, De Vlinderstichting, Wageningen
- Wynhoff, I., & Langevelde, F. (2017). *Phengaris (Maculinea) teleius* butterflies select host plants close to *Myrmica* ants for oviposition, but *P. nausithous* do not. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 165(1), 9-18.

Bibliographie utilisée non citée dans ce rapport

- Barbaro, L., Dutoit, T., Anthelme, F., & Corcket, E. (2004). Respective influence of habitat conditions and management regimes on prealpine calcareous grasslands. *Journal of Environmental Management*, 72(4), 261-275.
- Biotope (2013). Etude des *Myrmica*, fourmis-hôtes des papillons du genre *Phengaris*, en Corse. Office de l'Environnement de la Corse.
- Clarke, R. T., Thomas, J. A., Elmes, G. W., Wardlaw, J. C., Munguira, M. L., & Hochberg, M. E. (1998). Population modelling of the spatial interactions between *Maculinea rebeli* their initial foodplant *Gentiana cruciata* and *Myrmica* ants within a site. *Journal of Insect Conservation*, 2(1), 29-37.
- Elmes, G. W. (1975). Population Studies on the Genus *Myrmica* (Hymenoptera, Formicidae), with Special Reference to Southern England (Doctoral dissertation, University of London).
- Grill, A., Cleary, D. F., Stettmer, C., Bräu, M., & Settele, J. (2008). A mowing experiment to evaluate the influence of management on the activity of host ants of *Maculinea* butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 12(6), 617-627.
- Francius, E. (2013). Conservation des pelouses sèches à Azuré du Serpolet (*Maculinea arion* (L)) Déterminisme des interactions entre flore, Formicidés et papillons de la famille des Lycénidés.
- Muggleton, J., & Benham, B. R. (1975). Isolation and the decline of the large blue butterfly (*Maculinea arion*) in Great Britain. *Biological conservation*, 7(2), 119-128.
- Patricelli, D., Barbero, F., Occhipinti, A., Berteà, C. M., Bonelli, S., Casacci, L. P., ... & Thomas, J. A. (2015). Plant defences against ants provide a pathway to social parasitism in butterflies. *Proc. R. Soc. B*, 282(1811), 20151111.
- Sachteleben, J., Fartmann, T., Weddeling, K., Neukirchen, M. & Zimmermann, M. (2010). Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten nach Anhang II und IV der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland. Überarbeitete Bewertungsbögen der Bund-Länder-Arbeitskreise als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). 206 p.

- Seifert, B. (1988). A taxonomic revision of the *Myrmica* species of Europe, Asia Minor, and Caucasus (Hymenoptera, Formicidae). *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 62, 1-75.
- Thomas, J. A., & Elmes, G. W. (1998). Higher productivity at the cost of increased host-specificity when *Maculinea* butterfly larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. *Ecological Entomology*, 23(4), 457-464.
- Ugelvig, L. V., Andersen, A., Boomsma, J. J., & Nash, D. R. (2012). Dispersal and gene flow in the rare, parasitic Large Blue butterfly *Maculinea arion*. *Molecular ecology*, 21(13), 3224-3236.
- Valet, M. (2016). De l'amélioration des connaissances aux propositions de gestion sur un site Natura 2000. Étude du papillon *Phengaris arion*, l'Azuré du serpolet, et de ses fourmis-hôtes sur le site Natura 2000 FR9101369 « Vallée du Galeizon » (Gard). Rapport de stage de Master 2 Gestion de la Biodiversité Aquatique et Terrestre. Université Toulouse III – Paul Sabatier, 66 pp.

Communications personnelles

- Galkowski Christophe (2018). Expert taxonomiste de l'association myrmécologique « AntArea ». Validation des espèces de *Myrmica* échantillonnées sur les 10 sites étudiés.
- Kaufmann Bernard (2018). Université Lyon 1 – Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés. Multiples échanges sur les fourmis du genre *Myrmica*, leurs préférences en termes d'habitats et sur la conception des protocoles.
- Lebas Claude (2018). Auteur de guide sur les fourmis et membre de l'association myrmécologique « AntArea ». Echanges sur la détermination des espèces du genre *Myrmica* et sur la conception des protocoles ainsi que sur les résultats.
- Lenoir Alain (2018). Professeur émérite à l'Université de Tours – Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte. Aides et validations sur les espèces de fourmis échantillonnées. Nombreux conseils sur les protocoles, résultats et discussion.

Annexes

Annexe 1 : détail du protocole fourmis-hôtes sur les 10 sites aquitains. Le thermomètre était indisponible pour le site de Bilhères-en-Ossau (BIL).

Site	Jour	Nombre observateurs	T°C 1 ^e pose (heure)	T°C 1 ^{er} passage (heure)	T°C 2 nd passage (heure)
ORD	18/04/2018	2	20,9°C (10h40)	23°C (11h10)	27°C (12h10)
CAZ	19/04/2018	2	20,5°C (10h10)	22,2°C (10h50)	26,7°C (12h05)
PIM	24/04/2018	3	21,2°C (9h55)	24,2°C (11h00)	26,4°C (12h00)
JUR	31/05/2018	3	19,8°C (13h15)	21,3°C (13h00)	22,6°C (14h05)
MOO	19/06/2018	3	20,6°C (10h56)	21,7°C (11h56)	24,3°C (12h41)
MOE	20/06/2018	3	20,1°C (9h12)	26,6°C (10h58)	26,8°C (11h47)
STV	09/07/2018	2	19,9°C (8h55)	22,2°C (9h35)	26,3°C (11h00)
GAR	10/07/2018	3	19°C (8h56)	20°C (9h30)	23°C (10h30)
PUY	28/06/2018	3	21,5°C (9h24)	22,6°C (10h26)	22,7°C (11h34)
CASS	29/06/2018	4	18,3°C (9h00)	21,3°C (10h04)	24°C (11h04)
BIL	23/07/2018	3	NA (11h10)	NA (12h10)	NA (13h50)

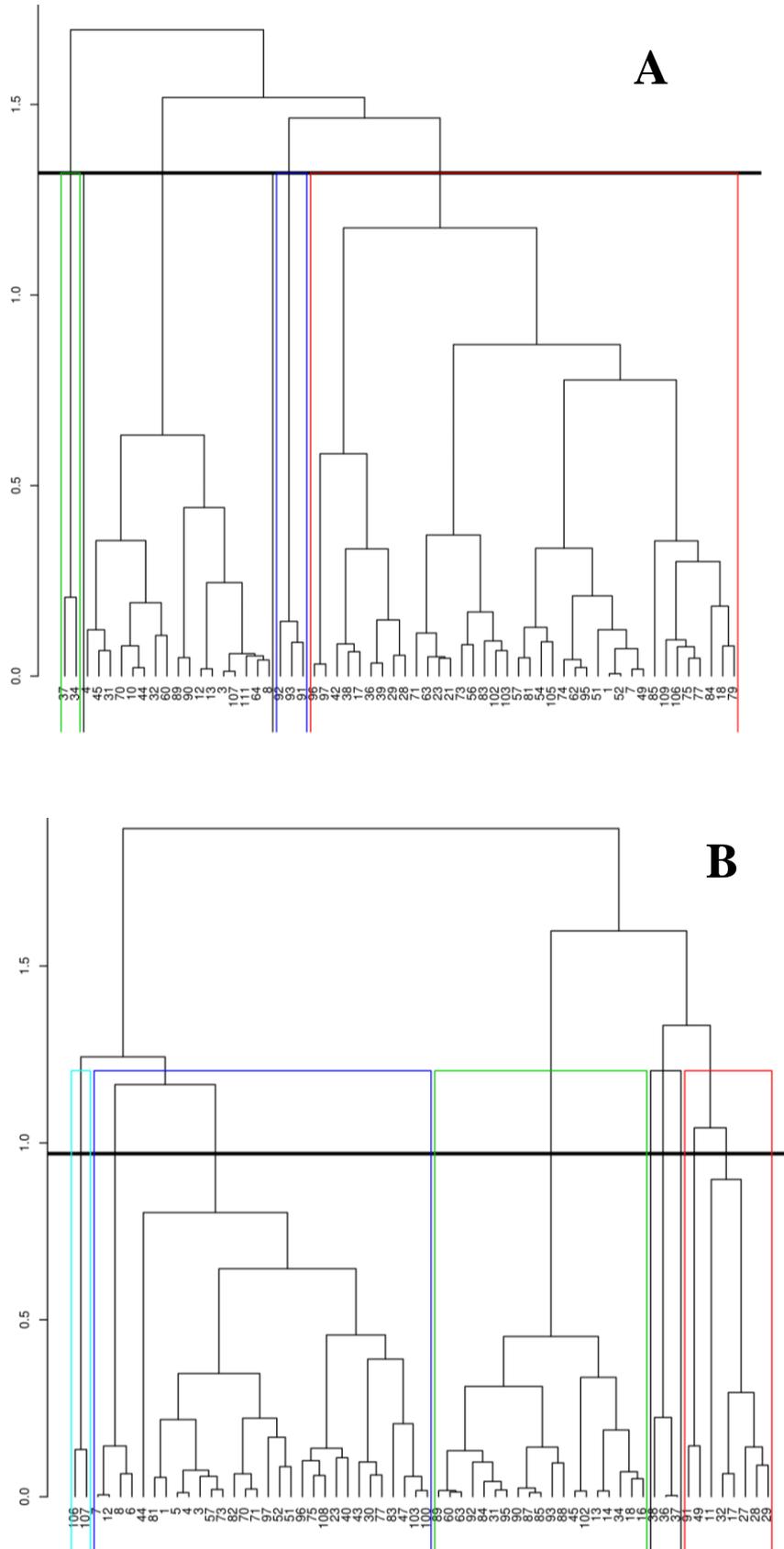
Annexe 2 : Vue d'ensemble du site de Jurançon (A) et panorama de la partie Est du site de Mounicou (B).



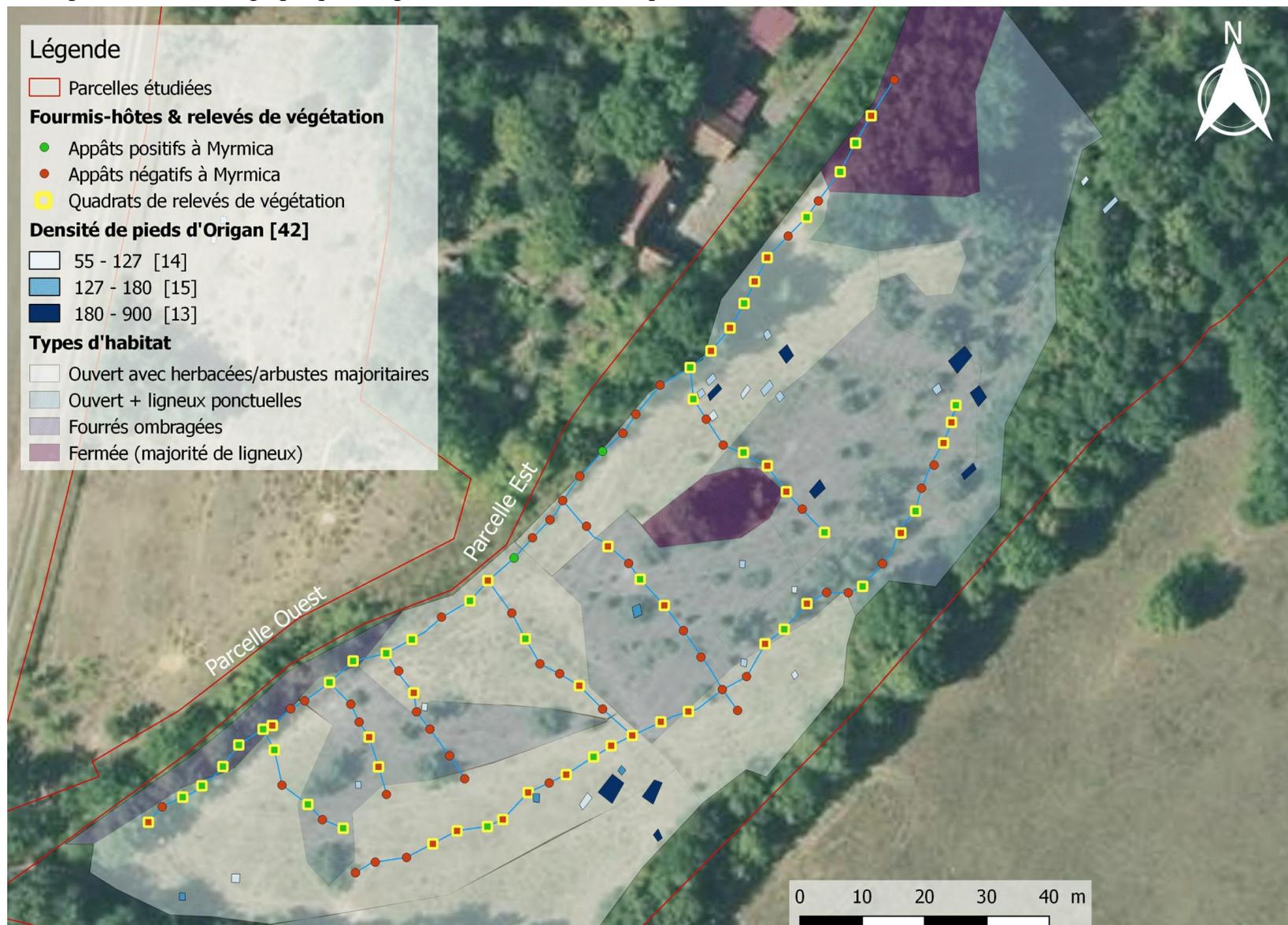
Annexe 3 : Illustrations photos des nids de *Myrmica sabuleti* observés. (A) Observation d'un nid sous une pierre. (B) Nid à la base d'une touffe de graminées.



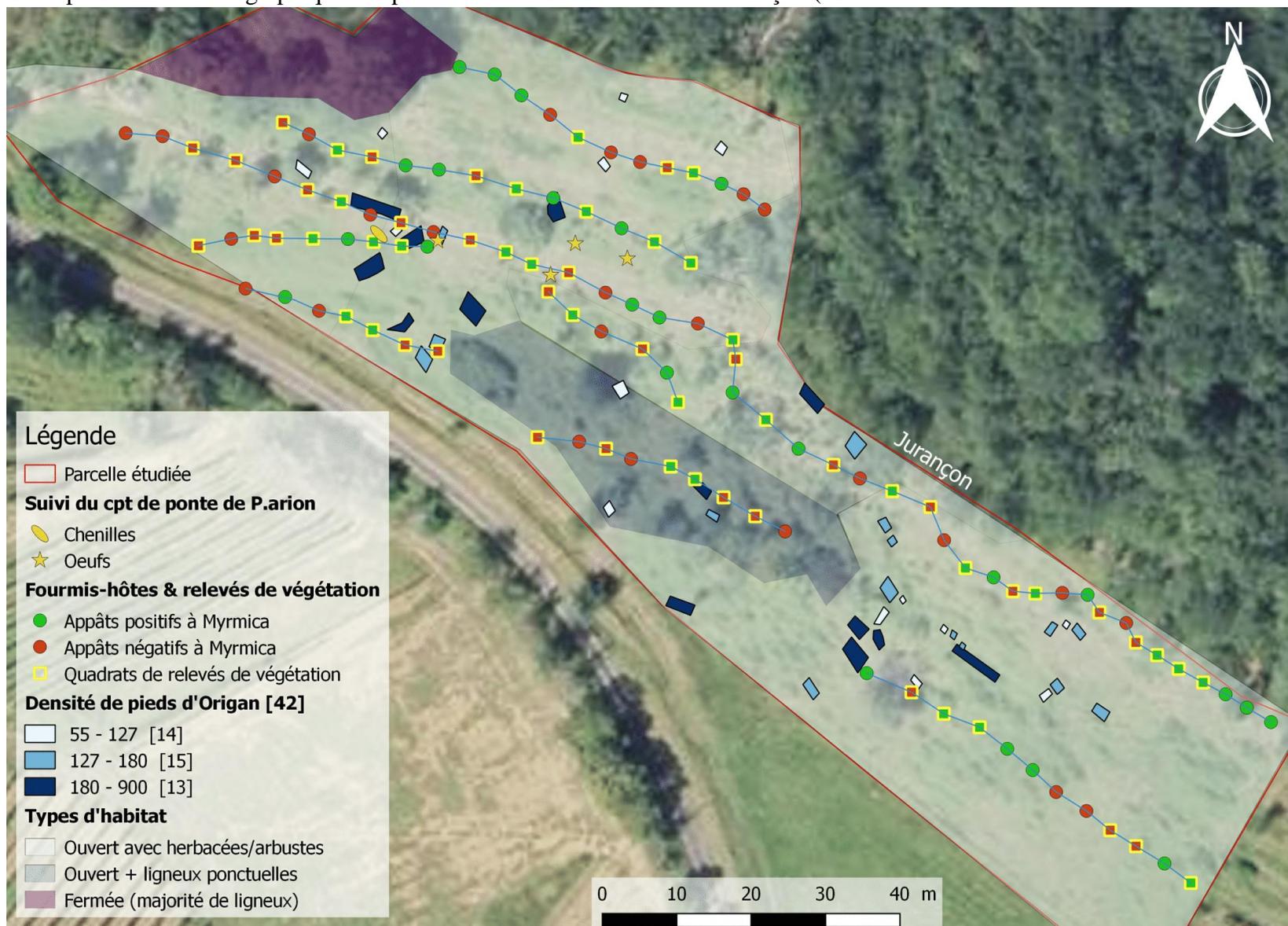
Annexe 4 : Dendrogrammes issues de la CAH pour le site de Jurançon (A) et de Mounicou partie Est (B).



Annexe 5 : Représentation cartographique des protocoles réalisés sur la partie Est de Mounicou (MOE)



Annexe 6 : Représentation cartographique des protocoles réalisés sur le site de Jurançon (JU)



Annexe 7 : Illustrations photos des inflorescences d'Origan où ont été repérés les œufs de *Phengaris arion* durant le suivi du comportement de ponte



Résumé :

En Aquitaine, la déclinaison régionale du Plan National d'Actions en faveur des *Maculinea* a conduit à la mise en place de protocoles visant à améliorer les connaissances liées à la fourmi-hôte de l'Azuré du Serpolet. L'inventaire des fourmis-hôtes sur 10 sites connus à *Phengaris arion* en Aquitaine a mis en évidence 6 espèces du genre *Myrmica*. *Myrmica sabuleti* est l'espèce de fourmi-hôte la plus relevée dans le sud de l'Aquitaine. L'étude, s'intéressant à la caractérisation des facteurs influençant la présence des nids de cette espèce sur 2 sites Béarnais, a permis de relever une spécificité liée aux sites. Les paramètres influençant la présence de nids de *Myrmica sabuleti* sont principalement liés à la hauteur de végétation et l'isolation du sol des températures inadaptées à l'activité des ouvrières. La hauteur de végétation doit donc être relativement basse (>50cm) et hétérogène afin de maximiser l'isolation du sol. Cette fonction peut être réalisée par la présence de lisières arbustives ou arborées mais également par la présence d'espèces cryptogamiques. D'autres facteurs ont une influence sur la présence de nids de *M. sabuleti*. La compétition interspécifique, caractérisée par un conflit de niches entre la fourmi-hôte et des espèces de fourmis antagonistes, et la pression de pâturage, impactant la hauteur de végétation et l'hétérogénéité des habitats, si elle est mal calibrée. La mise en valeur des paramètres locaux caractérisant la niche écologique des fourmis du genre *Myrmica*, sont à considérer dans les mesures de gestion afin de privilégier et de favoriser l'ensemble du système « *Phengaris arion* – *Myrmica* – Origan ».

Mots-clés : *Myrmica sabuleti* ; *Phengaris arion* ; Origan ; niche écologique ; hauteur de végétation ; pelouses thermophiles ; Béarn

Abstract

In the Aquitaine French region, in order to preserve the large blue butterfly (*Phengaris arion*), a conservation plan focusing on his ant-host (*Myrmica* genus) has been created. In this context, different studies were conducted at different scales: all the region of Aquitaine and the Pyrénées-Atlantiques department (Béarn area). Six potential ant-host were found in all the region. *Myrmica sabuleti* is the most sampled ant species in 2 study sites of the Béarn. The study mainly, consisted to characterize different parameters which can, possibly, affect the *Myrmica sabuleti* nesting places. It was discovered that the turf heights and the soil insulation have huge effects on this specie. It can be explained by solar radiation reaching the ground and

warming it. If the soil reaches a temperature too important, then *M. sabuleti* workers activity greatly decreased. Turf height must be smaller than 50 cm and associated with other vegetation element to improve habitat heterogeneity and soil isolation. These conditions can be found close to forest borders or tall shrubs. A lot of parameters have potential influences on the nesting sites such as neighbours ant species. The interspecific competition can result of an ecological niche battle. Site management, by overgrazing or under grazing, affects turf heights and habitat heterogeneity at different scales and indirectly *Myrmica* ants. All these parameters are important to consider in way to improve site management and to be as favorable as possible to this ant-host and all the “*Phengaris arion* -*Myrmica* – *Origanum vulgare*” system.

Key-words: *Myrmica sabuleti* ; *Phengaris arion* ; oregano ; ecological niche ; turf heights ; thermophilic lawn ; Béarn

.