LUCAS Emilie

Master 1 mention Biodiversité Ecologie Environnement

Impact de la gestion conservatoire par le pâturage sur les populations d'Azuré de la Croisette (*Maculinea alcon rebeli*) et de ses partenaires : la Gentiane Croisette (*Gentiana cruciata*) et l'espèce de *Formicidae* associée.

Photographie d'un imago de *Maculinea alcon rebeli*

Stage réalisé au Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie

Responsable : Mr MESSEAN Adrien, Chargé d'étude scientifique

Soutenu à l'UFR de Biologie de Grenoble, le 9 mai 2010

Année 2009-2010

Remerciements :

Je tiens à remercier tous les membres du Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie pour leur accueil dans le cadre de mon stage de master 1, et plus particulièrement l'ensemble de l'équipe de l'antenne de l'Aisne pour leur disponibilité, leur gentillesse et leurs conseils.

La première personne que je tiens à remercier chaleureusement est Adrien MESSEAN pour les connaissances qu'il a accepté de partagé avec moi. Il a toujours su se montrer disponible, m'a soutenu et conseillé avec beaucoup d'attention.

Je remercie David FRIMIN, qui a su me laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de mes travaux, tout en y gardant un œil critique et avisé.

Merci à Christophe ANANIE, nos échanges continuels, si riches, ont fortement contribué à la qualité de mon travail. Mes remerciements vont également à Pascaline LOQUET, Marie Hélène GUISLAIN et Thibault GERARD pour leurs informations précieuses et à Loïc LEGLISE, Marc GEORGE et Jérémie HUMMEL pour la patience qu'ils m'ont accordé et le temps qu'ils ont accepté de me consacrer.

Je remercie infiniment Dominique THEVENET et Annick GEOFFROY qui m'ont accueilli avec une grande simplicité, par leur gentillesse elles ont su me faire oublier mon éloignement et avec la complicité de « Cheyenne » et « Véralina » ont favorisé mon intégration et la découverte de cette région inconnue. Merci pour ce qu'elles sont et ce qu'elles donnent.

Merci à Claire et Pierre Antoine DELMOTTE pour leur accueil chaleureux et qui ont tout mis en œuvre pour que je me sente comme « chez moi ».

Je me souviendrai toujours de votre gentillesse et surtout des moments formidables passés ensemble.

Sans oublier mes parents, qui ont su être là pour moi, malgré la distance et qui ont eu la patience de m'épauler en toutes circonstances.

Sommaire

1 CONTEXTE 1

1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE 1
1.2 STRUCTURE D'ACCUEIL 2

2 MATERIELS 2

2.1 SITES D'ETUDE 2
2.1.1 Les marais de la Souche 2
2.1.2 Le camp militaire de Sissonne 4
2.2 BIOLOGIE DES ESPECES ETUDIEES 5
2.2.1 Maculinea alcon rebeli (Hirschke, 1904) 5
2.2.2 Formicidae 10
2.2.3 Gentiana cruciata 12

3 METHODES 13

3.1 ANALYSE PREALABLE 13
3.2 COMPLEMENTS D'INFORMATIONS SUR L'ECOLOGIE DE LA SYMBIOSE 14
3.2.1 Détermination de la (ou des) fourmis hôte(s) 14
3.2.2 Détermination de la zone préférentielle de ponte 15
3.2.3 Suivi des chenilles de Maculinea alcon rebeli 15
3.3 EVALUATION DE L'IMPACT DU PATURAGE 15
3.3.1 Formicidae 16
3.3.2 Gentiana cruciata 16
3.3.3 Maculinea alcon rebeli 17
3.3.4 Suivi du pâturage 17

4 RESULTATS 17

4.1 ETAT INITIAL 17
4.1.1 A l'échelle du quadrat 17
4.1.2 A l'échelle du site de Marchais 23
4.2 IMPACT DU PATURAGE 24
4.2.1 Dégradations de Gentiana cruciata 24
4.3 INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'ECOLOGIE DE LA SYMBIOSE 26
4.3.1 Détermination de la (ou des) fourmi(s) hôte(s) 26
4.3.2 Détermination de la zone préférentielle de ponte 26
4.3.3 Suivi des chenilles de Maculinea alcon rebeli 30

5 DISCUSSION 32

5.1 AJUSTEMENTS DU PROTOCOLE 32
5.1.1 Localisation des Formicidae 32
5.1.2 Caractérisation et localisation de Gentiana cruciata 33
5.2 ANALYSE COMPLEMENTAIRES SUR L'ECOLOGIE DE LA SYMBIOSE 34
5.3 IMPACT DU PATURAGE 34
5.4 LIMITES DE L'ETUDE 36

6 CONCLUSION 37

ANNEXE 1 : LOCALISATION DES SECTEURS ETUDIES ..... - 1 -

ANNEXE 2 : REALISATION DES NASSES A EMERGENCE ..... - 2 -

ANNEXE 3 : DISPOSITIONS DES PIEGES AU SEIN D'UN QUADRAT ..... - 3 -

ANNEXE 4 : LOCALISATION DES QUADRATS A MARCHAIS ..... - 4 -

ANNEXE 5 : LOCALISATION DES QUADRATS A SISSONNE ..... - 5 -

ANNEXE 6 : BASE DE DONNEES POUR LE SUIVI DE *MACULINEA ALCON REBELI* ..... - 6 -

ANNEXE 7 : EXEMPLE : SCHEMA RECAPITULATIF D'UN QUADRAT (N°6 DE MARCHAIS) ..... - 7 -

ANNEXE 8 : CARTOGRAPHIE DE PIEDS DE *GENTIANA CRUCIATA* EN 2007() ET 2010(EL). ..... - 8 -

ANNEXE 9 : RESULTATS DES PROSPECTIONS DANS L'OISE ..... - 9 -

ANNEXE 10 : DETAIL DES REGRESSIONS LINEAIRES DES DIFFERENTS CRITERES MORPHOLOGIQUE EN FONCTION DE LA DENSITE DE PONTE ..... - 10 -

ANNEXE 11 : DETAIL DES RELEVES DES SUIVIS DE LA CINETIQUE DE PONTE ..... - 11 -

BIBLIOGRAPHIE ..... - 13 -

RESUME ..... - 18 -

1 Contexte

1.1 Objectifs de l'étude

La Picardie est composée de trois départements : l'Aisne, l'Oise et la Somme, regroupant 2 293 communes sur un territoire de 19 399 km². Cette région compte 85 espèces de papillons de jour, représentant 35% de l'effectif national. Le camp militaire de Sissonne abrite certaines espèces de Rhopalocères disparues du reste du Nord de la France, comme par exemple le Cuivré Ecarlate (*Palaeochrysophanus hippothoe*) et de nombreux *Maculinea.*

Toutes les espèces européennes du genre *Maculinea* (*M. rebeli* H., *M. alcon* D. & S., *M. arion* L., *M. nausithous* B., *M. teleius* B.) font partie des espèces de lépidoptères les plus en danger au monde (Livre Rouge des Invertébrés, 1983) et bénéficient d'un statut de protection communautaire ou national. Cet état est principalement dû à la spécialisation de leur cycle de vie, combiné à la disparition de leurs habitats (déprise et intensification agricole). Ces phénomènes touchent particulièrement la Picardie où la surface de terres en culture intensive représente près de 70% du territoire régional (1 326 000 ha en 2007 (INRA)). L'établissement de populations viables de *Maculinea* est d'autant plus difficile qu'il requière la présence simultanée de ses deux hôtes. Ainsi, leur conservation passe par une gestion des habitats qui optimise à la fois les populations de *Myrmica* hôtes et les populations de plantes hôtes. Les connaissances nécessaires à la conservation des groupements floristiques sont suffisantes pour gérer les plantes hôtes. En revanche, l'impact des modalités de gestion de l'habitat, sur les populations de *Formicidae* est assez mal connu.

Ce stage se place dans le cadre de la préparation à la déclinaison régionale du Plan d'Action National en faveur des *Maculinea*. Celui-ci a deux principaux objectifs : l'acquisition de données quantitatives sur l'état de ces populations et l'amélioration de l'état de conservation des espèces de *Maculinea* et de leurs habitats en France. Le présent travail consiste, en partie, à compléter les connaissances sur l'Azuré de la croisette (*Maculinea alcon rebeli*) et ses partenaires symbiotiques (l'adoption des chenilles par l'espèce de *Myrmica* hôte et l'utilisation de la plante hôte, *G. cruciata*). L'objectif principal reste la mise en place d'un protocole de suivi à long terme afin d'évaluer l'impact des modalités de gestion du site sur le cycle de *M. rebeli*. Pour cela, la densité des nids de fourmis, des pieds de *G. cruciata* et d'imago de *M. rebeli* sera évaluée pour déterminer un état initial du site. Les expériences sont menées sur les deux derniers sites de l'Aisne accueillants *M. rebeli* et *G. cruciata* ***(Cf Annexe 1)***. Le premier est pâturé par des bovins et se situe sur les pelouses sèches à Marchais dans les marges des marais de la Souche. Le second se situe sur le camp militaire de Sissonne et les secteurs de pelouses étudiées seront pâturés par des ovins.

1.2 Structure d'accueil

Les conservatoires régionaux d'espaces naturels sont des associations qui interviennent au moyen de fonds publics et privés (subventions publiques, contrats d'objectifs, mécénats d'entreprises et souscriptions auprès des particuliers), pour la préservation des sites naturels remarquables. Il existe vingt et un conservatoires régionaux en France métropolitaine. C'est, en tout, plus de 1500 sites, soit 40 000 hectares de milieux naturels, qui sont protégés et gérés. À ce titre, c'est le premier réseau privé de protection des milieux naturels de France.

L'action des conservatoires est basée sur une démarche en partenariat avec de nombreux acteurs intervenant sur les espaces naturels (Parcs Naturels Régionaux, gestionnaires d'espaces naturels protégés, forestiers, agriculteurs…). Les conservatoires sont particulièrement sollicités dans le contexte de la déprise agricole. Des plans de gestion de chaque site sont ainsi établis, afin de programmer les actions de sauvegarde ou de restauration des milieux, permettant ainsi la conservation in situ de la richesse biologique des milieux naturels sensibles et menacés. Les conservatoires contribuent aussi à l'amélioration et à la diffusion de la connaissance sur les habitats et les espèces. Des « sorties nature » sont ainsi encadrées par des salariés ou des bénévoles sur les sites du conservatoire auprès des habitants et des acteurs locaux.

Le Conservatoire des Espaces Naturels de Picardie (CEN Picardie) a été créé en 1989 et gère aujourd'hui près de 140 sites naturels sur 3 734 ha dans les trois départements (Somme, Oise, Aisne). Le siège régional se trouve à Amiens mais il existe deux antennes départementales dont celle de l'Aisne qui a été créée en 2002. Actuellement, l'association compte 43 salariés.

2 Matériels

2.1 Sites d'étude

2.1.1 Les marais de la Souche

Situé en bordure Nord-Est du bassin parisien, la plaine Laonnoise est séparée de la plaine Champenoise par les marais de la Souche. Ces derniers, situés à une altitude de 70 m, s'étendent sur près de 3 500 hectares dont 1 500 hectares de tourbière. Il s'agit d'une tourbière alcaline, typique des vallées à fond plat, alimentée par la nappe phréatique de la craie (type de tourbière le plus répandu en Picardie[1]). La dépression des marais de la Souche a probablement été creusée dans la craie au cours des différentes périodes froides du quaternaire. Les différents réchauffements qui ont suivi ont entraîné le colmatage organique de la vallée. Les marais de la Souche sont parcourus par deux rivières, la Souche dont les sources sont situées sur la commune de Sissonne et son affluent la Buze. L'alimentation en eau se fait par la nappe et par des sources artésiennes.

[1] i.e. couvrant les plus grandes surfaces et concernant les plus gros gisements de tourbe

Dans la deuxième moitié du XIXème siècle la tourbe fut exploitée dans un premier temps de manière artisanale. Après 1880, l'extraction s'est faite industriellement, ce qui a entraîné la formation de vastes étangs profonds et géométriques. Les marais de la Souche présentent une grande diversité aussi bien floristique que faunistique. En effet, ils sont classés ZSC[2] sur plus de 2700 hectares, et ZNIEFF[3] de type 1 et 2. Sur ce site près de quinze types d'habitats naturels ont été identifiés et localisés. Outre les étangs et les zones tourbeuses, les communaux de Marchais abritent également des milieux sableux. Ces milieux de pelouses sèches abritent notamment l'Azuré de la Croisette. L'étude se cantonnera donc à ce secteur.

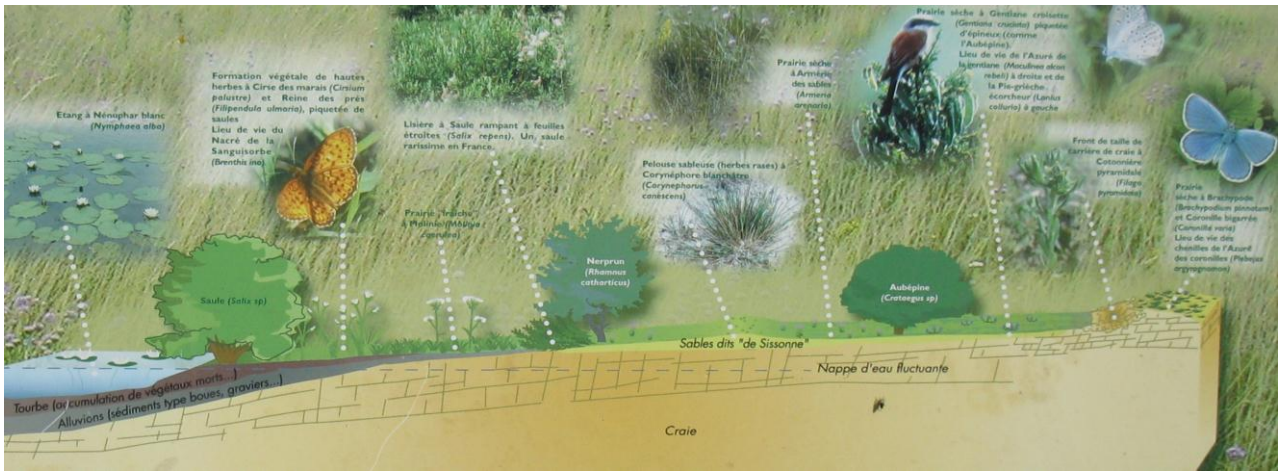


Schéma récapitulatif des différents milieux des marais de la Souche. (CEN Picardie, 2007)

Le développement de l'agriculture intensive, durant les années 1960, marque, dans la région Picardie, le déclin des activités pastorales et de fauche. Le changement des pratiques dans l'utilisation du marais entraîne la fermeture spontanée du milieu, réduisant considérablement la part des milieux herbacés, plus riches en espèces remarquables. Ainsi ce marais constitue l'un des sites de plus grands enjeux du Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie. Depuis 1998, afin de conserver la richesse de ces milieux, le Conservatoire intervient en tant que gestionnaire de parcelles à enjeux, ou conseille les acteurs locaux sur leurs gestions. Des conventions de partenariat ont été passées entre le CEN Picardie et des communes de ce territoire.

Bien que le pâturage extensif se révèle un des moyens le plus adapté pour la conservation des milieux ouverts, le contexte actuel de l'élevage limite aujourd'hui les possibilités de partenariats avec le monde agricole. Une des clefs de la conservation des milieux tourbeux picards tient dans le rétablissement de valorisations économiques de ces espaces (pastoralisme et exploitation des boisements). Après la coupe de fourrés en 2005, la parcelle sèche à proximité de Marchais a été entretenue durant quatre années par fauche. En 2010, grâce à un éleveur local, un troupeau d'une trentaine de bovins permet l'entretien des pelouses sèches et d'une partie de la zone humide du secteur.

[2] Zone Spéciale de Conservation
[3] Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

2.1.2 Le camp militaire de Sissonne

Le camp militaire national de Sissonne, inauguré le 17 juillet 1896, est situé à une vingtaine de kilomètres à l'Est de Laon. Dans sa délimitation actuelle (depuis juin 1914), il marque la limite entre les collines boisées du Laonnois et la plaine crayeuse Champenoise. Cet espace est à cheval sur plusieurs communes : Sissonne, La Selve, Lappion, Nizy-le-Comte, La Malmaison, Amifontaine et Saint-Erme. Le sol ingrat y est peu propice aux cultures. Peu épais, il repose sur la craie Sénonienne recouverte d'une façon variable par une couche de sable de Sissonne. Sans cours d'eau mais possédant toutefois des mares temporaires, il est le vestige des paysages ancestraux de la Champagne pouilleuse. Aujourd'hui encore, plus de la moitié du camp de Sissonne est recouverte par des espaces ouverts composés de pelouses et d'ourlets plus ou moins piquetés d'arbustes, ce qui donne à ce paysage l'aspect d'une steppe. Depuis le début du siècle c'est donc près de 6 000 hectares qui sont laissés aux activités militaires. Il en résulte la présence d'un patrimoine naturel exceptionnel qui, à bien des égards, n'a pas d'égal en Picardie. En effet, sur le camp on retrouve la plupart des stades de végétation (pelouses, ourlets, hêtraies calcicoles, milieux pionniers et ornières inondées) accueillant des espèces animales et végétales originales.

Le camp est en particulier l'un des plus grands sites de pelouses calcicoles pour le Nord de la France (habitats en forte régression au niveau européen). Grâce à leur qualité et leur superficie, les pelouses du camp de Sissonne sont le refuge pour de très nombreuses espèces animales et végétales typiques des pelouses calcicoles. Ce stade de végétation, d'ambiance méridionale, crée une zone très favorable à la Gentiane Croisette, dont le camp de Sissonne concentre une part importante des effectifs régionaux.

Néanmoins comme partout ailleurs, l'absence de pâturage, la diminution des manœuvres militaires et la baisse de la pression d'abroutissement de la faune sauvage (lapin, chevreuils) font que ces espaces remarquables s'embroussaillent de façon rapide. Tout en respectant la vocation militaire du camp, des actions de gestion commencent à être conduites afin de préserver les habitats et les espèces les plus remarquables. Sur le terrain, il s'établit des relations entre militaires et naturalistes. Ainsi, au travers d'une convention de partenariat entre le Conservatoire des Espaces Naturels de Picardie et la Défense, la mise en œuvre d'actions spécifiques dirigées vers la préservation du patrimoine naturel est devenue possible. Concrètement un pâturage ovin a été mis en place en 2007 et poursuivit depuis, dans le but de ralentir la fermeture de certaines clairières. Afin de ré ouvrir une zone de saut, les militaires ont entamé la restauration (broyage en 2009) d'une large zone en pelouse. Ainsi, en 2009 et 2010 un troupeau d'ovins est utilisé sur ce secteur afin de gérer les espèces patrimoniales. L'accès des conservateurs aux milieux naturels situés dans l'enceinte du camp militaire national de Sissonne est toutefois limité.

2.2 Biologie des espèces étudiées

2.2.1 *Maculinea alcon rebeli* (Hirschke, 1904)

2.2.1.1 Description

L'Azuré de la Croisette (*Maculinea alcon rebeli*) est un Lépidoptère, Rhopalocère de la famille des *Lycaenidae*, famille caractérisée par des papillons à dichroïsme[4] sexuel marqué.

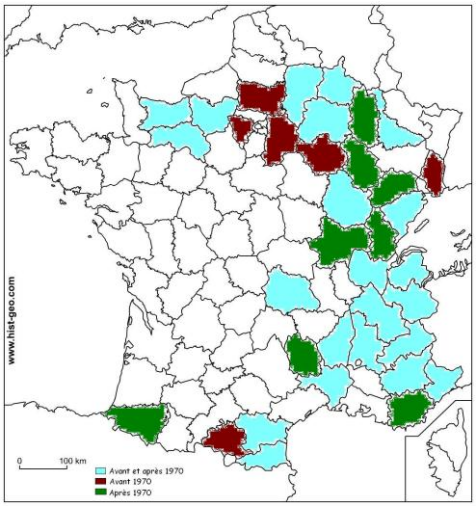
- Morphologie :

L'imago[5] a une envergure de 17 à 20 mm. Le dessus des ailes des mâles est bleu sombre à bordures noires nettes. Celui des femelles est brun avec des reflets bleus à la base. Le revers des ailes des deux sexes est gris brun avec une série d'ocelles[6] noires et une suffusion[7] bleue, caractéristique de l'espèce. Les pelouses sèches et prairies maigres mésophiles lui conviennent particulièrement et ce jusqu'à 2000 m d'altitude.

Imago de *Maculinea alcon rebeli*
Guy Padfield, Switzerland, Juin 2005

- Répartition :

Au niveau national, l'espèce est particulièrement présente dans les zones montagneuses, essentiellement à l'Est (Alpes, Jura et Pyrénées), et de manière plus sporadique ailleurs. Les populations sont très localisées dans le Massif Central et le Nord où il a disparu de plusieurs zones telles que la région Parisienne, l'Oise, l'Aube et l'Alsace en plus de l'Ariège. En Picardie cette espèce se maintient seulement dans l'Aisne, où sa répartition est limitée aux deux seuls secteurs de Marchais et du camp national militaire de Sissonne. Dans cette région *M. rebeli* est une espèce en limite d'aire et la gestion conservatoire de l'ensemble des stations où l'espèce est présente est une priorité.



Carte établie à partir des données de l'U.E.F. (1999) et de T.Lafranchis (2001).

- Statut de protection :

Maculinea fait partie des genres de lépidoptères les plus en danger au monde, du fait de la spécialisation de son cycle de vie. *Maculinea alcon rebeli* est menacé à l'échelle européenne (Vulnérable (VAN SWAAY et WARREN, 1999)) et à l'échelle nationale sur l'ensemble de son aire de répartition. Elle bénéficie d'une protection nationale, d'après les décrets du 3 août 1979 et du 23 juillet 1993. *M. rebeli* est une espèce catégorisée « en danger

[4] Différence morphologie entre les individus d'une même espèce.
[5] Stade final du développement d'un insecte (= après sa métamorphose).
[6] Tache arrondies, souvent noire.
[7] Couleur de la base (thorax) pénétrant plus ou moins dans l'aile (jusqu'à l'aire basale ou discale).

» sur la Liste Rouge nationale (inventaire de la faune menacée de France). Faisant partie du Groupe I des espèces à enjeu de conservation, cette espèce est considérée comme prioritaire pour la conservation (Catégorie A : **Priorité 2**) (OPIE, 2001) et comme vulnérable suivant le statut de conservation IUCN 2007 (**VU** A1ac) à l'échelle mondiale.

- Prédation :

Le taux de prédation dans la nature est fort et s'exerce depuis le premier stade jusqu'au stade adulte. A l'émergence, les imagos sont particulièrement sensibles aux araignées, reptiles, et libellules. Les chenilles de premier stade peuvent être détruites par les araignées et les coléoptères (LHONORE J., 1998). Il ne semble pas y avoir de prédation particulière sur les œufs. Cependant, il est possible que les microhyménoptères les parasitent (THOMAS J.A. et ELMES G.W., 1989 et 1992). Pour la plante hôte, les dégâts causés à l'ovaire par les chenilles ne sont guère préjudiciables à la maturation des graines, un tout petit pourcentage avorte mais plusieurs milliers mûrissent dans chaque ovaire (LHONORE J., 1996).

- Phylogénie :

Une étude de phylogénie moléculaire a été réalisée sur l'ensemble des espèces eurasiatiques des genres *Maculinea* Van Eecke, 1915 et *Phengaris* Doherty, 1891 (FRIC Z.K. et *al.*, 2007). Cette étude montre que l'ensemble des espèces forme un groupe monophylétique et que le genre *Phengaris*, doit être le taxon de référence pour ce groupe. Cependant, dans le cadre de ce travail, le genre Maculinea sera utilisé.

La séparation entre *Maculinea alcon alcon* et *Maculinea alcon rebeli* est fortement controversée. Longtemps, aucune différence n'a été faite entre ces deux espèces ou plutôt ces deux formes écologiques. En effet, aucune différence n'a été établie pour les œufs et les chenilles et la différence des imagos n'est pas flagrante. La principale différence réside dans leur écologie (plante hôte et fourmis hôte). Le vicariant de *M. alcon rebeli* évolue sur des terrains humides et alcalins, où pousse *Gentiana pneumonanthe*. De plus, de récentes études phylogéniques montrent que *M. alcon* et *M. rebeli* sont deux écotypes d'une même espèce. Certains détails du cycle de vie présenté ci-dessous ont été basés sur des études réalisées sur *M. alcon*, durant ce stage des observations complémentaires seront effectuées afin de confirmer les périodes évoquées.

2.2.1.2 Cycle de vie

Comme tous les papillons du genre *Maculinea*, le cycle de vie de *M. rebeli* est remarquable, car il doit obligatoirement impliquer une plante et des fourmis du genre *Myrmica*. Cette espèce myrmécophile est monovoltine, avec une faible capacité de dispersion (entre 100 et 300 mètres). L'espérance de vie des adultes peut aller jusqu'à un mois mais ne dépasse pas la dizaine de jours en conditions naturelles.

- Ponte :

La période de reproduction se situe habituellement entre le mois de juin et le mois d'août. Cette période varie non seulement en fonction de la latitude, de la longitude et de l'altitude mais également localement en fonction de la période de floraison de la plante hôte. Cette période n'est donc pas clairement établie pour la Picardie.

Femelle de *Maculinea alcon rebeli* pondant sur un pied de *Gentiana cruciata* Lucas Emilie, Marchais, 2010

Une femelle pond environ 80 œufs séparément sur la Gentianes croisette (*Gentiana cruciata*). Ils sont blancs, sphériques et mesurent entre 0,7 et 0,8 mm de diamètre. Selon la majorité des publications, la femelle *Maculinea* ne serait pas capable de détecter les fourmilières hôtes (ELMES G.W. et THOMAS J.A., 1992). Cependant, l'hypothèse d'une reconnaissance soit de l'hôte, soit de variables environnementales corrélées avec la présence de l'hôte (FIEDLER et *al.*, 1996) pourrait expliquer la relation observée entre le lieu de ponte et la présence de nids de *Myrmica* (SCHEPER et *al.*, 1995). Les femelles *M. alcon* semblent ne pas avoir de préférence de ponte vis-à-vis de la taille de la plante (COLOMBO J.B. et *al.*, 2001). En revanche d'autres caractères morphologiques peuvent influencer la ponte, tels que le nombre de tiges, leur résistance et le nombre de boutons par pied (HOZAK C.M., 2000) (préférence pour un nombre important de tiges fertiles épaisses, dépassant de la végétation).

L'étude de COLOMBO J.B. et *al.* (2001) montre que les femelles semblent pondre préférentiellement sur les boutons plutôt que sur les parties végétatives (95% contre 5% respectivement). En effet, comme l'a déterminé LHONORE J. (1998), la survie de la chenille est optimale si l'œuf se trouve sur la corolle, car la chenille en sortant se trouve directement sur sa source de nourriture.

- 1er et 2ème stades larvaires - Dans la Gentiane :

Le chorion[8] de *M. rebeli* et *M. alcon* est beaucoup plus épais que celui des autres lycènes, ce qui semble les protéger de nombreux parasitoïdes (LAFRANCHIS T., 2001). Le développement embryonnaire dure entre quatre et dix huit jours suivant les conditions climatiques et la température (ROZIER Y., 2006). À la fin de cette période la chenille (de 1 à 1,5 mm) sort de l'œuf par sa base (plus fine), et traverse la corolle (en 3 à 4 minutes) pour pénétrer dans les tissus de l'ovaire (LHONORE J., 1996). Les éclosions ont lieu en général en fin d'après midi. Les chenilles sont alors endophytes[9] et se nourrissent des anthères et des carpelles en formation de *Gentiana cruciata* (séminiphage[10]), elles peuvent même devenir cannibales. LHONORE J. (1996) a évalué qu'une fleur de Gentiane ne peut guère supporter, simultanément, plus de six chenilles, sinon le développement complet ne s'effectuera pas pour la majorité des chenilles. Au dessus de dix œufs par bouton cette mortalité est principalement due à la compétition intra-spécifique. Aux cours de ces premières phases, qui durent entre

[8] Enveloppe externe de l'œuf.
[9] Organisme végétal ou animal vivant à l'intérieur d'un végétal, sans pour autant en être le parasite.
[10] Organisme se nourrissant des organes reproducteurs de son hôte.

deux et trois semaines, les chenilles réalisent deux mues (seulement pour *M. rebeli* et *M. alcon*, trois mues pour les autres espèces de *Maculinea*) et atteignent 1,5% de leur masse finale (SIELEZNIEW M. et *al*., 2007).

- 3ème stade larvaire - Adoption :

Au troisième stade, les chenilles vont forer un nouveau trou dans la corolle de la plante hôte afin de se laisser tomber au sol, généralement à une heure où l'activité des *Myrmica* est à son maximum (ELMES G.W. et *al.*, 1991) (juste avant le crépuscule) (Groupe de Travail des Lepidopteristes, 1987). La chenille émet alors des phéromones qui imitent celles de ses fourmis hôtes potentielles. D'après la littérature, il existe deux catégories d'espèces hôtes propres pour chaque espèce de *Maculinea*. Les espèces dites hôte principal, nécessaire à la survie d'une population et les espèces dites hôtes secondaires, accueillant potentiellement les *Maculinea*. Les hôtes de *M. rebeli* seront développés dans la partie consacrée aux fourmis. Si l'hôte principal adopte la chenille, celle-ci a de très fortes chances de survivre. L'ouvrière hôte principale, examine alors tactilement la chenille et la prend en charge, en quelques secondes, jusqu'au nid où elle la soignera et la léchera. En revanche, lorsque la chenille est adoptée par une espèce hôte secondaire, elle sera de plus en plus attaquée ou négligée et aura peu de chance de survie (CHAPPUIS J.B., 1999). De plus, si elle est trouvée par une toute autre espèce, elle sera traitée en tant que proie. L'attractivité de la chenille diminue au cours du temps (ALS T.D. et *al*., 2001) et elle est condamnée si elle n'est pas trouvée dans les deux jours (THOMAS J.A. et *al*., 1989). Une fois adoptée la chenille change d'émission de phéromones et commence à synthétiser des composés chimiques spécifiques de la reine hôte, ce qui lui confère un très haut statut social dans la fourmilière.

- 3ème stade larvaire - Dans la fourmilière :

Au quatrième stade, la chenille devient cleptoparasite[11] (LHONORE J., 1996). Certaines espèces de *Maculinea* sont dites prédatrices, c'est-à-dire qu'elles vont consommer une bonne partie du couvain durant leur séjour dans la fourmilière. En revanche, *M. rebeli*, tout comme *M. alcon*, est dite espèce « coucou ». La chenille, une fois dans le nid est nourri par les ouvrières via trophallaxie[12] (ELFFERICH 1963, ELMES G.W. *et al.* 1991). En effet, la chenille mime la larve de reine de fourmis et est donc traitée comme si elle faisait partie du couvain. En contrepartie, les fourmis lèchent la substance sucrée et protéinée que la chenille sécrète par des glandes abdominales (organe de NEWCOMMER). Durant son séjour la chenille va augmenter d'environ onze fois sa masse corporelle. La stratégie évoluée des espèces coucou permet une bonne coexistence avec les fourmis. Le nombre de chenilles hébergées est six fois plus élevé que chez les espèces prédatrices (*M. arion*, *M. teleius* et *M. nausithous*), soit six chenilles en moyenne dans un nid (THOMAS J.A. et ELMES G.W., 1998).

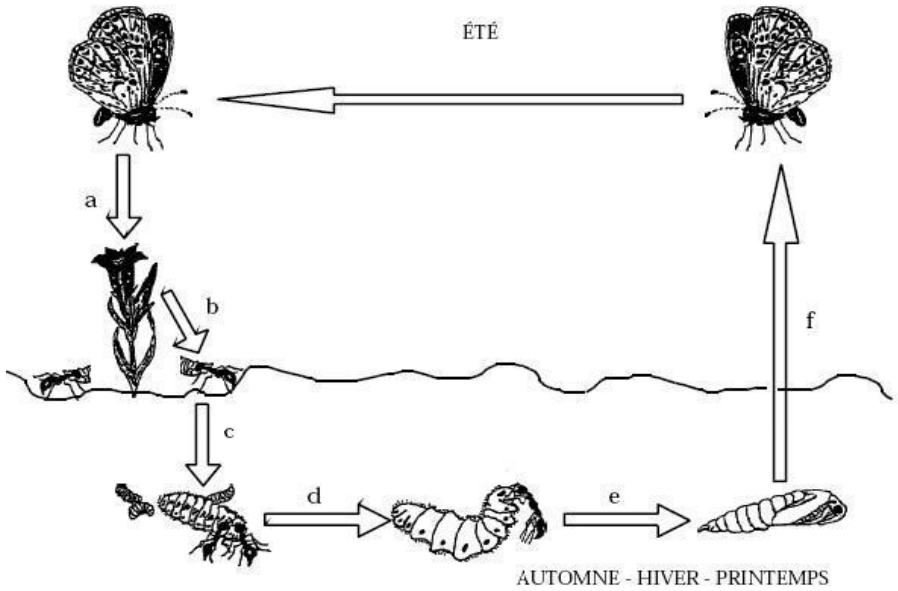
[11] Animal qui se nourrit aux dépens de la production ou de proies capturées par une autre espèce.
[12] Régurgitation du contenu du jabot

- Hivernation :

On observe deux types de chenilles, certaines vont accomplir leur développement au court du premier printemps et donneront des adultes après un an de vie. Les autres accomplissent leur développement sur deux ans (DUPONT P., 2001). Lorsque les températures baissent les phénomènes métaboliques de la fourmilière ralentissent. Les larves de fourmis cessent leur croissance et entrent en diapause. La chenille, quand à elle, hiverne dans la fourmilière, cessant son activité en même temps que les fourmis, elle peut perdre jusqu'à 50% de son poids, en consommant les réserves de graisse accumulées pendant sa première phase de croissance (CHAPPUIS J.B., 1999).

- Nymphose :

La nymphose de la chenille se déroule au sommet du nid, pour les nids endogés cette zone est proche de la surface du sol. Certaines espèces de fourmis construisent même un solarium[13], au dessus de la surface du sol, afin que les rayons du soleil réchauffent les larves. L'émergence a lieu 3 à 4 semaines après, dans la matinée (entre 8 et 10 heures du matin) (CHAPPUIS J.B., 1999) et en fin d'après midi (16h30 – 19h) (LHONORE J., 1996). Le papillon sort immédiatement et développe ses ailes en 30 minutes (LHONORE J., 1998). S'il n'est pas dérangé, il prendra son envol dans l'heure suivant l'émergence. En revanche s'il se blesse, il a de forte chance d'être attaqué par les ouvrières de la fourmilière (LHONORE J., 1996). Il y a protandrie chez cette espèce. En effet, les mâles éclosent quelques jours avant les femelles puis le sex-ratio s'équilibre. Ainsi, les mâles s'accouplent rarement avant d'avoir atteint deux, trois jours d'âge, tandis que les femelles le font aussitôt après l'éclosion (absence de phase de maturation ovarienne), quelquefois même avant que leurs ailes aient séché. Elles commencent à pondre avant la fin du premier jour de vie (Groupe de Travail des Lepidopteristes, 1987). Les adultes sont floricoles.



Cycle de vie de *Maculinea alcon rebeli*

a. Ponte des oeufs b. Adoption des chenilles par *Myrmica sp.* ; c. Transport des chenilles dans la fourmilière; d. Soins et échanges trophallaxiques e. Nymphose f. Emergence des imagos.

[13] Petite structure épigée de la fourmilière où se développent les œufs, les larves et les nymphes.

2.2.2 Formicidae

- Généralités :

Les fourmis comptent près de 20 000 espèces et seule la moitié est décrite (HOLLDOBLER et *al.*, 1990). Nombreuses sont celles qui jouent un rôle important dans l'écosystème : espèces architectes, intervention dans la dissémination des graines, dans la chimie du sol (LENOIR et *al.*, 2001), interactions avec des champignons, des plantes, des animaux (SCHULTZ et McGLYNN, 2000). Le rôle des fourmis pour la conservation des *Maculinea* fut attesté suite à la disparition en 1979 de *Maculinea arion* en Grande Bretagne malgré la création de six réserves naturelles (ELMES G.W. et THOMAS J.A., 1992). Il est reconnu de nos jours qu'elles constituent le facteur clé dont vont dépendre la taille, la stabilité et la persistance des populations de *Maculinea* (ELMES G.W. et *al.*, 1998). HOCHBERG et *al.* (1992 et 1994) considèrent qu'au sein du système *Maculinea* – plante hôte – fourmi, les facteurs limitant l'abondance et la persistance des populations de papillons peuvent être soit la dynamique de populations de la plante hôte, soit le nombre de nids de fourmis. La fourmilière semble apparaître comme la composante « long terme » pour le maintien du système du fait qu'elle persiste d'une année sur l'autre. La plante hôte est très influencée par la gestion du milieu et apparaît donc être l'élément à « court terme » pour le maintien des populations de *Maculinea* (MORAND A. et *al.*, 1994). En Europe, il semblerait que *Maculinea* soit associé au genre *Myrmica* mais l'association symbiotique avec les fourmis est encore mal définie

- Espèces hôtes :

La fourmi hôte principal de *M. rebeli* semble varier selon la zone géographique (ALS T.D. et *al.*, 2001). En effet la symbiose stricte avec une seule espèce de *Myrmica* parait être due à la présence d'un pool limité d'espèce potentiellement hôtes. Le nombre d'espèces de *Formicidae* hôtes d'une espèce de *Maculinea* augmente dès qu'on approfondi les recherches (PECH P. et *al.*, 2007). Ces données laissent à penser qu'il y a une adaptation locale des *Maculinea* en fonction des espèces de *Myrmica* présentent. En effet, il est à noter que des biotopes similaires sont occupés par des espèces de *Formicidae* différentes en fonction de la région. Ainsi, PECH P. et *al.* considèrent que ce ne sont pas les *Formicidae* qui influencent la répartition des *Maculinea* mais plutôt le microclimat local et la répartition de la plante hôte. Cette considération est à mettre en parallèle du fait que certains *Maculinea* sont absents de site ou le microclimat semble favorable et où la plante hôte est présente. Dans la plupart des études *Myrmica schenki* est considéré comme l'espèce hôte principal de *M. rebeli.* Parmi les autres espèces de fourmis présentes en France, cinq espèces sont qualifiées d'hôtes secondaires : *Myrmica sabuleti* Meinert, 1861, *Myrmica scabrinodis* Nylander, 1846, *Myrmica rugulosa* Nylander, 1849, *Myrmica specioides* Bondroit, 1918 et *Myrmica sulcinodis* Nylander, 1846 (STEINER et *al.*, 2003). Il est cependant à noter que lors d'étude d'élevage en laboratoire, *M. schenky* fut l'espèce permettant le moins la survie et le développement des chenilles de *M. rebeli* (SIELEZNIEW et *al.*, 2007). En effet, 7 jours après leur introduction,

seul 9 % des chenilles *M. rebeli* étaient en vie dans une fourmilière de *Myrmica schencki* contre 94 % chez *Myrmica sabuleti* et 82% chez *Myrmica scabrinodis*.

Durant ce stage, la pose de nasses à émergence sera effectuée pour tenter de déterminer les espèces accueillant *M. rebeli*. Dans l'attente de résultats, on peut considérer que l'espèce hôte principal de l'Azuré de la Croisette est *M. schencki.*

- Nids de *Myrmica sp.* :

La distribution des zones de nidification dépend de facteurs biotiques et abiotiques, tels que la température, l'humidité du sol, l'ombrage (éléments liés à la structure végétale), la profondeur du sol disponible, les ressources alimentaires, et la position des nids voisins (BRASCHLER et BAUR, 2003). Fréquemment, les colonies de *Mymica* occupent plusieurs nids durant les saisons chaudes et se regroupent en un seul nid pour passer l'hiver (PECH P. et *al.*, 2007). En général, les espèces du genre *Myrmica* ne construisent pas d'édifices épigés, mais des nids directement dans le sol ou sous des pierres ou du bois vermoulu. Dans les biotopes chauds et secs, les nids sont entièrement souterrains et seules une ou deux petites entrées révèlent leur présence. Ces structures de 3-5 mm de diamètre sont constituées par un entrelacement de débris de feuilles et de tiges d'herbacées (SEIFERT B., 1988) ou de sable. Les reines pondent en juillet et août de nombreux œufs qui se développent durant huit semaines. Une partie des larves éclosent en septembre, le reste entre en diapause l'hiver et éclos l'année suivante. Durant les mois d'été, une structure épigée (le solarium) est parfois construite afin que les larves se développent à la chaleur.

Les ouvrières réalisent la collecte de nourriture en affourageant la plupart du temps de façon aléatoire aux alentours du nid. Cette activité dépend du climat, de la date et de l'heure. Elle est plus intense entre 8 et 10h et entre 16 et 19h (ELMES G.W. et THOMAS J.A., 1992) sous un ciel couvert (WARDLAW J.C. et *al.*, 1998). Si une source de nourriture est trouvée, l'ouvrière (appelée guilde fourrageuse) rentre au nid en traçant sur son passage un chemin phéromonal. La Théorie du Fourragement Optimum (Optimal Foraging Theory ; Pereira da Silva) précise que les déplacements menant à la source de nourriture sont coûteux en temps et en énergie. Un codage permet aux individus de maximiser leur fitness[14] : si la source est attractive, proche, et qu'il n'y a pas de concurrentes, la concentration en phéromones déposés est importante et l'ensemble des ouvrières va se diriger sur cette route. À l'inverse, si la source est éloignée, peu attractive, et qu'elle nécessite des combats avec des concurrentes, la concentration est faible et les ouvrières se partageront entre les différentes routes existantes (FORGEOT D., 2007).

Les *Myrmica* sont des espèces subordonnées, c'est à dire non territoriales. Elles peuvent se trouver à proximité et avoir des territoires de prospection qui se chevauchent (ROZIER Y., 1999), et auraient un comportement de défense uniquement à proximité directe du nid (ELMES G.W. et *al.*, 1998). Au Danemark, JENSEN (1981) a montré que la surface

[14] Valeur sélective, ou capacité à s'adapter et à se reproduire dans un environnement.

couverte par les ouvrières d'une fourmilière était de 11 m². A partir de ces résultats, DUPONT P. (2009) estime que le nid doit être situé, de manière optimale, dans un rayon de 1,5 à 2 mètres autour du pied de Gentiane.

- *M. schencki* :

Les fourmilières de *M. schencki* contiennent entre 200 et 500 ouvrières, voir même jusqu'à 1 000 ouvrières, avec généralement une reine mais on peut observer jusqu'à cinq reines dans un même nid. Elle est l'une des espèces européennes les plus thermophiles et recherche les milieux ouverts bien ensoleillés avec une faible couverture végétale (ELMES G.W. et *al.*, 1998).

Spécimen de *Myrmica schenky*
Antweb, septembre 2007

- *M. scabrinodis*:

Cette espèce est l'espèce de *Myrmica* la plus abondante et recouvre une large zone géographique. Elle tolère une large gamme d'habitat. Les nids sont principalement trouvés aussi bien dans les tourbières que dans les zones sèches d'ourlets ou encore dans les pierriers (WARDLAW J.C. et *al.*, 1998). Les fourmilières de *M. scabrinodis* contiennent en moyenne 500 ouvrières.

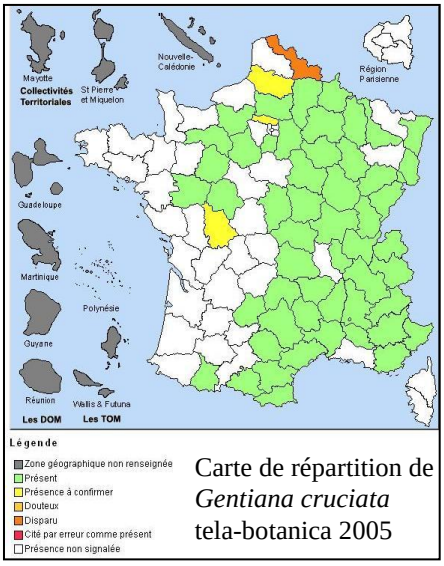
Spécimen de *Myrmica scabrinodis*
Antweb, septembre 2007

2.2.3 Gentiana cruciata

Pied de *Gentiana cruciata*
Sylvi, mars 2003

Maculinea alcon rebeli est spécifique de *Gentiana cruciata* pour la ponte des œufs. En revanche, elle se nourrit de diverses essences de plantes nectarifères. Cette plante convient à la ponte seulement quelques jours entre la formation des boutons floraux et l'ouverture de ceux-ci.

Gentiana cruciata est un élément floristique européo-centro-asiatique dont l'aire de répartition s'étale du nord du Portugal au Sud-Ouest de la Sibérie. Cette espèce est plus commune dans les régions montagneuses du sud de l'Europe. En France, on la retrouve disséminée un peu partout, sauf dans les régions littorales Atlantiques et Méditerranéennes. *G. cruciata* est considérée comme rare dans le Nord de la France et commune à l'Est. Cette espèce est protégée au niveau régional dans la Picardie (arrêté du 17 août 1989).



Carte de répartition de *Gentiana cruciata*
tela-botanica 2005

Cette chaméphyte[15] herbacé fleurit en été dans les près secs, les bois clairs et les coteaux rocailleux. Elle préfère les sols calcaires, jusqu'à des altitudes de

[15] Type biologique de plante qui passe l'hiver avec les bourgeons vivants situés entre 5 et 50 cm au dessus du sol.

1 500 à 1 800 mètres dans certaines régions. Elle pousse également sur les pelouses basophiles subatlantiques et médio-européennes.

Chaque pied peut avoir entre une et plus d'une dizaine de tiges. Les inflorescences sont disposées en cymes paniculées disposées en haut de la tige ou à l'implantation des feuilles supérieures. Ses fleurs sont assez petites, en trompettes bleues à quatre pétales. Le nombre de verticilles floraux par tige est variable. C'est une espèce barochore[16] mais les mammifères herbivores participent à la dispersion des graines par endozoochorie[17] (TACKENBERG, 2001). La germination de jeunes plantules semble favorisée par la présence de petites surfaces de sol nu, générées par les animaux ou le passage d'engins agricoles (BETTINELLI et MORA, 2004). Une gestion par le pâturage est propice au maintien des milieux favorables à *G. cruciata*.

3 Méthodes

3.1 Analyse préalable

Le stage a débuté par des recherches bibliographiques, à l'aide des ouvrages présents sur l'antenne de l'Aisne du Conservatoire et au siège à Amiens, ainsi que par l'intermédiaire d'Internet. Des informations générales sur les trois espèces étudiées (*Maculinea alcon rebeli*, *Gentiana cruciata* et le lien avec les différentes espèces de *Formicidae*) ont été recherchées et plus particulièrement leur biologie, leur phénologie, leur répartition et les liens qui les unis. Des éléments concernant les modalités de gestion passée et présente, pour les deux sites suivis, ainsi que les possibilités de gestion qui n'ont pas été retenue à l'heure actuelle, ont également été examinées. Au cours de cette première phase, qui dura environ trois semaines, les premières prospections in situ ont été réalisées, d'une part pour commencer à s'imprégner des milieux d'études, d'autre part pour cibler et orienter les recherches et la rédaction des protocoles de suivi dans le but de répondre à la problématique de l'étude.

Afin de récolter un maximum d'informations et de pouvoir réaliser l'étude durant le temps imparti, il a été choisi de sélectionner des quadrats pour chaque secteur. Ces quadrats représentent une zone de vingt mètres par vingt mètres choisie sur un secteur de végétation homogène et avec une abondance de Gentiane avérée. La matérialisation d'un angle par une borne géomètre est réalisée sur Marchais afin de permettre le suivi, durant les années à venir, ceci n'est pas réalisable sur le camp militaire de Sissonne pour des raisons techniques.

Marchais étant un terrain communal, de nombreuses prospections pourront être réalisées. Ainsi, sur ce site, seront étudiés l'écologie de *M. rebeli* et l'impact du pâturage. Afin de réaliser ces objectifs deux quadrats ont été définis pour chaque mode de gestion. Ces zones correspondent à un exclos non pâturé, deux zones pâturées par les bovins, une en début

[16] Dispersion des graines par gravité, à proximité immédiate de la plante.
[17] Dispersion des graines après ingurgitation animale.

de saison (mai) et une en fin de saison (août). En plus de ceci un quadrat isolé sur une zone de pierrier sera également suivi. Il a été choisi de ne pas faire pâturer les pelouses sèches où se situe la *G. cruciata* durant la période estimée de vol de *M. rebeli* (juin - juillet) afin de minimiser les risques sur ce site. En effet, la superficie de terrain favorable à *M. rebeli* sur le site de Marchais n'est pas suffisante pour prendre le risque de perdre une partie de la population de *M. rebeli*. L'impact du pâturage sera donc évalué durant les périodes de croissance de *Gentiana cruciata* (mai), et à la fin de la période d'adoption (août).

Sur Sissonne, le nombre de prospections est limité, ainsi un seul quadrat sera utilisé pour chaque mode de gestion. Les zones étudiées correspondent à une zone témoin non entretenue, une zone en pâturage fixe avec des ovins aux mois de juin, une zone en pâturage itinérant au mois de juillet. Par ce choix, l'impact du pâturage sera comparé en fonction du type de pâturage mais également en fonction de la période de pâture. Si un impact est évalué la distinction de l'origine de celui-ci sera à réaliser ultérieurement.

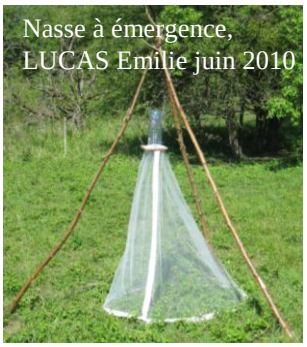
Pour cartographier les informations récoltées par le GPS (60 Garmin), le logiciel de cartographie ArcGis (version 9.1) est utilisé et les données sont transférées via le logiciel DNR Garmin (version 5.1.1). Pour l'identification des espèces de fourmis récoltées la clé d'identification des fourmis d'Europe centrale par Bernhard Seifert est utilisée. Elle correspond à la traduction partielle de « B.Seifert (1996) – Ameisen, beobachten, bestimmen. - Naturbuch Verlag » par Gilles San Martin et Pierrette Nyssen. Cette clef a été choisie car elle est réalisée de manière interactive sur Internet avec de nombreuses photos des détails morphologiques. La conservation des fourmis récoltées s'effectue dans des tubes numérotés à court terme dans le congélateur et à plus long terme dans de l'alcool.

3.2 Compléments d'informations sur l'écologie de la symbiose

Au vu de la situation des deux sites étudiés, cette partie sera seulement réalisée sur le site de Marchais aux marges des marais de la Souche.

3.2.1 Détermination de la (ou des) fourmis hôte(s)

La première question qui se pose, lorsqu'on étudie le cycle biologique des *Maculinea*, est de savoir qu'elle(s) espèce(s) accueille(nt) les chenilles de *Maculinea*. Pour répondre à cette question il existe différentes solutions plus ou moins impactantes. La technique la plus efficace serait de voir directement à l'intérieur de la fourmilière la présence des chenilles. Cependant, cette solution n'est pas retenue puisqu'elle est très destructrice. Ainsi, l'autre solution possible et retenue pour cette étude, est d'installer des nasses à émergence ***(Cf Annexe 2)*** au dessus des nids susceptibles d'accueillir les chenilles. Dans la littérature, aucun résultat n'a été obtenu à partir de cette expérience. Afin de pallier au maximum les problèmes couramment rencontrés, quelques précautions seront prises :



Les nasses seront posées au plus tôt de la période estimée d'émergence à savoir au début du mois de juin et resteront en place environ un mois. Elles sont réalisées en tulle de maille de 2 mm avec un diamètre à la base de un mètre afin de couvrir l'ensemble de la fourmilière et une hauteur de un mètre également. Afin d'éviter d'éventuelles dégradations du nid, la nasse reposera sur trois pieds répartis au niveau du périmètre extérieur de la tente. La localisation et l'identification des différentes espèces sont réalisées avant la pose des nasses afin de les répartir sur l'ensemble des nids potentiellement hôtes. Cela représente environ dix nasses répartis sur les trois quadrats en exclos en 2010 (sites de Marchais). Les relevés seront réalisés par temps clair la première fois une semaine après la pose puis ensuite tous les deux - trois jours en début d'après midi, voir une visite par jour les périodes de forte émergence.

3.2.2 Détermination de la zone préférentielle de ponte

La période de ponte est estimée entre mi-juin et mi-août. Dans la littérature, différentes exigences de pontes ont été relevées. Afin de confirmer ces choix préférentiels, les caractéristiques morphologiques de quinze pieds de Gentiane par quadrat sont relevées en même temps que le succès de ponte (durant mi-juillet). Par ce fait, le nombre de tiges par plante, la hauteur des pieds et leur hauteur dépassant de la végétation avoisinante ainsi que le nombre de boutons floraux sont relevés. Ils seront comparés à la densité de ponte de ces mêmes pieds. De plus, le relevé des pontes sera effectué en fonction de la localisation des œufs sur la plante, en différenciant les feuilles, les tiges, la corolle et les sépales.

En complément de l'apport de connaissance sur l'écologie de *M. rebeli*, ces informations permettront également d'évaluer les répercutions éventuels du pâturage. En effet, dans le cas d'une adaptation morphologique des Gentianes au pâturage, ces données permettent d'estimer l'incidence du pâturage sur la ponte.

3.2.3 Suivi des chenilles de *Maculinea alcon rebeli*

Une étude complémentaire sera réalisée sur la biologie des chenilles. Pour cela, six pieds relativement éloignés les uns des autres seront suivis durant toute la période de ponte et d'adoption (entre mi-juin et fin juillet). La date de ponte des premiers œufs et si possible la date d'éclosion (quatre à dix jours après) seront relevées. La période d'adoption ne peut pas être évaluée avec des techniques simples. En effet, il serait nécessaire de pourvoir observer la chenille au sol avant qu'elle ne soit récupérée par ses hôtes. Aucun système de contention n'a été trouvé pour résoudre ce problème.

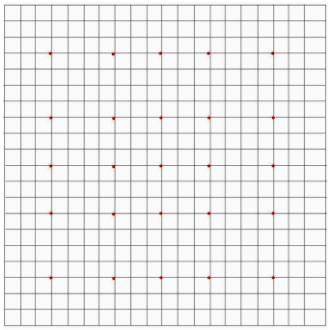
3.3 Evaluation de l'impact du pâturage

L'impact du pâturage est évalué sur les deux sites (Marchais et Sissonne) en 2010 puis sera poursuivi, suivant des modalités fixées par l'analyse des résultats de ce stage.

3.3.1 Formicidae

Dans un premier temps, il est nécessaire de localiser les nids. Initialement il était supposé qu'une recherche des nids à vue en suivant des bandes de un mètre de large le long du quadrat, serait efficace. Après observations du terrain il s'est avéré qu'aucun nid n'a de structure épigée.

Afin de pallier à cette difficulté il existe de nombreux types de pièges, ils peuvent être de deux sortes : empoisonnants ou attractifs. De plus, plusieurs modes de piégeage peuvent être employés. L'échantillonnage peut être : subjectif (disposition intuitive en fonction du milieu), aléatoire (disposition au hasard), ou systématique (distribution suivant un plan précis, quadrillage ou transect). Durant cette étude, deux modes ont été testés (aléatoire et systématique). Pour simplifier l'analyse, le plan d'échantillonnage systématique est finalement retenu. Ainsi les pièges sont disposés suivant un quadrillage, qui couvre l'ensemble du quadrat ***(Cf Annexe 3)*** si l'on se base sur un rayon d'action des pièges de 2 mètres (égale à la zone de fourragement supposé des ouvrières d'un nid). Les pièges sont donc placés à 3, 7, 10, 13 et 17 mètres sur 5 lignes (25 gobelets par quadrat). Après différentes modifications les problèmes rencontrés (***Cf 5.1.1***) ont été contournés en utilisant comme pièges des soucoupes en plastique (un millimètre de haut) remplies de quelques gouttes de mélasse composée de sucre en poudre, d'eau et de vinaigre de vin.


Répartition des pièges

La recherche des nids est très difficile, ainsi seule l'activité à l'approche des fourmilières ou les colonnes d'affouragement peuvent aider à leurs localisations. Cependant lorsqu'une espèce est piégée, on peut établir que le nid se situe dans un rayon de trois mètres. Ainsi les pièges permettent de connaître la diversité spécifique et l'abondance relative de chaque espèce (en fonction du nombre de pièges dans lequel l'espèce est identifiée). Chaque nid localisé est représenté sur un schéma du quadrat, les nids supposés sont également représentés sur la carte. Puisque ce sont des structures endogées, peu de caractéristiques peuvent être relevées, de ce fait l'impact du pâturage est difficilement visible (sauf cas particuliers). Néanmoins, un suivi sur plusieurs années de la diversité spécifique et de la répartition des nids dans le quadrat peut indiquer leurs sensibilités au pâturage. Chaque espèce est déterminée au microscope optique. Le repérage des nids et des espèces présentes s'effectue avant la période de pâturage.

3.3.2 Gentiana cruciata

Le deuxième hôte a été plus amplement étudié et sa prospection est plus simple. Une simple recherche à vue des pieds en suivant des bandes de un mètre de large le long du quadrat permet de connaître la densité de Gentiane du quadrat. Cette localisation est représentée schématiquement et effectuée avant le début du pâturage. À la fin de celui-ci le

nombre de pieds est relevé en fonction du type de dégradation subi. L'évaluation de la dégradation s'effectue selon le classement suivant :

- Défoliation : 0 = nul, 1 = goûté (le bout des feuilles ou une seule feuille), 2 = partiel (quelques feuilles à moitié), 3 = total (reste que la base de la tige ou rien)
- Piétinement : 0 = nul, 1 = couché (Tige légèrement aplatie ou enfoncée), 2 = arraché (Tige très aplatie et dégradée, éraflée), 3 = sol nu
- Recouvrement : 0 = nul, 1 = à proximité, 2 = partiel, 3 = total
- Jaunissement : 0 = nul, 1 = faible (< 10%), 2 = partiel (entre 15 et 60 %), 3 = total

En mi-juillet le nombre d'œufs pondus est relevé pour chaque pied. Pour l'analyse initiale, les caractéristiques de la plante (***Cf 3.2.2***) et la localisation des œufs sont prises en compte. Pour les analyses réalisées les années suivantes seul le nombre total d'œufs est compté pour chaque pied.

3.3.3 Maculinea alcon rebeli

Il a été choisi cette année de ne pas estimer la densité de *M. rebeli*. Ainsi le suivi des imagos sera à réaliser ultérieurement.

3.3.4 Suivi du pâturage

Les données citées précédemment concernent l'impact direct du pâturage au cours de cette année. En se basant sur ces données comme d'un état initial et dans le cadre d'un suivi du pâturage sur 5 ans. Il serait intéressant de pouvoir évaluer l'impact indirect (adaptation morphologique des Gentianes ou comportementale pour les *Formicidae* et les *Maculinea rebeli*) du pâturage. Pour cela, il est nécessaire de suivre l'évolution du nombre d'œufs moyen par pied, du pourcentage de pieds pondus, de la diversité spécifique de *Formicidae* et de la densité de Gentiane et de fourmis.

4 Résultats

4.1 Etat initial

4.1.1 A l'échelle du quadrat

Sur le site de Marchais sept quadrats ont été définis, sur quatre zones distinctes. Ces zones correspondent à :

- un exclos non pâturé sur lequel sont placés les deux quadrats n°3 et n°4,

- deux zones pâturées par les bovins, une en début de saison (mai) sur laquelle sont placés les deux quadrats n°1 et n°2 et une en fin de saison (août) sur laquelle sont placés les deux quadrats n°5 et n°6,

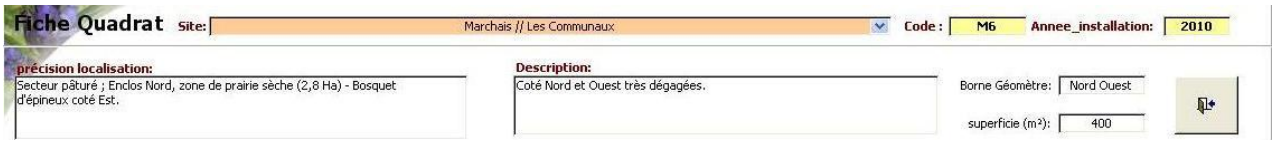
- le quadrat n° 7 est isolé sur une zone de pierrier (***Cf Annexe 4***).

Sur Sissonne, seulement trois quadrats seront suivis. Les zones étudiées correspondent à : - une zone témoin non entretenue sur laquelle est placé le quadrat n°3,

- une zone en pâturage fixe avec des ovins au mois de juin sur laquelle est placé le quadrat n° 1,

- une zone en pâturage itinérant au mois de juillet sur laquelle est placé le quadrat n°2 (***Cf Annexe 5***).

Les différentes données récoltées sur ces quadrats sont répertoriées dans une base de données régionale (sous le logiciel Microsoft Office Access 2003 (11.5614.5606)), afin de pouvoir être suivies au cours des prochaines années (***Cf Annexe 6***). Chaque formulaire est rattaché à la localisation géographique du quadrat associé.

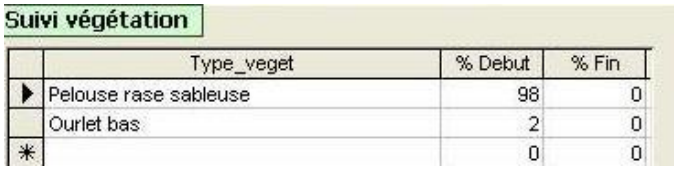


Il renseigne également quelques précisions visuelles sur sa localisation et dans quel angle se trouve la borne géomètre.

L'espace de saisi permettant le suivi d'année en année se décompose en cinq parties :

- Une description de la végétation :

Cette partie permet un suivi de la végétation dominante sur le quadrat, avec une comparaison entre la période avant et celle après le pâturage.



Suivi végétation

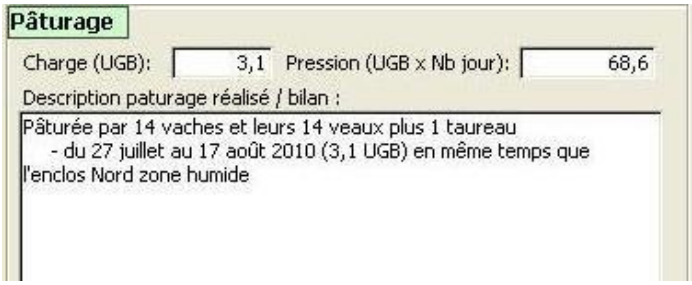
	Type_veget	% Debut	% Fin
▶	Pelouse rase sableuse	98	0
	Ourlet bas	2	0
*		0	0

- Un compte rendu du pâturage réalisé sur la zone :

Dans cette partie le nombre de bêtes et la période de pâturage sont répertoriés. Deux valeurs servent à la comparaison entre les secteurs :

- la charge de pâturage exprimée en Unité Gros Bétail ((facteur[18] * nombre de tête) / superficie pâturée)

- et la pression de pâturage exprimée en UGB pour la période de pâturage considérée (Charge * nombre de jours de pâturage).



[18] Correspond à 1 pour une vache allaitante avec son veau et à 0,15 pour une brebis.

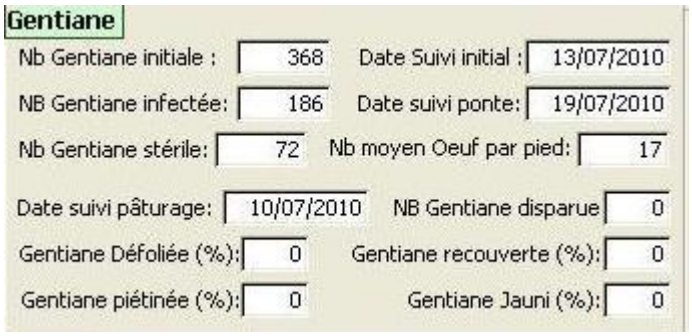
- Un récapitulatif des différentes données récoltées sur les *Gentiana cruciata* :

De nombreuses prospections sont réalisées sur la Gentiane croisette.

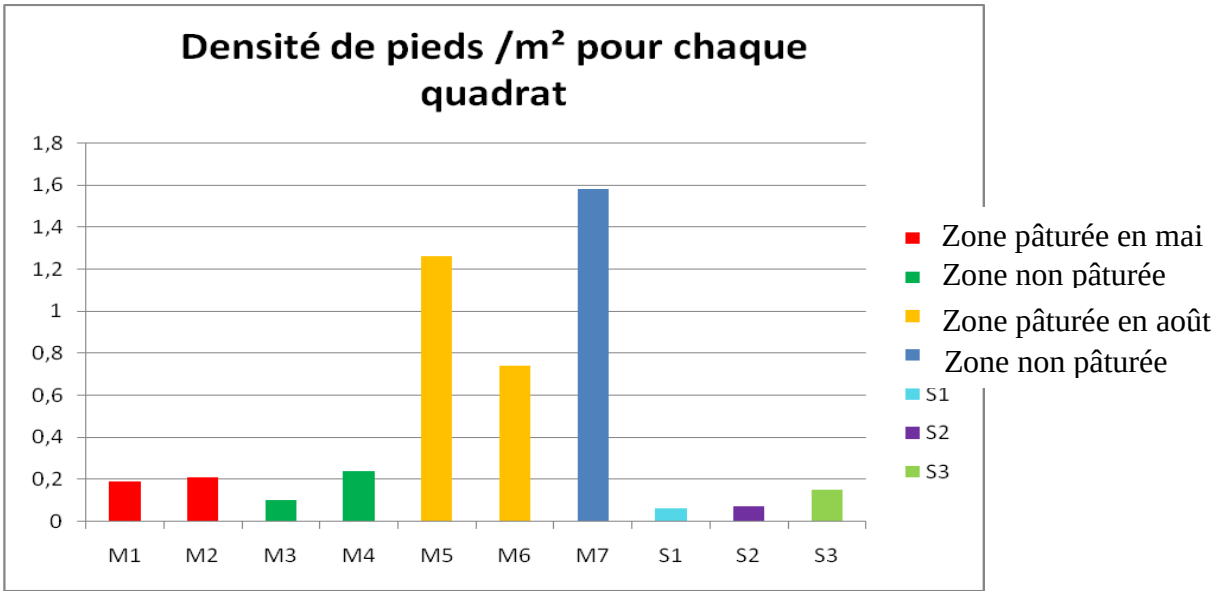
- Dans un premier temps la densité de *Gentiana cruciata* est notée sur chaque quadrat (***Cf 3.3.2***). Ce relevé (« Nb Gentiane initiale ») s'effectue avant l'arrivée du bétail sur le secteur. Le mois de mai correspond à la période de croissance des Gentianes croisette Aussi, pour le secteur de Marchais pâturé à ce moment là, la prospection fut réalisée le plus tardivement possible afin d'avoir la meilleure estimation de la densité de *G. cruciata* possible. Dans le but d'isolé l'impact du pâturage des autres facteurs pouvant expliquer la disparition des *G. cruciata* chaque relevé doit s'effectuer sur un secteur pâturé et en parallèle d'un secteur témoin (en exclos). Cette précision n'a pas été réalisée lors de cette étude.

- Le relevé du nombre de Gentianes sur lesquelles des œufs de *M. rebeli* sont présents est noté sous la catégorie « Nb Gentiane infectée », de même que le nombre de Gentiane sans tige ou avec des tiges ne portant pas de fleur ni de bouton est noté sous « Nb Gentiane stérile ». Ces deux relevés s'effectuent une fois le cycle de développement de la Gentiane achevé (Approximativement durant la mi-juillet), indifféremment de la période de pâture. Le nombre moyen d'œufs par pied se calcul à partir des relevés de ponte effectués sur 15 pieds par quadrat (***Cf 4.3.2***) (seul les pieds pondus entrent dans le calcul).

- La dernière prospection permet d'estimer l'impact direct du pâturage sur la Gentiane croisette. Ce relevé s'effectue le plus rapidement possible après le retrait du bétail, afin de minimiser l'impact des événements extérieurs au pâturage. Le niveau de défoliation, de piétinement, de recouvrement ainsi que le jaunissement sont relevés pour chaque pied de *G. cruciata* observé en suivant le même protocole que pour l'estimation de la densité initiale (***Cf 3.3.2***). Le « NB Gentiane disparue » est calculé en soustrayant le nombre de pieds observés lors de ce dernier relevé, au nombre de gentianes initiales non stériles. Les pourcentages des différentes dégradations (de niveaux 1 à 3) (« Gentiane Défoliée (%) », « Gentiane recouverte (%) », « Gentiane piétinée (%) » et « Gentiane Jauni (%) ») sont calculés par rapport au nombre de Gentiane initialement relevées (« Nb de Gentiane initiale »).



Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus il est nécessaire que les quadrats en exclos aient la même densité initiale de *G. cruciata* que les quadrats des secteurs pâturés. Ainsi, on observe que les quadrats de Marchais numéros 1 et 2 (M1 et M2) ont une densité de Gentianes similaire entre eux et avec les quadrats numéros 3 et 4 (M3 et M4). Ces deux derniers quadrats peuvent donc être utilisés comme témoins aux quadrats M1 et M2. De la même manière, le quadrat M7 peut servir de témoin aux quadrats M5 et M6.



Grace à ce choix dans la localisation des quadrats, deux groupes distincts peuvent être étudiés. Un premier avec une densité de *G. cruciata* relativement faible et un second groupe avec une densité plus forte (moyenne de 0,18 et de 1,19 pieds/m² respectivement).

Il est également à noter que la densité de *G. cruciata* est plus importante sur le site de Marchais (environ 0.3 pieds/m²) que sur le site de Sissonne (environ 0.075 pied/m²). Cette donnée est importante pour le suivi mis en place mais est à mettre en parallèle avec la surface sur laquelle *G. cruciata* se développe. En effet, le camp militaire de Sissonne comporte une superficie de pelouse sèche bien supérieure aux pelouses de Marchais et donc des populations de Gentianes plus étendues et certainement une dynamique de population différente.

- Un résumé de la diversité spécifique des *Formicidae* :

Sachant que les conditions météorologiques influencent l'activité des différentes espèces de *Formicidae*, la température, l'anémométrie, l'hygrométrie et une appréciation de la couverture nuageuse et de l'ensoleillement sont notés pour chaque capture. Une fois que tous les individus capturés ont été identifiés, différents critères sont mesurés. Dans un premier temps, l'efficacité de la capture est appréciée à travers le nombre de pièges dans lesquels l'espèce s'est retrouvée capturée (« nb_piege ») et le nombre total d'individus piégés de cette espèce sur l'ensemble des pièges (« effectif »). Les deux dernières valeurs du tableau ci-dessous reprennent l'information apportée par la représentation spatiale du quadrat.

Fourmi

Date Capture: 05/07/2010

Nb Espèce fourmi: 8

Condition météo lors de la capture

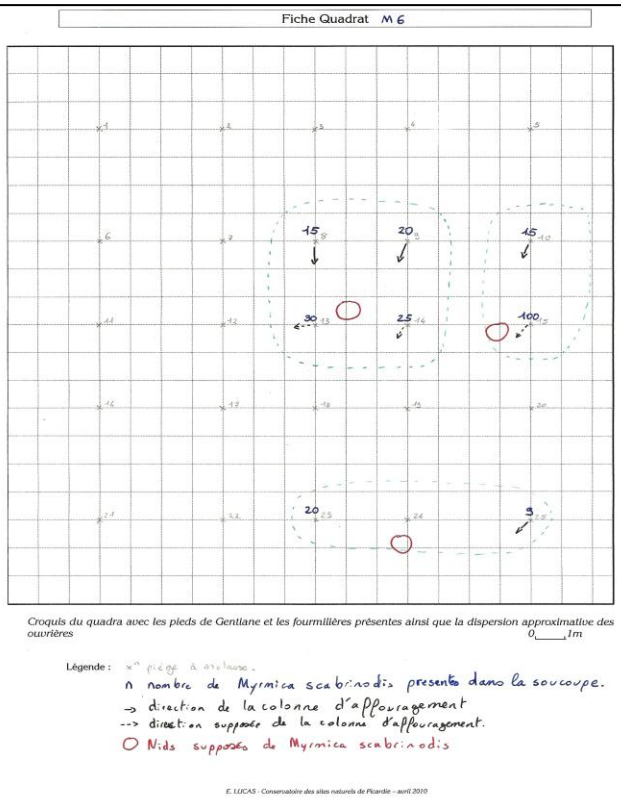
19°C, <1m/s, 30% humidité,
Couverture nuageuse nulle
Très fort ensoleillement

Espèce Capturée

	Espece:	effectif	nb_piege	Nb fourmilière observée:	Nb fourmilière suposée:
	Myrmica scabrinodis	254	9	0	3
▶	Myrmica ruginodis	164	4	0	3
	Lasius niger	204	4	0	2
	Lasius lasioides	65	8	0	3
	Myrmica lobicornis	300	1	0	1
	Myrmica schencky	15	1	0	1
	Lasius brunneus	120	2	0	1
	Tapinoma meideirense	110	7	0	3
*			0	0	0

La localisation des nids est représentée sur le schéma récapitulatif du quadrat. Sont distingués les nids réellement localisés (« Nb fourmilière observée »), qui correspondent à la localisation des entrées trouvées sur le terrain et les nids supposés (« Nb fourmilière supposée »), dont la localisation est approximée par la présence des différentes espèces dans les pièges.

Exemple sur l'espèce *Myrmica scabrinodis*, d'une fiche utilisée pour localiser les nids supposés



En partant du principe qu'une ouvrière affourage dans un rayon de trois ou quatre mètres autour de la fourmilière, si une espèce est capturée dans deux pièges trop éloignés l'un de l'autre (supérieur à cinq mètres), les deux ouvrières doivent provenir de deux nids distincts. Une exception à cette règle, dans le cas où les pièges comportent un effectif réduit d'ouvrière (Dans cet exemple, c'est le cas du troisième nid supposé le plus au Sud). Ensuite, l'effectif (chiffre en bleu sur le schéma) piégé dans la soucoupe ainsi que la direction de la colonne d'affouragement (flèche sur le schéma) permettent d'estimer la localisation d'un nid. Dans l'exemple présenté ici, l'espèce *Myrmica scabrinodis* a été piégée huit fois, la répartition de ces captures a permis d'envisager trois nids.

Cette donnée permet, dans le cadre d'un suivi sur plusieurs années, de suivre l'évolution de la population de *Myrmica scabrinodis* sur ce secteur. Ainsi, dans le cas d'un quadrat pâturé si l'espèce ne se retrouve plus dans les pièges ou si celle-ci se retrouve au contraire plus fortement présente, l'impact du pâturage pourra être évalué.

L'ensemble des quadrats de Marchais regroupe les espèces suivantes :

Espèce	Effectif	Nombre de pièges	Nombre de nids localisés	Nombre de nids supposés
Myrmica scabrinodis	3290	47	6	14
Lasius lasioïdes/barbarus	521	46	1 + 4	9
Lasius alienus	503	4	1	0
Tapinoma madeirense	410	43	1 + 1	12
Myrmica lobicornis	364	6	1 + 0	3
Lasius niger	267	9	10 + 3	3
Myrmica rugulosa	248	10	1	5
Myrmica ruginodis	166	6	8 + 2	3
Lasius brunneus	139	8	2 + 4	2
Myrmica schencki	2	1	0	1
Lasius myops	1	1	6 + 4	0
Lasius flavus	1	1	9 + 4	0

Le quadrat numéros 7 de Marchais est rajouté à part du total (+n), car les espèces ont toutes été retrouvées sous des pierres (Relevé ne nécessitant pas l'installation de pièges).

Ces données montrent une très forte diversité de *Formicidae*. En effet, 5 espèces de *Myrmica* ont été identifiées (*Myrmica scabrinodis, Myrmica rugulosa, Myrmica ruginodis, Myrmica lobicornis* et *Myrmica schencki*) ainsi que 6 espèces de *Lasius* (genre potentiellement en interaction avec les *Maculinea*) (*Lasius lasioïdes/barbarus, Lasius niger, Lasius alienus, Lasius brunneus, Lasius myops* et *Lasius flavus*).

De plus, on peut observer que *M. scabrinodis Lasius lasioïdes/barbarus* et *Tapinoma madeirense*, ont été fortement piégées. En effet ces espèces se retrouvent sur tous les quadrats de M1 à M6, avec un taux de piégeage d'un quart environ (7 pièges en moyenne sur 25). Ainsi, soit ces espèces sont fortement présentes sur les secteurs étudiés, soit le type de pièges choisi attire plus particulièrement ces espèces. Le fait que *M. schencki* n'ai été piégée qu'une seule fois, nous montre que soit elle est quasiment absente du site, soit la mêlasse n'est pas une ressource attractive pour ces ouvrières, soit cette espèce est un subordonnée des autres espèces présentes et n'accède donc pas à cette ressource alimentaire. Cette dernière hypothèse est à mettre en parallèle du fait que *M. schencki* n'as pas non plus été piégée par les autres types de pièges testés.

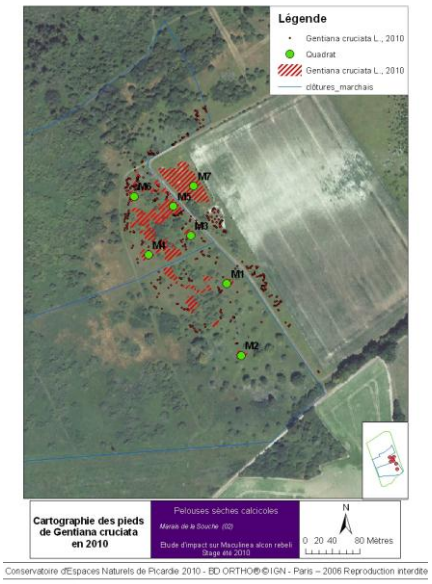
Le quadrat M7 nous indique également les espèces pour qui les milieux de pierriers sont favorables. Ainsi de nombreuses *Lasius* ont été retrouvées (*Lasius niger, Lasius myops, Lasius flavus*), mais également *Myrmica ruginodis*. Ce milieux ne semble pas plus favorable pour *M. schencki* et semble défavorable pour *M. scabrinodis*, les deux espèces les plus probables comme hôte de *Maculinea rebeli*. Afin de tester si la présence de pierriers influence l'installation de *M. scabrinodis* et *M. schencki*, plusieurs morceaux d'ardoise ont été installés. Ces ardoises ont été placées à proximité de deux nids de *M. scabrinodis*, un nid supposé de *M. schencki*, un nid de *L. niger*. L'éventuelle installation de ces espèces sous les ardoises sera à tester dans un an (printemps 2011).

- Deux documents complémentaires :

Pour compléter les informations notées dans cette base de données, deux documents sont joints. Le premier document (« Carte_*nom du quadrat* ») concerne un schéma du quadrat sur lequel sont représentés la densité des pieds de *Gentiana cruciata* (par un dégradé de couleur), la localisation des fourmilières (observées et supposées) et le détail du nombre de pieds pondus (par bande de un mètre de large) (***Cf Annexe 7***). Le second document (« Detail_*nom du quadrat* ») concerne le détail des fiches récapitulatives des relevés ayant permis l'acquisition de ces données. La première page récapitule le détail de la répartition des pieds en fonction de leur dégradation après le pâturage (***Cf 3.3.2***). La seconde renseigne sur les résultats des pièges à mélasse (***Cf 3.3.1***). Enfin, la dernière page décrit les critères morphologiques ainsi que les pontes des quinze pieds étudiés par quadrat (***Cf 4.3.2***).

4.1.2 A l'échelle du site de Marchais

Le choix de la localisation des différents quadrats utilisés s'est basé sur la répartition des *G. cruciata* en 2007 effectuée par « … », ainsi que par une prospection préalable sur le terrain. Durant la semaine 30 (26-30/07/2010) ce stage a permis une nouvelle cartographie, la carte de localisation des *G. cruciata* entre 2007 et 2010 est mise en annexe (***Cf annexe 8***).



Cette carte nous montre que la répartition de la Gentiane croisette, est stable avec une gestion de fauche. De plus le broyage réalisé en dehors du parc à bovins semble être profitable à cette plante. En effet, la population de *G. cruciata* s'est étendue dans ce secteur. Cette cartographie va également servir d'état initial afin d'évaluer l'impact d'une gestion de pâturage.

Les imagos de *M. rebeli* ont été observés sur l'ensemble de la zone de répartition de *G. cruciata*. Une dizaine d'individus furent observés par jours, mais une prospection plus importante est nécessaire pour analyser le stage imaginal.

Quelques imagos et des pontes sur les *Gentiana cruciata* ont été observés sur un autre site situé dans l'Oise (***Cf Annexe 9***).

4.2 Impact du pâturage

4.2.1 Dégradations de Gentiana cruciata

- Impact direct sur la ponte des *Maculinea alcon rebeli* :

Le tableau ci-dessous récapitule les données moyennes récoltées sur les Gentianes dans chacun des quadrats :

Quadrat	Densité de pieds /m²	Nombre de pieds stériles	% de pieds pondus	Nombre moyen d'œufs par pied
M1	0,19	6	41,6	39,33
M2	0,21	16	65,5	24,30
M3	0,1	8	64,3	51,44
M4	0,24	76	58,2	15,63
M5	1,26	65	66,5	31,60
M6	0,74	72	62,8	17,78
M7	1,58	6	49,8	14,43
S1	0,06	-	0	0
S2	0,07	-	82,8	25,00
S3	0,15	-	66,1	28,70

On observe une grande variabilité du nombre moyen d'œufs par pieds, pour des secteurs où l'entretien fut identique (écart type de 10 pour les quadrats du parc 1, de 25 pour les quadrats de l'exclos, et de 9 pour les quadrats du parc 2). Ainsi, il est impossible avec ces données de conclure sur l'impact de la présence de bétail en mai ou en août sur les pontes de *M. rebeli*. Le nombre de pieds stériles semble également être très fluctuant. Afin, de connaitre l'impact du pâturage sur ces deux critères, il est nécessaire de prendre des mesures sur un nombre plus important de quadrats afin de diminuer la variance et d'avoir un échantillon plus représentatif de la population. Cependant, il ne semble pas y avoir d'impact direct du pâturage sur le pourcentage de pieds pondus. En effet, en excluant les deux quadrats les plus extrêmes (M1 et M7), l'écart type du pourcentage de pieds pondus n'est que de 3.

- Impact direct sur la morphologie des pieds de *Gentiana cruciata* :

Le tableau ci-dessous reprend les données moyennes récoltées lors du relevé des pontes sur 15 pieds pour chaque quadrat (***Cf 4.3.2***). Le quadrat S1 n'as pas de donnée puisqu'il présentait seulement quatre pieds, très dégradés.

Quadrat	Hauteur moyenne au dessus de la végétation	Nombre moyen de tiges par pied	Nombre moyen de boutons par pied	Nombre moyen de boutons fleuris par pied	Diamètres moyen des tiges
M1	-3,80	1,27	8,07	5,33	18,00
M2	1,80	2,27	18,33	9,73	14,67
M3	2,40	4,33	53,27	28,27	32,67
M4	0,33	3,07	20,60	11,00	20,00
M5	0,07	3,60	48,07	22,33	21,33
M6	-3,93	5,07	38,67	13,73	25,33
M7	0,47	3,00	34,20	22,07	21,33
S2	-5,20	6,67	37,67	27,20	22,67
S3	-1,40	5,07	8,07	1,67	17,33

Il est remarquable que les pieds de *G. cruciata* qui ont subis le pâturage pendant leur période de croissance (quadrats M1 et M2 pâturés en mai) sont moins robustes (tiges moins nombreuses et plus fines, portant moins de boutons). Ces résultats sont d'autant plus remarquables sur le quadrat M1, où la pression de pâturage a été plus marquée (les bovins stabulaient particulièrement à cet endroit). En revanche, les pieds qui ont pu se développer et qui n'ont été pâturés qu'à la fin du développement végétatif (quadrats M5 et M6 pâturés en août), n'ont pas eu de problème de croissance et les pieds semblent robustes.

- Impact direct sur le niveau de dégradation des *Gentiana cruciata* :

Les pieds de *Gentiana cruciata* semblent être appétant pour les bovins, d'autant plus lorsque la plante est développée. En effet, environ 25% des pieds ont été défolié durant le pâturage des bovins en mai contre plus de 60% lorsque les bovins ont pâturé en août. De même la présence des bovins est très impactante une fois que la croissance végétative est finie. En effet, environ 18% des pieds fut piétiné lors du pâturage de mai contre 65% lors du pâturage d'août. Cet impact est également marqué sur la physiologie des pieds (12% des pieds jaunis en mai contre 60% en août).

Sur l'ensemble des pieds de chaque quadrat pâturé, chaque type de dégradation a été évaluée suivant une échelle plus détaillée allant de 0 (aucune dégradation) à 3 (dégradation forte) (***Cf 3.3.2***). Les résultats ont été récapitulés dans le tableau ci-dessous. La colonne « disparition » correspond au nombre de pieds n'ayant pas été retrouvé par rapport à l'estimation initiale de la densité.

Quadrat	Défoliation			Piétinement			Recouvrement			Jaunissement			Disparition
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
M1	15.2%	3.%	3%	5%	3%	0%	7%	0%	0%	6%	3%	1%	16.2%
M2	22%	3.5%	0.8%	29.2%	0%	0%	13.3%	2.5%	0.8%	13.5%	0.8%	0.8%	16.7%
M5	19.2%	39.3%	4.4%	23.4%	38.9%	1%	2.8%	1.2%	0%	33.1%	20%	9.1%	17.3%
M6	18.9%	26.4%	9.8%	22.6%	19.3%	24.7%	5.1%	4.6%	0.7%	16.6%	29.7%	7.4%	22.3%
S1	0%	16%	0%	0%	12%	4%	0%	0%	0%	0%	12%	4%	84%
S2	32%	27%	4%	32%	24%	4%	0%	0%	0%	24%	34%	4%	18%

Grace au détail des dégradations on peut remarquer que l'appétence observée précédemment, est moins marquée. En effet, la défoliation n'est pas prononcée, seules quelques feuilles ont été touchées. Ceci peut signifier un apprentissage de la plante par les bovins. Il est à envisager que lors du prochain pâturage par le même troupeau, les *G. cruciata* seront moins impactées. En revanche, la dégradation observée sur les pieds en août est, quand à elle, assez prononcée. Les pieds ne sont pas seulement couchés, un piétinement prolongé à probablement eu lieu.

L'impact ovin est également particulièrement fort. Le secteur en pâturage fixe durant le mois de juin nous montre que *G. cruciata* est appétant pour les ovins, aucun pied n'est intact après le retrait du bétail. Le pâturage en itinérance semble avoir eu moins d'effet sur les Gentianes (Seul 18% a totalement disparu, mais 63% a toutefois été consommé). Il est possible que cette espèce florale soit consommée par les ovins seulement lorsqu'ils n'ont plus accès à des espèces plus appétantes.

4.3 Informations complémentaires sur l'écologie de la symbiose

4.3.1 Détermination de la (ou des) fourmi(s) hôte(s)

Nasse à émergence,
LUCAS Emilie juillet 2010

La fourmi hôte n'a pas pu être déterminée. En effet, aucun *M. rebeli* n'a été retrouvé dans les nasses à émergence. Cependant, quelques Diptères, Hétérocères, Echiquier demi-deuil (*Melanargia galathea*) et Amaryllis (*Pyronia tithonus*) ont été retrouvés dans les récolteurs. Il est à noter que les nasses ont subis de nombreuses dégradations principalement dues à la faune. Seulement quatre jours après leurs installations, les nasses sont tombées au sol et ont été déchirées par le troupeau de bovins, parqué sur le site. Après cet incident, la réparation des nasses s'est avérée nécessaire à de nombreuses reprises, probablement du fait de la présence de nombreux lapins dans le secteur. Un grillage à lapin fut installé le 19 juillet autour de quelques nasses. Après cette action, les dégradations subies étaient moins importantes et probablement dues aux chenilles présentes sur les graminées touchant le tulle. Durant toutes ces périodes où le tulle était abimé, l'émergence de *M. rebeli* n'a pas pu être suivie correctement, ce qui explique, peut être, en partie, le manque de résultats. La seconde explication peut être le manque d'information sur la structure des nids, et la potentielle présence d'entrée à l'extérieur de la surface couverte par la nasse.

4.3.2 Détermination de la zone préférentielle de ponte

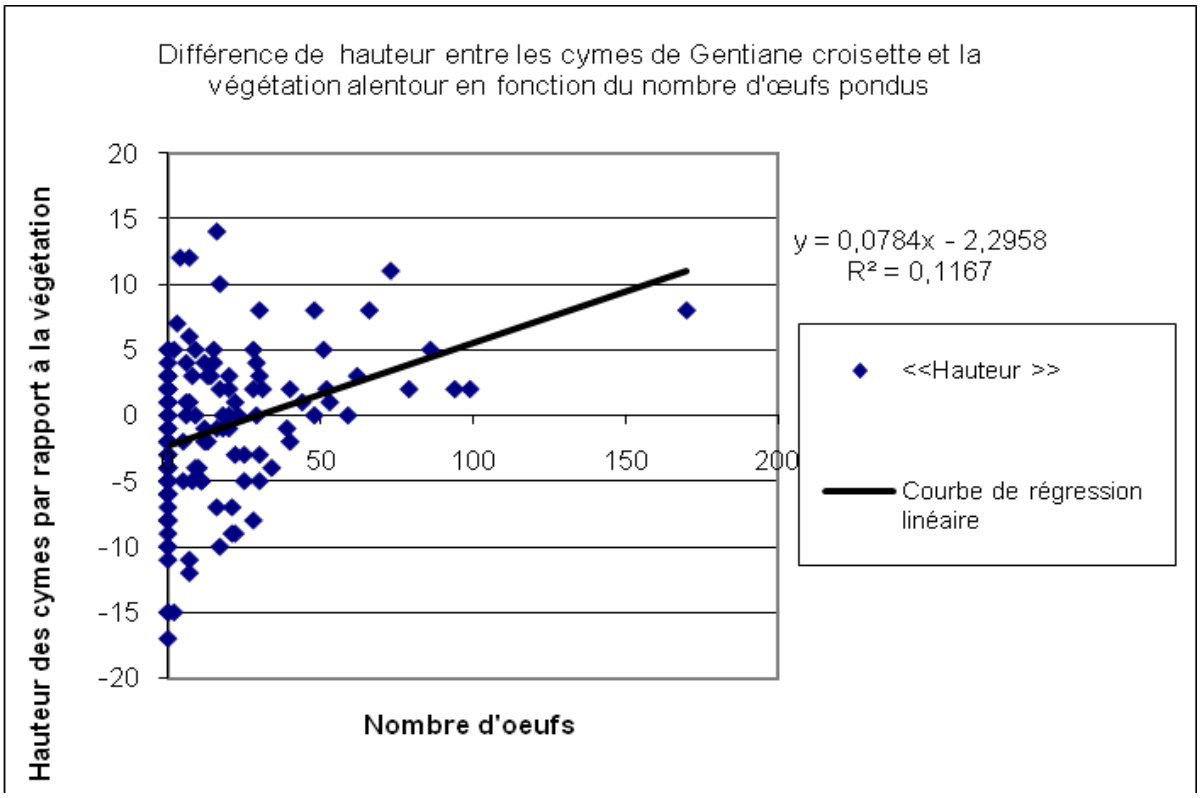
L'analyse des critères de choix de ponte chez les femelles de *M. rebeli* s'est décomposée en deux temps.

- Type de pieds de *Gentiana cruciata* choisi par les femelles de *M. rebeli* pour la ponte :

Afin de recueillir un nombre exploitable de données, les caractéristiques morphologiques et les pontes ont été relevées sur 15 pieds pour chaque quadrat entre le 21 et le 30 juillet. Ce relevé a été réalisé après le comptage par quadrat du nombre de pieds pondus. Ainsi, le pourcentage de pieds pondus obtenu par quadrat a été appliqué lors de la prospection des 15 pieds. De cette manière, l'échantillonnage des pontes a pu être au maximum représentatif de la population du quadrat. De même, les 15 pieds ont été choisis de manière à représenter au mieux la population.

Dans un premier temps chaque variable morphologique est étudiée séparément afin de voir si elle influence ou non sur la ponte.

- Le premier critère relevé concerne la hauteur de la cyme des pieds de Gentiane. Cette valeur est comparée à la hauteur moyenne de la végétation alentour. Ainsi la première variable « hauteur » mesure la différence de hauteur en centimètres entre la cyme de la



Gentiane et la hauteur moyenne de la végétation.

Le nuage de points ne montre pas de corrélation entre la hauteur des cymes par rapport à la végétation et la densité de ponte. En effet, tous les points sont regroupés autour de l'axe des ordonnées et le coefficient de corrélation (R^2) est très faible. La variable « hauteur » n'explique la ponte qu'à 12%. Cette variable semble donc peu susceptible d'influencer le choix de ponte des femelles de *M. rebeli*.

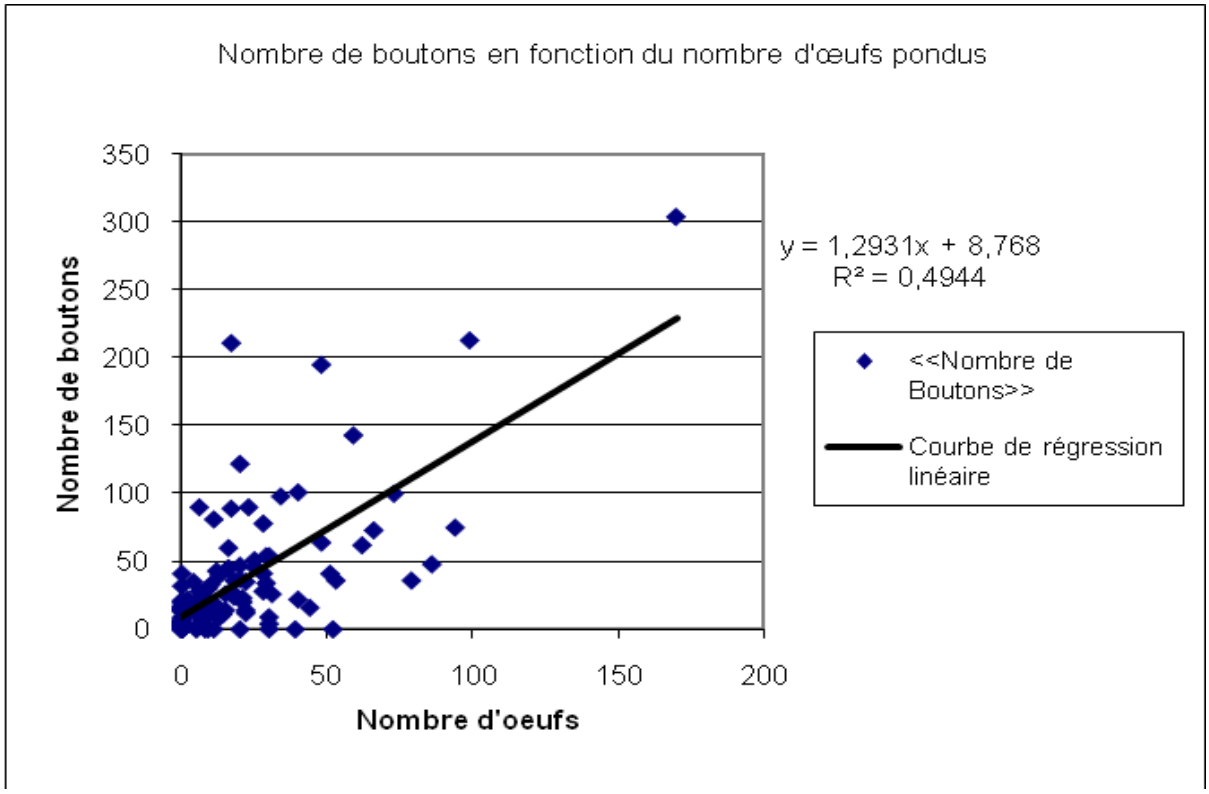
- La deuxième variable « Nombre de tiges » concerne le nombre de tiges non stériles des pieds de Gentiane croisette. Le graphique de régression linéaire est présenté en annexe (***Cf annexe 10***). Toutefois, cette variable semble aussi peu influençante que la précédente puisque le coefficient de régression montre que seule 10% de la variable d'origine (densité de ponte) sont expliqués.
- Ensuite, le diamètre des tiges est évalué selon le barème suivant :

Note		Diamètre
10	=	0,1-0,2 cm
20	=	0,3-0,4 cm
30	=	0,5-0,6 cm
40	=	0,7-0,9 cm
50	=	1-1,2 cm

60 = 1,3-1,5 cm
80 < 1,5 cm

Cette variable « Diamètre » est un peu mieux corrélée à la densité de ponte que les précédentes, mais seule 24% de la variable est expliquée. Le graphique de régression linéaire est présenté en annexe (***Cf annexe 10***).

- Enfin sont comptés l'ensemble des boutons floraux de chaque pied de Gentiane croisette. Un bouton floral est compté dès lors qu'il est coloré. Cette variable « Nombre de boutons » est à mettre en parallèle de la variable « Nombre de boutons fleuris » qui concerne le nombre de boutons dont les pétales se sont épanouies pour former une trompette bleue.



Les deux courbes sont similaires ainsi la variable « Nombre de boutons fleuris » est mise en annexe (***Cf annexe 10***). Dans ces cas là, le coefficient de pente est clairement différent de zéro (1.3 et 0.7 respectivement pour les deux variables) ce qui laisse à penser qu'il y a une corrélation linéaire entre chacune de ces deux variables et la densité de ponte. Le coefficient de corrélation linéaire confirme ce résultat. En effet, chacune de ces variables (« Nombre de boutons » et « Nombre de boutons fleuris ») explique environ 45 % de la densité de ponte (49% et 43% respectivement). Ce résultat n'est toutefois pas idéal puisqu'une grande partie des points est concentrée sur la première partie de la courbe.

En résumé, parmi les cinq variables étudiées seules deux semblent influencer les femelles de *M. rebeli* pour la ponte (« Nombre de boutons » et « Nombre de boutons fleuris »). Toutes ces variables n'étant pas isolées les unes des autres, il est nécessaire de regarder un modèle de régression linéaire multiple afin d'envisager les cofacteurs possibles. La méthode

« backward » est utilisée pour trouver le modèle le plus parcimonieux[19] possible. La régression linéaire multiple a été réalisé à partir du logiciel de simulation internet crée par l'Université Paul Sabatier de Toulouse III et l'Université Pierre et Marie Curie de la Sorbonne conjointement à Inserm[20].

	p. valeur Variable <<Hauteur>>	p. valeur Variable <<Nombre de tiges>>	p. valeur Variable <<Diamètre>>	p. valeur Variable <<Nombre de boutons>>	p. valeur Variable <<Nombre de boutons fleuris>>	R^2	R^2 ajusté	Ddl modèle	Ddl résidus
Modèle complet	0,06	0,31	0,013	1 * 10^-04	0,47	0,535	0,5169	5	129
	0,051	0,35	0,0182	4 * 10^-12	●	0,533	0,5187	4	130
	0,054	●	0,0196	6 * 10^-13	●	0,529	0,5192	3	131
Modèle parcimonieux	●	●	0,0156	1 * 10^-14	●	0,516	0,509	2	132

Légende
Ddl = Degré de liberté
● = Variable supprimée du model
□ = Variable avec la plus forte p. valeur

La méthode « backward » élimine, une à une, les variables les moins significatives du modèle jusqu'à obtenir le modèle parcimonieux, où toutes les variables sont significatives (p. valeur inférieure à 0.05 ; risque placé à 5%).

Une fois le modèle le plus parcimonieux trouvé, il faut toutefois vérifier que la diminution de la part explicative n'est pas significative. Pour cela, le coefficient F est calculé suivant la formule suivante : **(H0)** modele 0 (parcimonieux) contre **(H1)** modele 1 (complet)

$$F = \frac{(SC^0_{res} - SC^1_{res}) / (ddl^0_{res} - ddl^1_{res})}{SC^1_{res} / ddl^1_{res}} = \frac{(R2^{(1)} - R2^{(0)}) / (ddl^0_{res} - ddl^1_{res})}{(1 - R2^{(1)}) / ddl^1_{res}}$$

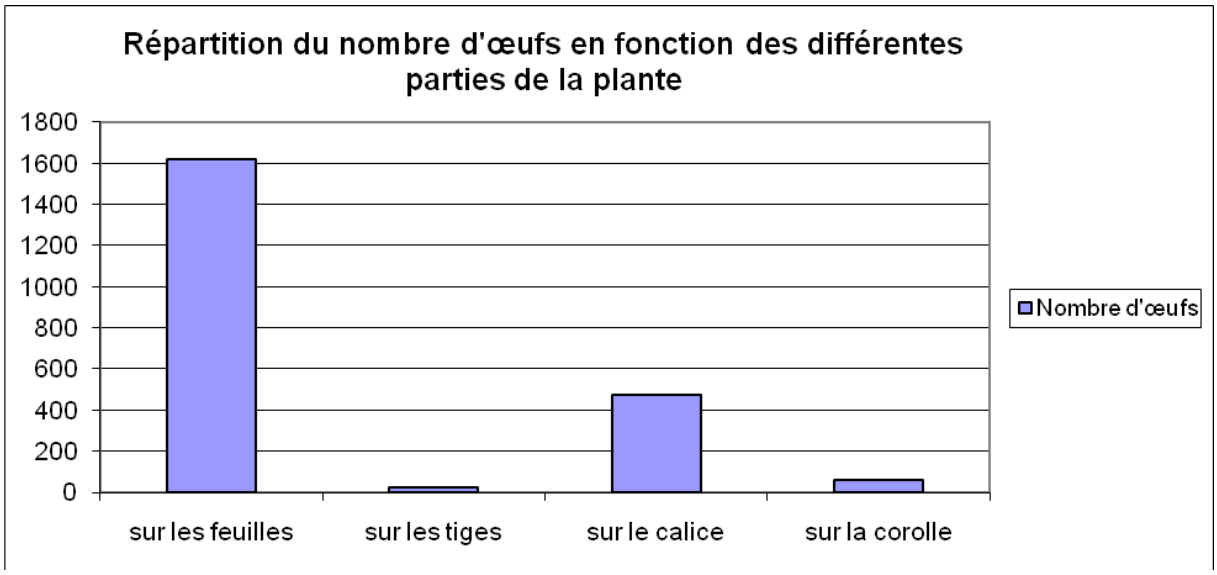
Le F obtenu est de 1,71. Il est à comparer avec le fractile de la loi de Fisher Snedecor, $f_{0.95}(3,129)$ qui est compris entre 2,68 et 2,66. Puisque le coefficient est inférieur au fractile, il n'y pas de perte significative du coefficient de corrélation.

Ainsi, le modèle parcimonieux nous indique que les deux variables retenues (« Diamètre » et « Nombre de boutons ») expliquent 52 % de la densité de ponte avec un risque d'erreur inférieur à 5%. Le diamètre des tiges et la quantité de boutons par pieds de *Gentiana cruciata* influencent donc la ponte des femelles de *M. rebeli*. Le fait que les boutons soient fleuris correspond au critère suivant, ainsi il est possible de supposer que ce n'est pas la floraison qui influence les femelles mais la présence des boutons.

- Localisation des œufs sur les pieds de *Gentiana cruciata*:

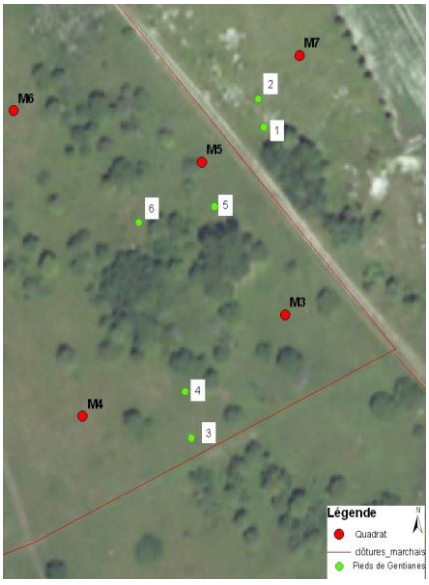
Le second point abordé pour analyser le choix fait par les femelles de *M. rebeli*, concerne l'oviposition[21]. Pour cela, la localisation des œufs est relevée sur les mêmes pieds que précédemment. Ainsi sur les 135 pieds, 2181 œufs ont été relevés en fonction de leur localisation sur la plante, en différenciant la tige, les feuilles, le calice[22] et la corolle[23].

[19] Utilisant le minimum de variable pour obtenir une explication maximum.
[20] Institut national de la santé et de la recherche médicale
[21] Localisation de l'œuf sur la plante.
[22] Ensemble des sépales (partie généralement verte)
[23] Ensemble des pétales (partie généralement colorée)



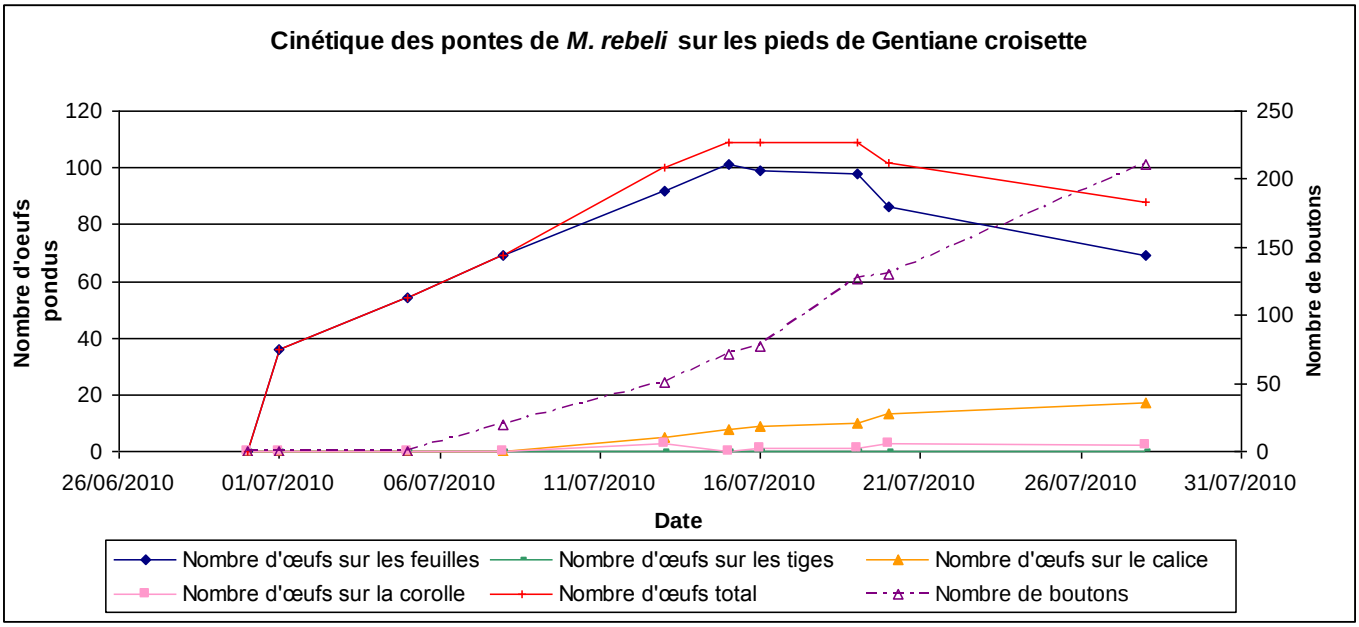
Près de 75% des pontes ont eu lieu sur les feuilles, le reste étant principalement localisé sur le calice (21%). Cette répartition peut s'expliquer par le fait que la majorité des pontes ont eu lieu lorsque les boutons n'étaient pas encore formés, comme l'indique la courbe de cinétique des pontes ***(Cf 4.3.3)***. Pour compléter cette analyse, il aurait été judicieux de relever également la position de la ponte en fonction du verticille floral (cyme de la plante, deuxième verticille, …). Toutefois, les observations réalisées permettent de noter que la densité de ponte décroit avec l'augmentation de la distance à la cyme.

4.3.3 Suivi des chenilles de *Maculinea alcon rebeli*



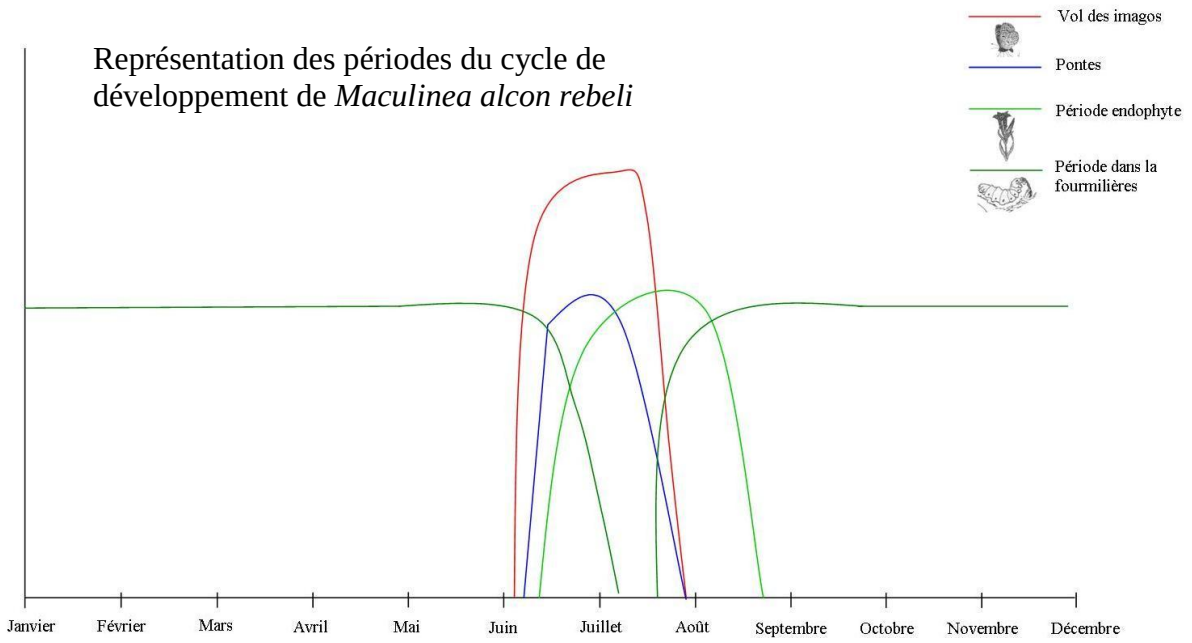
La cinétique de ponte a été suivie sur six pieds, localisés dans trois zones distinctes. Pour chaque zone, deux pieds ont été observés, l'un exposé au soleil dès le matin, le second exposé au soleil seulement aux heures les plus chaudes. La localisation des pieds s'est découpée comme suit : deux pieds aux abords de la zone de pierrier (n°1 et 2) à proximité du quadrat 7, deux pieds dans une zone dégagée de taillis (n°3 et 4) entre le quadrat 3 et le quadrat 4 et deux pieds à proximité d'un important taillis (n°5 et 6) entre le quadrat 5 et le quadrat 6. Cette répartition permet une vue d'ensemble des différentes situations de ponte.

Sur ces différents pieds la formation des boutons floraux et le nombre d'œufs ont été régulièrement suivis. Les résultats peuvent s'observer comme suit (détails : ***Cf Annexe 11***) :



Sur ce graphique, on peut observer trois phases de ponte. Une première phase qui augmente linéairement, correspondant à l'accumulation des différents œufs pondus au cours du temps. S'en suit un plateau qui correspond soit à un arrêt des pontes, soit à une compensation entre le nombre d'œufs pondus et le nombre d'œufs disparus (par dégradation extérieure ou par éclosion puis décollement de l'œuf). À partir du 20 juillet, les observations ont été stoppées car certains pieds (n° 1 et 3) étaient dégradés par la faune sauvage (lapins, sangliers ou cervidés). Pour la dernière observation (28 juillet), les pontes des pieds 1 et 3 ont été estimés, afin d'observer la décroissance du nombre d'œufs.

A partir de ce graphique et des observations de terrain il est possible de déduire les différentes périodes du cycle de vie de *M. rebeli*.



Il est à noter que les premiers imagos mâles de *M. rebeli* ont été observés durant la semaine 25 (21-27/06), les premières femelles durant la semaine suivante et les derniers imagos durant

la semaine 29 (19-25/07). Ainsi le stade imaginale a duré environ quatre semaines, durant lesquelles aucun pic d'émergence n'a été observé (Un nombre quasi constant d'imagos était visible en vol). Les premières pontes ont été observées seulement deux jours après l'apparition des femelles, ce qui confirme les périodes évoquées précédemment. De même les premières marques d'éclosion étaient visibles 15 jours après les premiers œufs. Dans le cadre où la période endophyte est de trois semaines, les chenilles étaient présentent dans les boutons jusqu'à la fin du mois d'août. Cette année, le développement de nombreuses espèces de Lépidoptères était tardif, de même que le développement des Gentianes croisette (diverses observations). En effet les premiers bourgeons ont été observés à la fin de la semaine 27.

5 Discussion

5.1 Ajustements du protocole

La définition d'un protocole est soumis à sa réalisation sur le terrain c'est pourquoi le protocole présenté ci-dessus a été modifié et peut encore être adapté.

5.1.1 Localisation des Formicidae

- Choix des pièges :

Lors d'une première observation sur le terrain, il a été choisi de localiser les *Formicidae* par l'utilisation de pièges.

Après une première réflexion avec T.GERARD (chargé d'étude, CENP), la solution la plus efficace pour trouver les nids de fourmis, paraissait être la pose de gobelets remplis de vinaigre de vin (très odorant et attractif) à ras du sol. La réalisation sur le terrain (sur les trois premiers quadrats du site de Marchais) est simple et le piège s'est avéré très efficace. Cependant cette technique est mise de côté puisqu'elle est non spécifique et une entomofaune très diversifiée était piégée.

Pour rester dans des pièges attractifs, il a été choisi d'utiliser les morceaux de sucre à la place des gobelets de vinaigre. Cette technique présente plusieurs avantages : l'entomofaune piégée n'est pas tuée ce qui permet de ne prélever que quelques individus. Le morceau de sucre représente une source de nourriture disponible pour la fourmilière ce qui entraîne le recrutement de plusieurs ouvrières. Le relevé des pièges s'effectue deux à trois heures après la pose contre 24 à 48 heures pour les gobelets. L'application sur le terrain montre que les sucres sont attractifs pour les fourmis. Le prélèvement d'ouvrières est possible. Cependant, relativement peu d'ouvrières sont recrutées et il ne se forme pas de colonne d'affouragement. Cette observation peut s'expliquer par la Théorie du Fourragement Optimum, puisqu'il est observé que les fourmis ont des difficultés à prélever des fragments de sucre et restent donc un long moment sur le morceau. La ressource étant peu accessible, peu d'ouvrières sont recrutées.

L'utilisation de sucre en poudre semblerait pallier ce problème, en cassant le sucre la ressource aurait du être plus facilement transportable et donc plus attractive pour les fourmis. Cependant, il fut recruté aussi peu d'ouvrières qu'avec les morceaux de sucre.

Après discussion avec C. ANANIE (Chargé de mission, CENP), propriétaire de ruche, il s'est avéré que les abeilles emploient une grande quantité de salive pour utiliser le sucre et les apiculteurs nourrissent donc leurs ruches avec une mélasse de sucre et de miel. Puisque les sites étudiés sont des milieux secs, l'eau doit être la ressource limitante à l'utilisation du sucre des pièges. Un piège composé d'une soucoupe dans laquelle sont versées quelques gouttes d'une mélasse (3/4 sucre en poudre + 1/4 liquide (3/4 eau + 1/4 vinaigre de vin)) a eu de très bons résultats. En effet, une colonne d'affouragement s'est formée et une centaine d'ouvrières fut recrutée. Après cette observation, ce piège a été utilisé, et a permis la localisation de nombreuses espèces de *Formicidae*.

Il est cependant à noter que les espèces les plus réceptives à ces pièges sont les *Myrmica scabrinodis* et les *Lasius lasioïdes/barbarus*. Ces données peuvent être interprétées de trois manières ; soit les espèces les moins représentées sont des espèces subordonnées, soit celles-ci sont peu attirées par la mélasse, soit elles sont peu présentes sur le terrain. *Lasius flavus* et *myops* sont particulièrement difficiles à piéger et n'ont quasiment été repéré que lors du creusement pour l'installation des gobelets. *Myrmica scabrinodis* étant une des espèces les plus probables pour l'accueil *M. rebeli*, ces pièges peuvent être utilisés dans le cadre de cette étude.

- Période de prospection :

Les différentes prospections de terrain ont permit de tester les pièges sur différentes périodes de la journée, et donc sous plusieurs conditions climatiques. Durant la période printanière, de nombreux pièges ont été testés, mais des conditions particulières rendaient tous ceux-ci caducs. En effet, lorsque le temps était couvert ou frais, seules quelques *Lasius* étaient piégées. Le même résultat à été obtenu au début de l'été lorsque les journées étaient chaudes. Ces résultats permettent de conclure que les conditions optimales de pose des pièges sont des périodes au cours desquelles les températures varient entre 17°C et 24°C. Ces températures correspondent, pour les journées chaudes, aux périodes entre 7h – 10h ou 19h – 22h.

5.1.2 Caractérisation et localisation de Gentiana cruciata

La prospection des pieds de Gentiane s'est révélée relativement aisée, à partir du moment où l'on réduit la précision à des carrés de un mètre carré. A l'origine il avait été choisi de relever les caractéristiques morphologiques des pieds de Gentiane dès la première prospection. Cependant, l'individualisation des pieds de Gentiane s'est avérée impossible, ainsi les données de ponte n'auraient pas pu être corrélées aux données morphologiques. Aussi, il est choisi de relever seulement la densité dans un premier temps, ensuite la

dégradation et dans un dernier temps les caractéristiques morphologiques au même moment que le relevé des pontes. Cette prospection échelonnée dans le temps ne permet pas de faire de lien entre les différentes données relevées. Par exemple, avec cette méthode il est impossible d'interpréter la diminution de densité entre deux relevés. Afin de déterminer la part due au pâturage et la part due aux conditions environnementales, il serait judicieux de prospecter un quadrat non pâturé en parallèle du quadrat pâturé. L'établissement de cette conclusion a été obtenue grâce à l'interprétation des résultats, aussi cette précaution n'as pas été prise cette année.

5.2 Analyse complémentaires sur l'écologie de la symbiose

Les femelles de *M. rebeli* pondent de préférence sur la cyme des *G. cruciata*, au plus proche des boutons. En effet, un œuf pondu sur une autre partie de la plante à peu de chance de finir son développement larvaire. Cette année, près de 75% des pontes ont eu lieu sur les feuilles, le reste étant principalement localisé sur le calice (21%). Cette répartition peut s'expliquer par le fait que la majorité des pontes ont eu lieu lorsque les boutons n'étaient pas encore complètement formés. Les premiers bourgeons ont été observés la semaine 28 alors que les pontes ont eu lieu entre les semaines 26 et 29. Ainsi, il est probable que la proportion de larves arrivées à maturité soit très faible cette année, par rapport au nombre d'œufs pondus.

Ce mécanisme peut être dû à un aléa climatique, ou être un mécanisme naturel de régulation de la population de *M. rebeli*. Cependant, l'absence de pic d'émergence laisse à penser qu'il y a une adaptation de *M. rebeli* au fait que la période de développement des plantes hôtes soit très variable. En effet, dans le cas où l'émergence des imagos n'est pas synchronisée avec le développement floral de *G. cruciata*, l'étalement de la période d'émergence permet à la population d'avoir avec certitude une partie des larves qui se développeront correctement dans les bourgeons. Ce mécanisme rend la population de *M. rebeli* d'autant plus sensible aux perturbations lors de son développement larvaire. Ainsi, la période endophyte doit être particulièrement surveillée (août). Cette année les pontes viables ont probablement eu lieu les semaines 28 (12-18/07) et 29 (19-25/07), aussi, la période critique s'est étalée entre les semaines 28 et 33 (16-22/08).

5.3 Impact du pâturage

Les résultats ont montré que le pâturage bovin semble plutôt défavorable à *Gentiana cruciata* pendant les deux périodes étudiées (mai et août). En effet, lorsque le pâturage survient durant le développement de la plante, les pieds se développent moins et lors d'un pâturage à la fin de la période de croissance, les pieds se trouvent plus dégradés. Dans le cadre de cette étude, il est essentiel de comprendre l'impact de ces observations de dégradation sur le taux et l'efficacité de reproduction de *M. rebeli*. C'est pourquoi ce travail consiste, en partie, à connaitre les besoins écologiques nécessaires à la reproduction de ce papillon.

L'analyse statistique des résultats a montré que la morphologie de *G. cruciata* est importante dans le cycle de *M. rebeli*. Puisque les femelles *M. rebeli* ne pondent que sur les pieds les plus robustes, un pâturage de printemps trop tardif (en mai - juin) est potentiellement défavorable au taux de ponte de *M. rebeli*. Cependant il est envisageable que *M. rebeli* puisse s'adapter et parvienne à pondre sur des pieds moins robustes lorsqu'il ne reste que ce type de morphologie. Cette hypothèse n'est concevable que si l'évolution se fait au rythme biologique et n'est donc pas nécessairement applicable dans notre échelle de temps. C'est pourquoi, il est important de prendre en compte la robustesse des pieds dans le cadre d'une gestion ayant pour but de préserver *M. rebeli*. Il est à noter que les critères observés peuvent être des critères secondaires. En effet, le diamètre des tiges peut être corrélé à un autre critère non détecté qui serait le véritable indicateur influençant le choix de *M. rebeli*. Par exemple, il est envisageable que lorsque le diamètre des tiges augmente le flux de sève augmente ainsi que la métabolisation. Dans ce cas, en considérant comme caractère principal l'émission d'une phéromone, celle-ci peut être proportionnellement émise en plus grande quantité, pour des pieds possédant également des tiges d'un diamètre élevé. Il existe une multitude de facteurs qui n'ont pas été mesurés ici et qui influencent potentiellement la ponte (intensité de couleur, phéromones, densité et texture des feuilles…). Ceci, est démontré par le fait que l'ensemble des critères mesurés n'explique la variable « densité de ponte » qu'à 53%. Les 47% restant viennent probablement des variables plus difficiles à mesurer. Ainsi, on peut dans un premier temps se contenter des deux critères sélectionnés (« Diamètre » et « Nombre de boutons ») pour suivre et anticiper l'évolution du succès de reproduction de *M. rebeli*.

De même, vu les dégradations des pieds lors d'un pâturage de regain trop précoce (août), une telle méthode peut compromettre le succès reproducteur des *M. rebeli*. En effet si la défoliation ou le piétinement à lieu lorsque les chenilles se trouvent dans les boutons, leurs chances de survie sont faibles. Cette année la période endophyte a duré jusqu'à la fin du mois d'août (estimation 2010).

L'observation sur le pâturage ovin est limitée. Ainsi, il est simplement possible de conclure qu'un pâturage fixe durant le mois de juin est particulièrement destructeur (aucun pied de *G. cruciata* intact ne fut observé). Cependant, une observation rapide, sans protocole particulier a monté que les pieds pâturés durant le mois de mai (parc fixe) furent moins impactés. Le pâturage itinérant du mois de juillet a eu moins d'impact mais les deux données ne sont pas comparables puisqu'elles n'ont pas eu lieu durant la même période (les principales différences concernent le cortège végétal avoisinant *G. cruciata* et l'avancée du stade floral de celle-ci).

Dans les deux cas, *G. cruciata* semble être une espèce consommée à la fois par les bovins et les ovins, mais son appétence reste relativement faible (estimation : appétence supérieure pour les ovins).

L'idéal serait un pâturage extensif avant le mois de mai et un pâturage de regain après le mois d'août. Cependant, au vu de ces résultats, dans la mesure où le pâturage reste extensif, il est possible d'installer un pâturage sur différents secteurs en rotation, jusqu'au mois de mai et à partir du mois d'août sans mettre en péril à court terme la population de *M. rebeli*. Les effets à moyen terme doivent être évalués avec un suivi sur plusieurs années des relevés effectués pour cet état initial. Dans ce cadre, le protocole établi peut être repris afin de suivre la densité de *G. cruciata* et l'évolution de sa morphologie. De même, le taux de reproduction (nombre d'œufs pondus) peut être suivi en parallèle d'une étude sur les imagos de *M. rebeli*. Ainsi que la dispersion et la diversité spécifique des *Formicidae* et ainsi évaluer l'impact du pâturage sur ce partenaire symbiotique.

5.4 Limites de l'étude

La modélisation des données recueillies sur le terrain représente un aspect important pour que l'étude puisse être suivie au cours du temps. Cependant, la précision des GPS utilisés n'est pas suffisante pour représenter correctement ces données. En effet, la précision du GPS est au minimum de l'ordre de quatre mètres, alors que la répartition des pieds de gentiane est évaluée par secteurs d'un mètre par un mètre. La solution utilisée correspond à une représentation graphique manuscrite de la répartition de Gentianes, suivie d'une traduction informatique en synthétisant l'information à la densité de Gentianes par secteur de un mètre sur un mètre. La position des nids de fourmis est également représentée sur cette carte mais le reste des informations ne sera pas collecté spatialement. C'est pourquoi la dégradation est évaluée simplement en comptant le nombre de pieds pour chaque type de dégradation. Les caractéristiques morphologiques sont notées au moment du relevé des pontes afin de pouvoir tirer des conclusions concernant la zone préférentielle de ponte. Seuls quinze pieds sont relevés pour chaque quadrat, ce qui peut causer un biais d'échantillonnage.

Le fait que l'accès sur le site de Sissonne soit limité, oblige l'étude d'un seul quadrat par zone. La limite de temps contraint l'étude à seulement deux quadrats par zone pour le site de Marchais. Ainsi, l'analyse statistique sera biaisée car elle aurait nécessitée un minimum de trois répliquas de quadrats par type d'entretien. En revanche, la condition d'abondance de population est respectée (plus de cents individus de gentiane analysés).

La clef de détermination des fourmis de SEIFERT B. (1996) a été choisie car elle est réalisée de manière interactive sur Internet et avec de nombreuses photos des détails morphologiques. Cependant, elle se base sur une liste qui n'est pas exhaustive puisqu'elle repose sur des collectes personnelles de l'auteur. De plus cette clef n'a de valeur que par le crédit que l'on peut donner à des photos, mais simplifie l'identification des fourmis prélevées. L'identification des fourmis a été vérifiée par GERARD T. (chargé d'étude, CENP) et un échantillon de référence est envoyé à « … » pour confirmation.

La dernière difficulté rencontrée à l'heure actuelle concerne la localisation et la caractérisation des nids de *Formicidae*. En effet, le milieu étant ouvert et thermophile, tous les nids sont en grande partie endogés et donc très difficilement repérables. De plus, le stade d'ourlet rend la localisation des ouvrières délicate. De même, une fois le nid localisé, il est peu probable de retrouver l'ensemble des entrées utilisées.

6 Conclusion

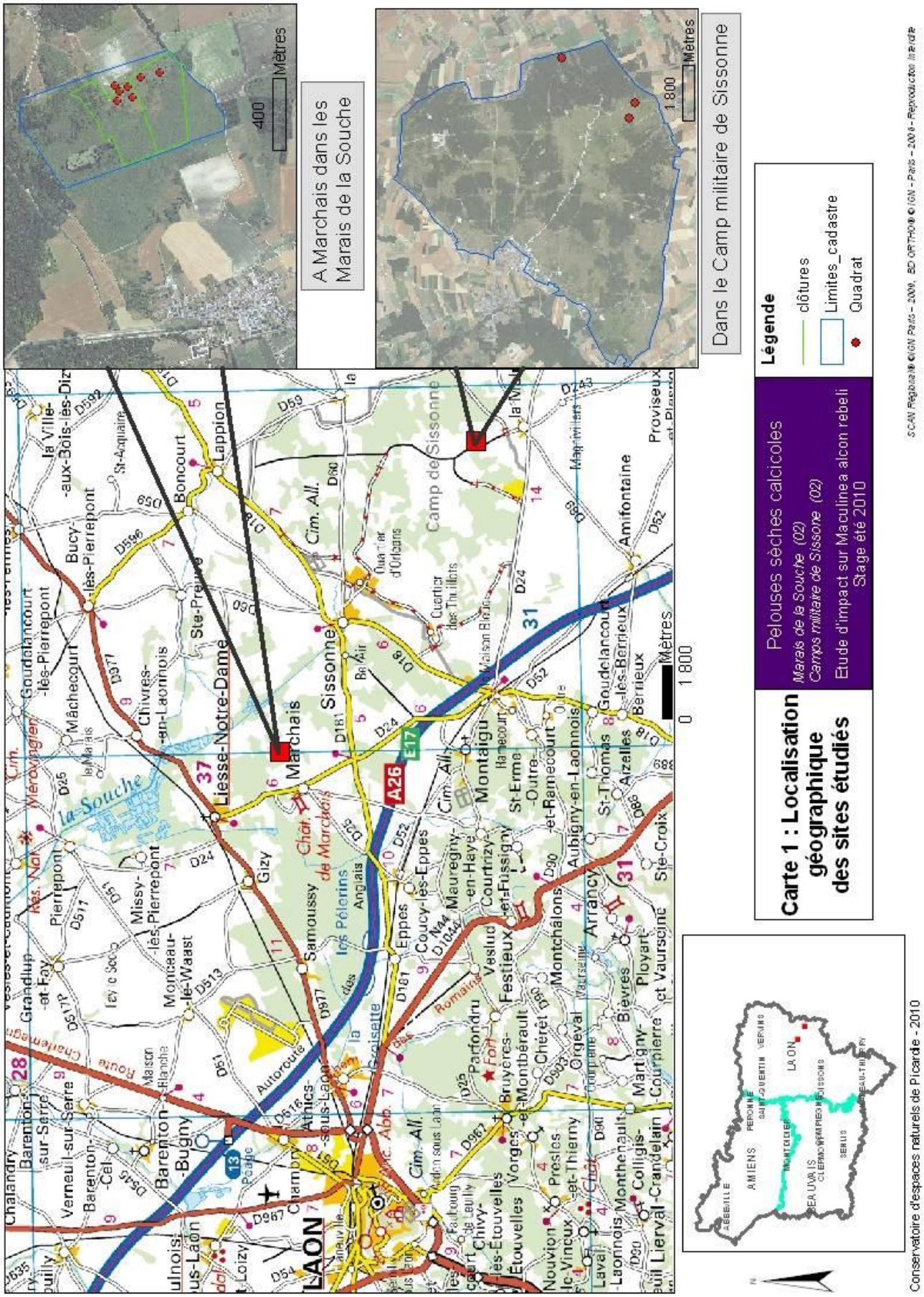
Cette étude a pour but d'améliorer la connaissance du cycle biologique particulier de *M. rebeli*. Les protocoles définis vont permettre d'approfondir les connaissances concernant, plus particulièrement, la relation entre les *Formicidae* et les chenilles de *M. rebeli*. Certaines informations ont volontairement été écartées de l'analyse. Elles nécessiteront une étude complémentaire pour aller plus loin. Par exemple, il serait intéressant de définir et de localiser d'éventuelles métapopulations.

La préservation d'une petite surface comme celle des pelouses sèches étudiées à Marchais constitue un investissement très fort pour sa préservation. Afin que cet effort de préservation soit durable, il est nécessaire qu'il y ai un retour économique sur cet investissement. L'implantation d'un agriculteur local semble une bonne solution, mais les exigences particulières de *Maculinea alcon rebeli* diminuent la valeur pastorale du site. Ainsi, afin que le système perdure il est important que l'activité d'élevage soit soutenue.

Pour un site avec une superficie préservée importante tel que le camp militaire de Sissone, la restauration dynamique naturelle de prairie sèche est à envisager. Ainsi, la non intervention totale (en excluant la restauration, l'entretien pour la chasse, l'essouchage des arbres morts…) sur une large partie de la forêt actuelle permettrait la sauvegarde des espèces de pelouses sèches. Laisser vieillir une forêt avec des grands herbivores permet l'obtention et l'entretien de larges clairières naturelles non entretenues artificiellement préservant cette faune si particulière.

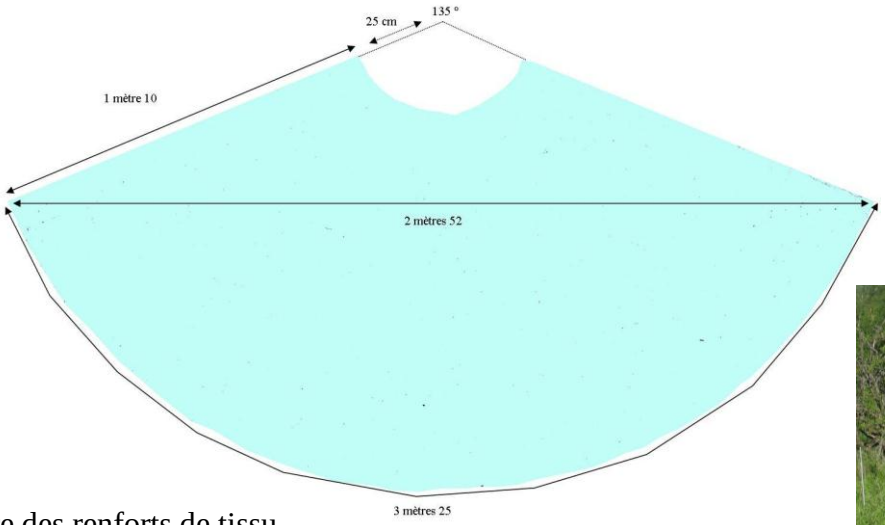
De plus, pour qu'un dème soit fonctionnel, il est important que les mâles aient une bonne dispersion afin de permettre un brassage génétique entre les populations. La dispersion des femelles, quand à elle, est nécessaire pour la recolonisation d'un site. Ainsi, l'étude des déplacements des adultes doit encore être approfondie pour avoir une approche globale des sites. De même l'impact du pâturage, est étudié de manière directe dans cette étude (dégradation ponctuelle) mais devra être poursuivi pour connaître son impact indirect (déplacement de populations, disparition d'espèces de *Formicidae*, adaptations morphologiques de *G. cruciata*, …).

Annexe 1 : Localisation des secteurs étudiés



Annexe 2 : Réalisation des nasses à émergence

Découper le tulle suivant le patron suivant :



Coudre des renforts de tissu

Rigidifier la base avec un fil galvanisé

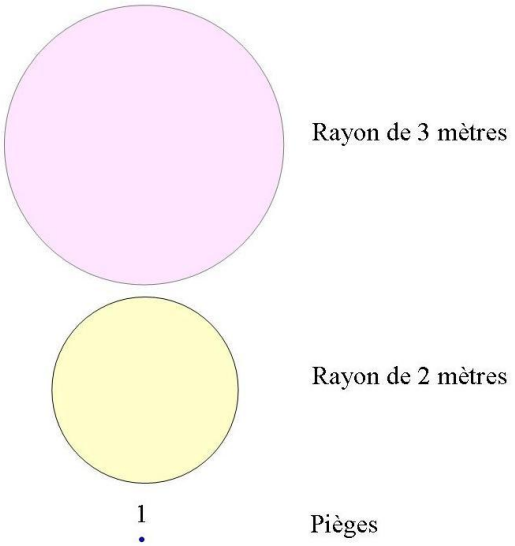
Agrafer le dessus du cône à une planchette trouée (environ 12 cm * 15cm)

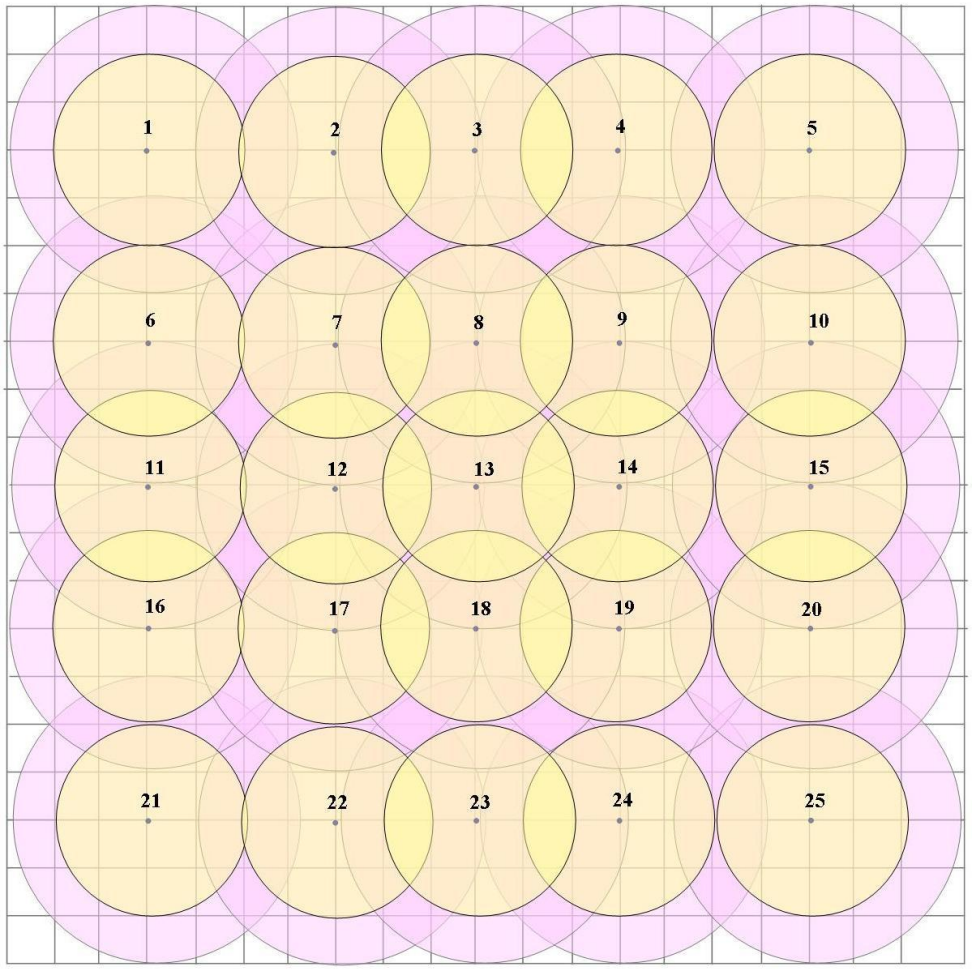
Jointer la bouteille avec du silicone

Fixer l'ensemble au trépied

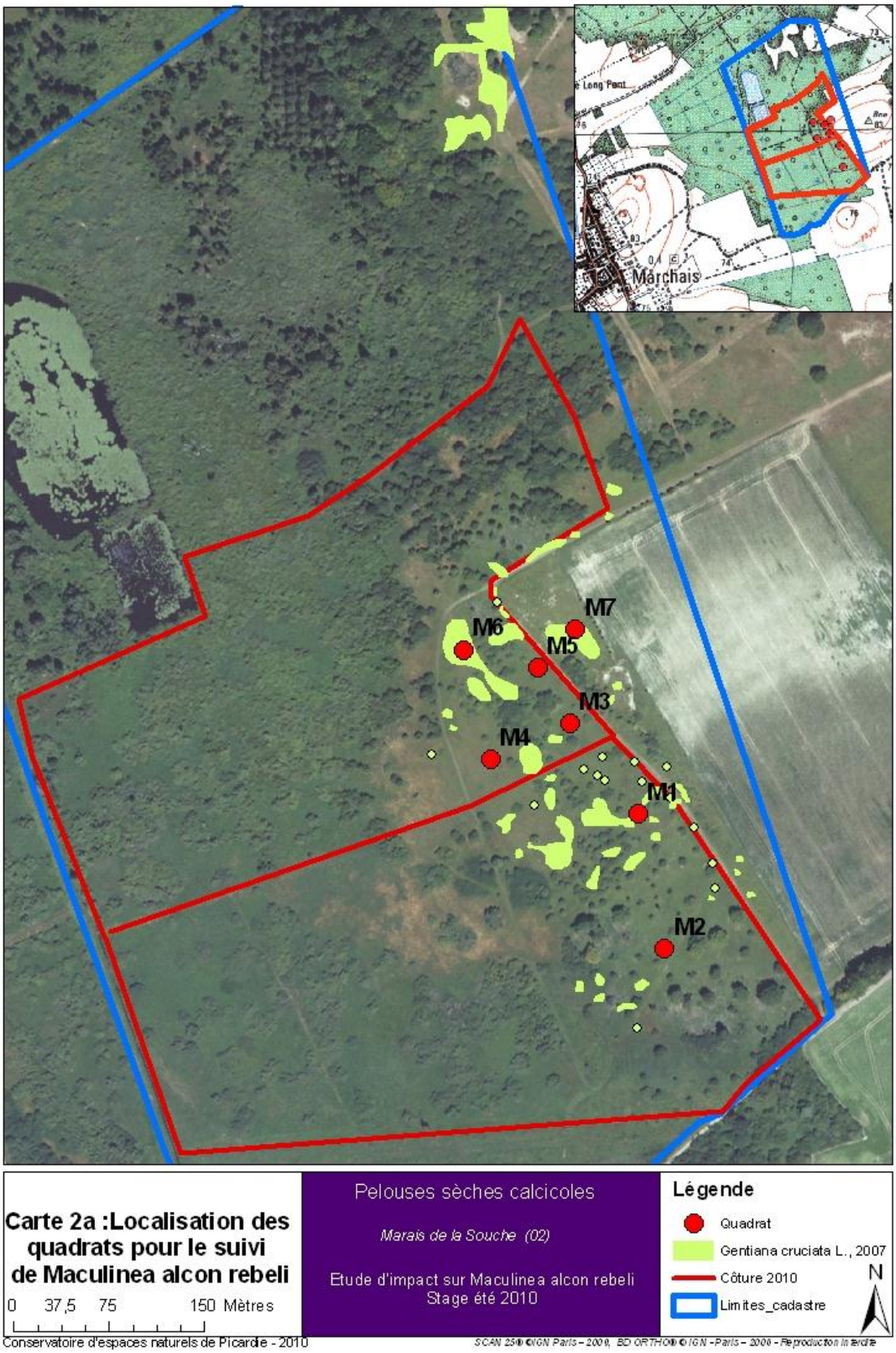
Annexe 3 : Dispositions des pièges au sein d'un quadrat

Les pièges sont placés de manière à recouvrir un maximum le quadrat en supposant un rayon d'affouragement des ouvrières de 2 à 3 mètres autour de la fourmilière.

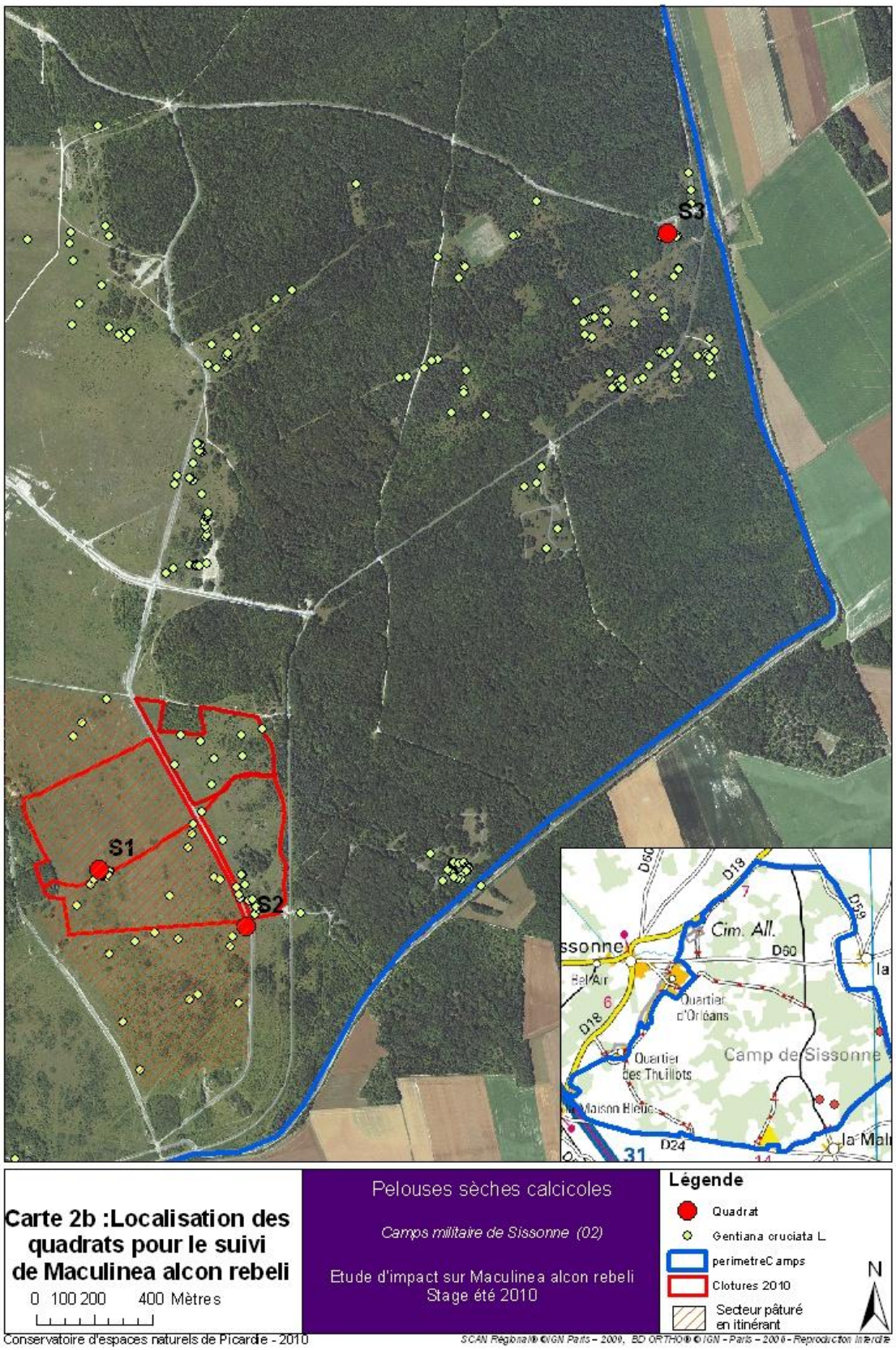




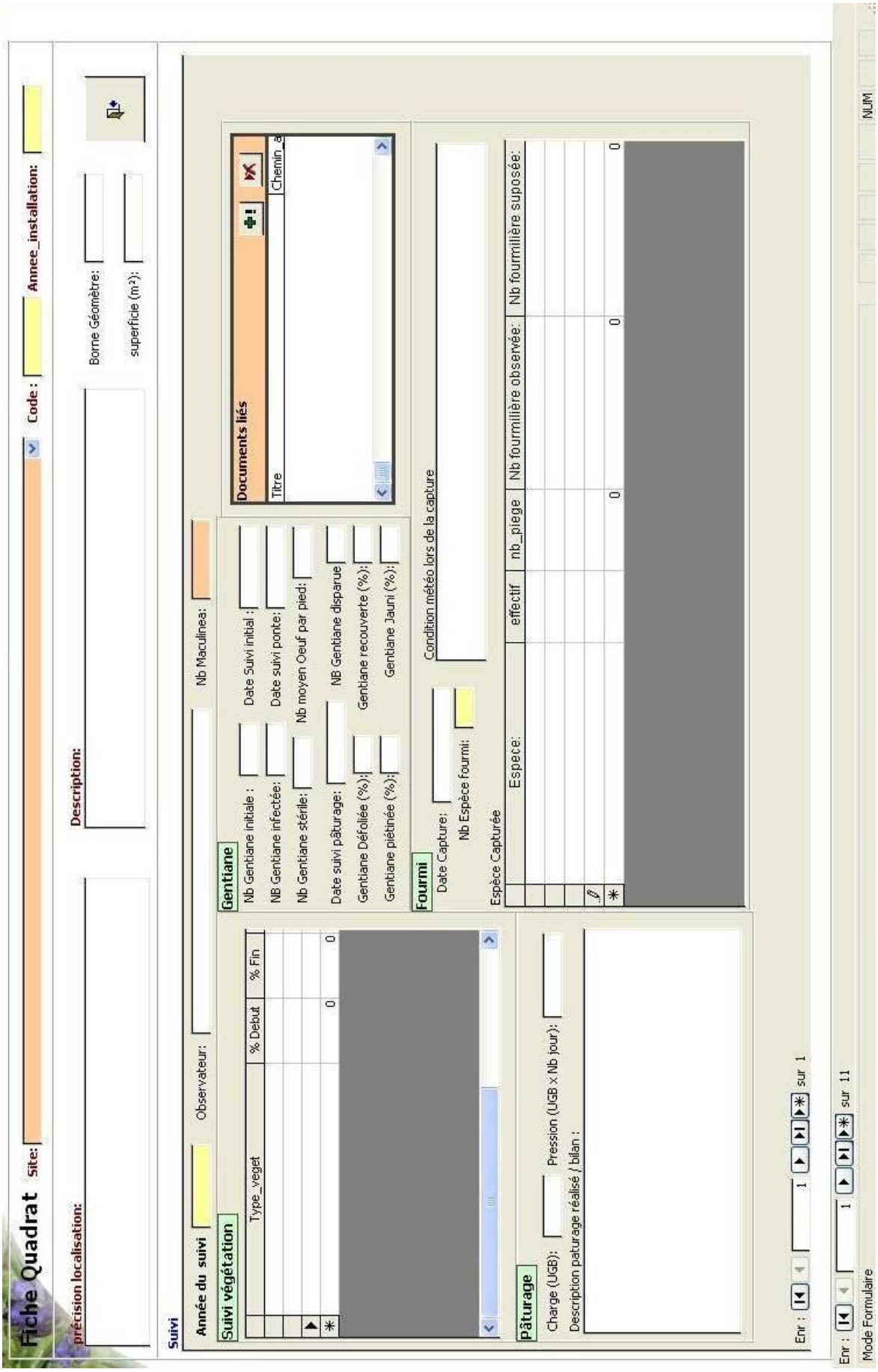
Annexe 4 : Localisation des quadrats à Marchais



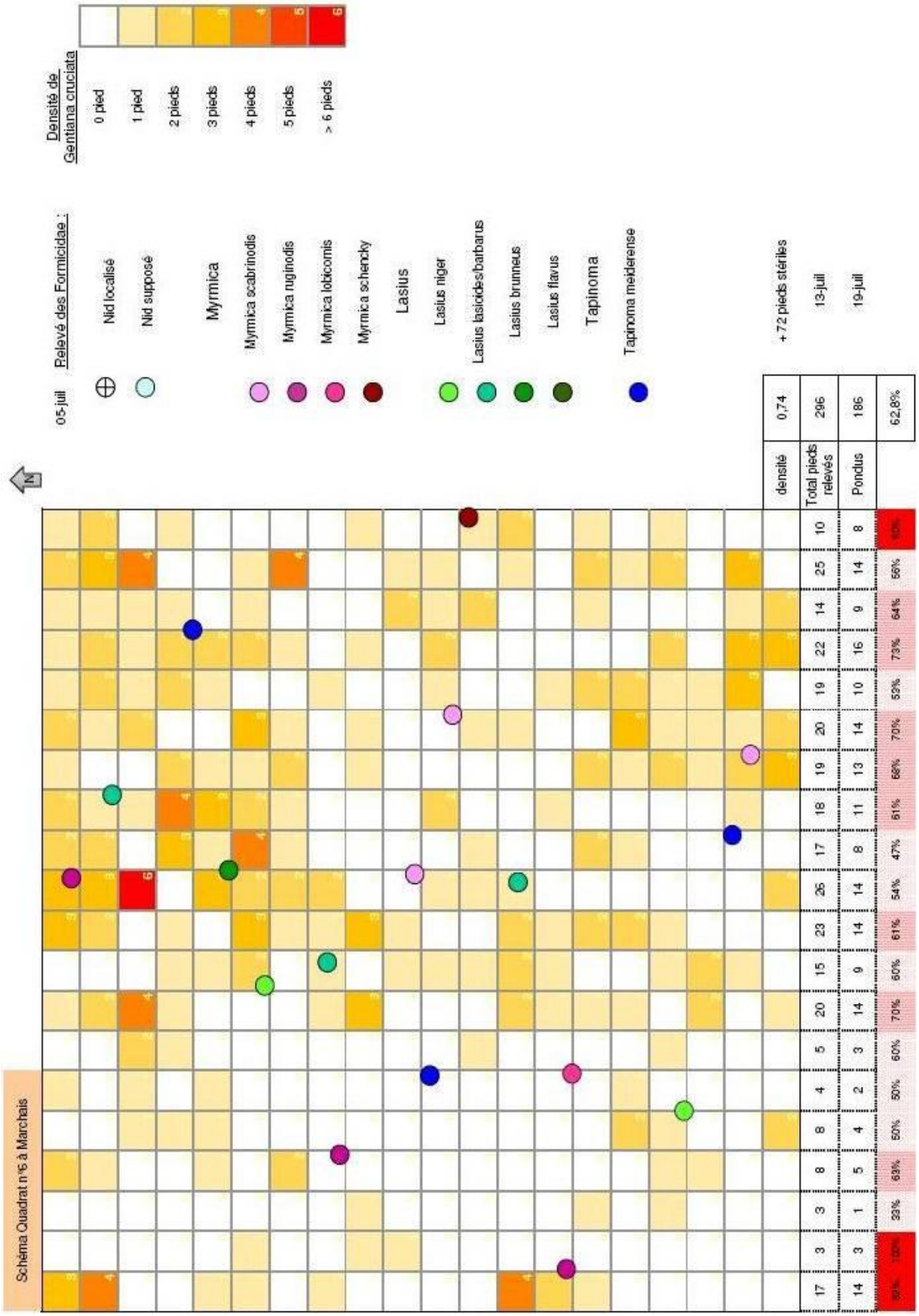
Annexe 5 : Localisation des quadrats à Sissonne



Annexe 6 : Base de données pour le suivi de *Maculinea alcon rebeli*



Annexe 7 : Exemple : schéma récapitulatif d'un quadrat (n°6 de Marchais)

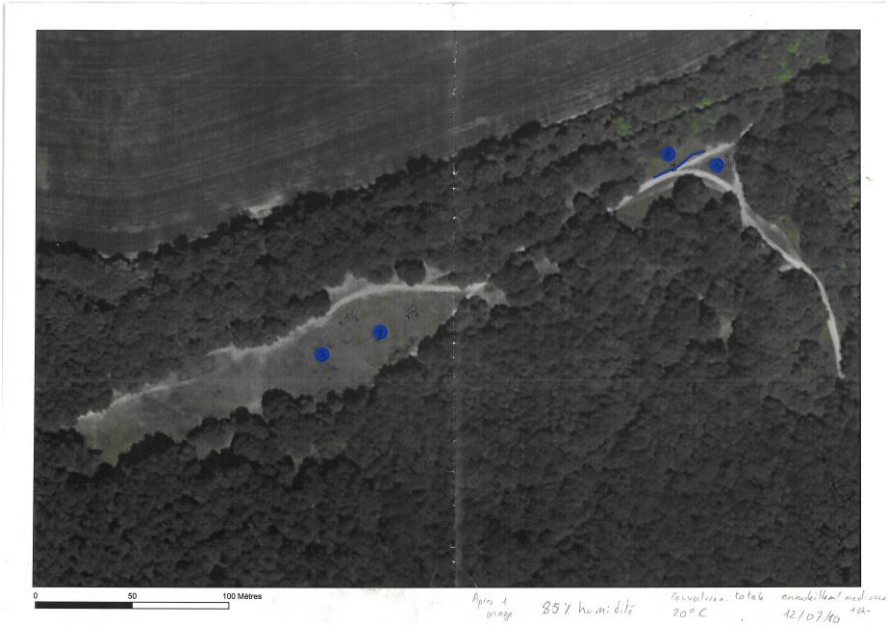


Annexe 8 : Cartographie de pieds de *Gentiana cruciata* en 2007() et 2010(EL).

Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie 2010 - BD ORTHO® © IGN - Paris – 2006 Reproduction interdite

Annexe 9 : Résultats des prospections dans l'Oise

La prospection sur ce site a été réalisé avec de mauvais condition climatique (orage passé et menaçant) ainsi seul trois imagos ont été observés (deux femelles dans le secteur 3 et un mâle dans le secteur 1). Cependant, un relevé exhaustif des pontes sur l'ensemble des pieds de *G. cruciata* a été effectué. Les résultats bruts, ci-dessous, indique le nombre d'œufs de *M. rebeli* pour chaque pied. La zone a été découpée en 3 secteurs suivant la végétation observée.



Carte de localisation des différents secteurs prospectés

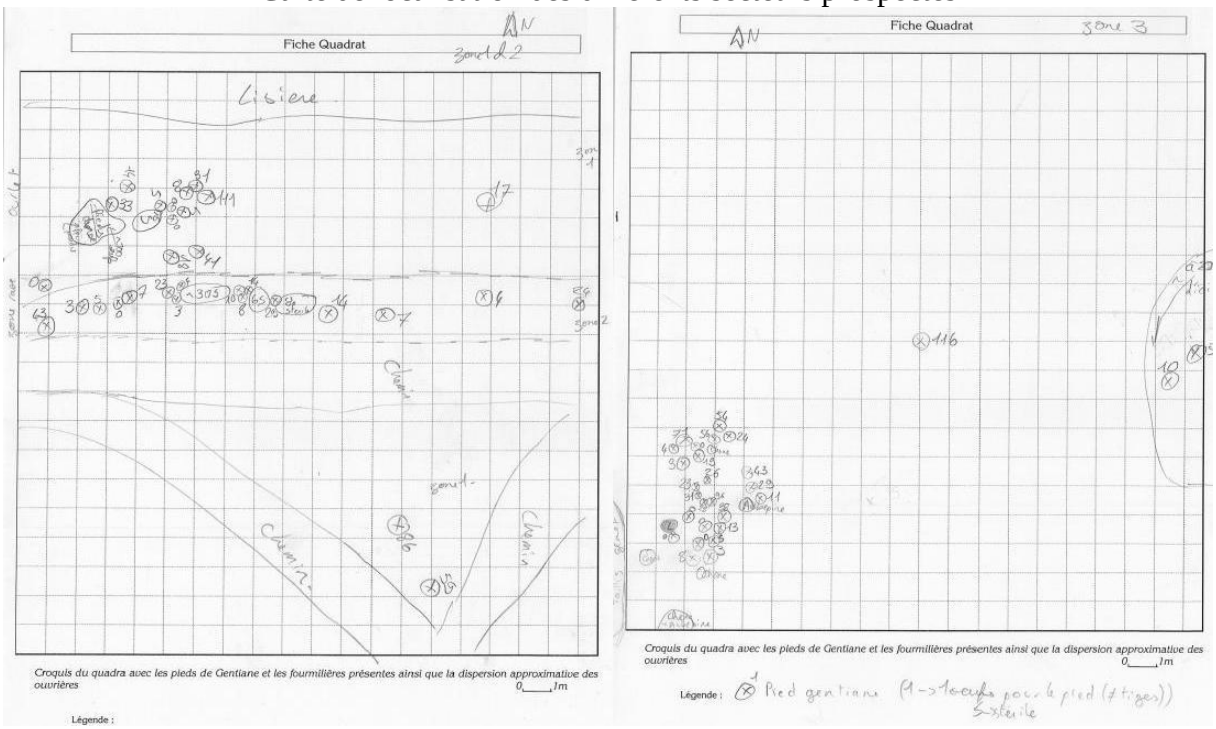
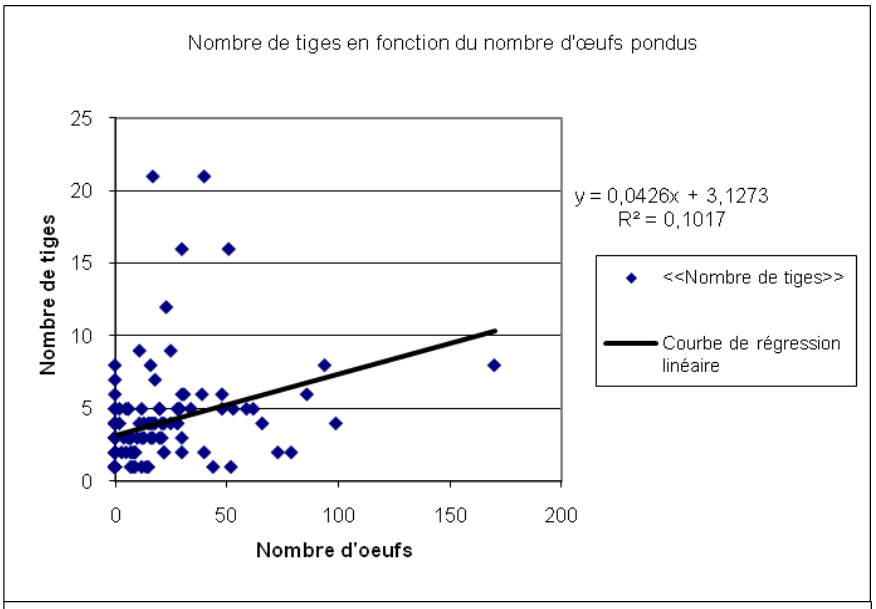
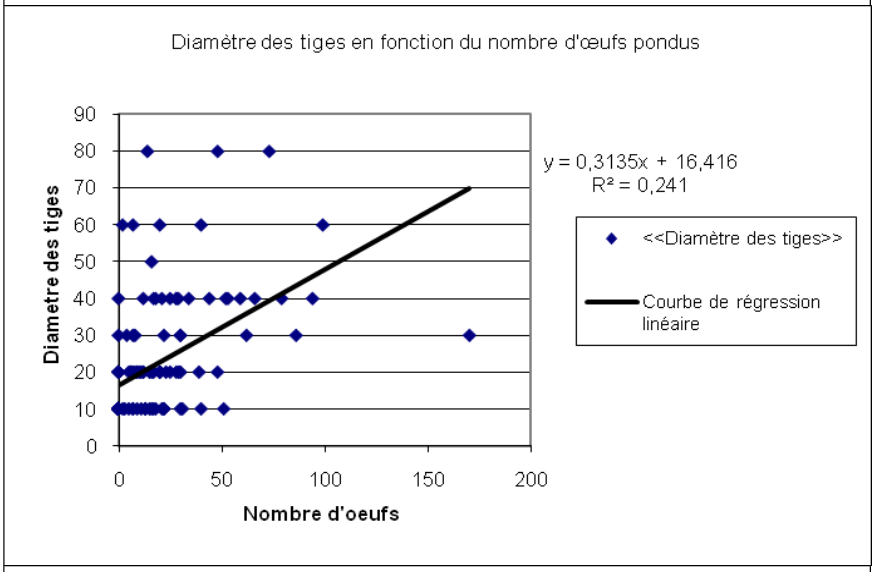
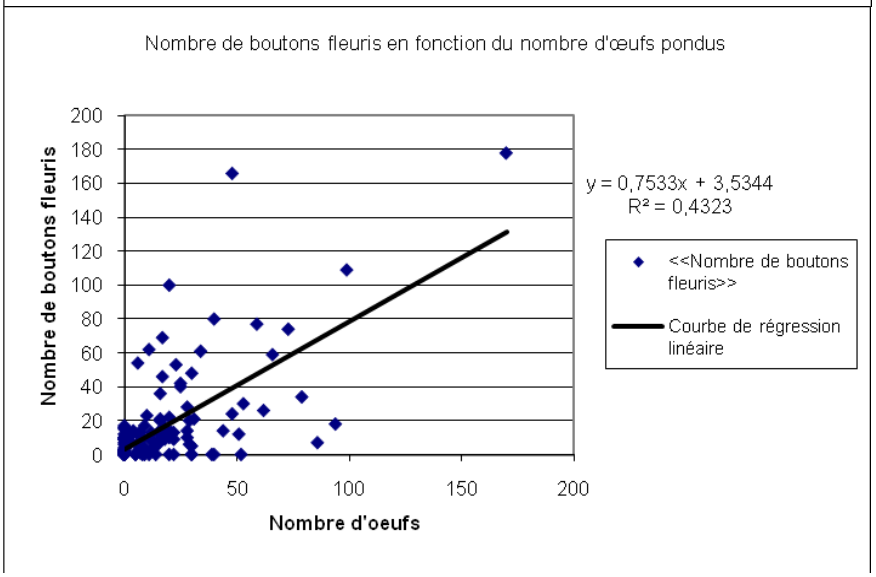


Schéma représentant le nombre d'œufs de *M. rebeli* pour chaque pied de *G. cruciata*

Annexe 10 : Détail des régressions linéaires des différents critères morphologique en fonction de la densité de ponte







Annexe 11 : Détail des relevés des suivis de la cinétique de ponte

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 1
zone : zone pierrier
Proche Taillis (ombre matin)

0 = nul 0 = nul 0 = nul 0 = nul
1 = gouté 1= couché 1 = à proximi 1 = partiel
2 = partiel 2 = fortement 2 = partiel 2 = moitié
3 = total 3= sol nu 3 = total 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
01/07			8	0	0	0	0	0	0					
05/07				0	0	0	0	0	0					
08/07				0	0	1+1+2	0	0	0					
13/07	hauteur tige			0	0	1+2+5 +1	0	0	0					1 pied avec pucerons. -> fourmis (lacius)
15/07	16,16,16,16, 16,16,12,2	moyenne 12cm max 25cm		0	0	2+2+5 +1	0	0	0					
16/07				0	0	2+2+4 +1+1	0	0	0					2 pieds avec des pucerons
19/07				1	0	2+2+4 +1+1	0	0	0					
20/07			→7	1	0	2+2+1+1	0	0	0	2 Terre coupée			1 Terre	
28/07				10	0	2+1+1	0	0	0					

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 2
zone : zone pierrier
zone ouverte (soleil matin)

0 = nul 0 = nul 0 = nul 0 = nul
1 = gouté 1= couché 1 = à proximi 1 = partiel
2 = partiel 2 = fortement 2 = partiel 2 = moitié
3 = total 3= sol nu 3 = total 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
01/07			4	0	0	4 + 3 + 2	0	0	0					
05/07				0	0	9 + 7 + 2	0	0	0					
08/07				0	0	11 + 7 + 2	0	0	0					
13/07	hauteur réelle tige			0	0	16 + 11 + 4	0	0	0				1 base	Debut jaunissement à la base des tiges
15/07	20,20, 16,10.	30cm		03	0	21 + 14 + 7	0	0	0					
16/07				3	0	21 + 14 + 8	0	0	0					
19/07				4	0	20 + 14 + 12	0	0	0					
20/07				5	0	16 + 15 + 12	0	0	1					
28/07				40	17	12 + 11 + 11	0	3 + 2 + 1	0					

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 3
zone : zone exclos
entre M3 et M4 (soleil & matin)

0 = nul 0 = nul 0 = nul 0 = nul
1 = gouté 1= couché 1 = à proximi 1 = partiel
2 = partiel 2 = fortement 2 = partiel 2 = moitié
3 = total 3= sol nu 3 = total 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
01/07			6	0	0	5+9+7	0	0	0					1 pied stérile
05/07				0	0	10+5+13	0	0	0					
08/07				0+5+6	0	10+5+13	0	0	0					
13/07	hauteur tige réelle			12+20+14	1+3	12+2+16 +1	0	5	1+2					1 chenille dans un bouton 2 boutons ~~fleuris~~ / ~~2 boutons bouché~~ / Bouton? éclosion?
15/07	27,20,20, 12,15,5	11cm		24+23+15	1+5	12+1+11	0	4+4	0					2 boutons -> 2 fleurs + 1 chenille 2 boutons -> 1 fleur
16/07				26+25+15	3+7	14+9	0	4+5	0					Nid Myrmica au pied. 2 boutons percés.
19/07				41+38+26 +2	12+13+13	14+6	0	4+5	0					
20/07				41+38+26 +2	12+13+13	10+6	0	3+5	1+1	3 3 pied				3 pieds arraché / sangliers 2 chenilles dans 1 bouton
28/07														

Annexe 11 (suite) : Détail des relevés des suivis de la cinétique de ponte

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 4
zone : zone exclos entre M3-M4 (ombre le matin)

0 = nul 1 = gouté 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1= couché 2 = fortemen 3= sol nu | 0 = nul 1 = à proximi 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1 = partiel 2 = moitié 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
1/07			5	0	0	4+2	0	0	0					
5/07				0	0	4+2	0	0	0	1 pied sec			base jaune	1 pied stérile.
8/07				0	0	4+2	0	0	0					
13/07	hauteur tige réelle			0	0	6+2+1	0	0	0					
15/07	18,15,20 2,2	13 cm		2	0	6+3+2 +1	0	0	0					
16/07				3	0	6+2+1+1	0	0	1					
19/07				5	1	6+3+1	0	1	1 sur bouton fleuris					1 trou dans 1 feuille
20/07				3+2	0	6+5+1	0	0	0					
28/07				10+6	7	4+3	0	1	1					

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 5
zone : zone exclos entre M5-M6 (soleil le matin

0 = nul 1 = gouté 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1= couché 2 = fortemen 3= sol nu | 0 = nul 1 = à proximi 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1 = partiel 2 = moitié 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
01/07			18	0	0	0	0	0	0					1 Pied Stérile.
05/07				0	0	0	0	0	0					
08/07				4	0	2	0	0	0				1 → base	
13/07	hauteur tige réelle			5 sur pied sec	0	3	0	0	0				3 → 1 pied	1 tige seche autres tiges molles.
15/07	16,13,13,15,6 10,10,10,10,2	moyenne 10, max 16 cm		"	0	3	0	0	0					
16/07				~	0	3	0	0	0					
19/07				1+1+5 sur aux 8	0	2+1	0	0	0					
20/07				1+1	0	1+1	0	3	0					
28/07				2	2	1+1	0	2	0					

Fiche Gentiana cruciata

Site : Marchais | Pied n° : 6
zone : zone exclos entre M5-M6 (ombre matin)

0 = nul 1 = gouté 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1= couché 2 = fortemen 3= sol nu | 0 = nul 1 = à proximi 2 = partiel 3 = total | 0 = nul 1 = partiel 2 = moitié 3 = total

Date	Hauteur maximum	Hauteur de la végétation	Nombre de tiges	Nombre de Boutons	Nombre de boutons fleuris	Nombre d'œufs sur les feuilles	sur les tiges	sur le calice	sur la corolle	Défoliation	Pietinnement	Recouvrement	jaunissement	Commentaire Dégradation éventuelle
01/07			5	0	0	0	0	0	0					
05/07				0	0	2	0	0	0					base jaune
08/07				0	0	4+2+3	0	0	0					
13/07	hauteur tiges			0	0	4+3+1+1 1 ecloss feuille	0	0	0					1 feuille trouée → Eclosion.
15/07	17,17,16 16,15	moyenne 6 cm max 15		0	0	4+4+1+1	0	0	0					
16/07				0	0	5+4+1	0	0	0					
19/07				3+2+2+1	0	5+3+1	0	0	0					
20/07				3+3+2+2	0	4+2+1	0	1	0					
28/07				36	15	4+2+1	0	0	0					

Bibliographie

http://www.u707.jussieu.fr/biostatgv/index.html

Als, T. D., D. R. Nash & J. J. Boomsma (2001). Adoption of parasitic Maculinea alcon caterpillars (Lepidoptera: Lycaenidae) by three Myrmica ant species. Animal Behaviour 62 (1): 99-106.

Als, T. D., R. Vila, N. P. Kandul, D. R. Nash, S.-H. Yen, Y.-F. Hsu, A. A. Mignault, J. J. Boomsma & N. E. Pierce (2004). Evolution of alternative parasitic life histories in Large Blue butterflies. Nature 432: 386-390.

Association des Entomologistes de Picardie, 2004 - La Picardie et ses papillons. ; Tome 1 Les Rhopalocères, page 98.

Arnyas, E., J. Bereczki, A. Toth, K. Pecsenye & Z. Varga (2006). Egg-laying preference of the xerophilous ecotype of Maculinea alcon (Lepidoptera: Lycaenidae) in the Aggtelek National Park. European Journal of Entomology 103: 587-595.

Barbero, F., J. A. Thomas, S. Bonelli, E. Balletto & K. Schönrogge (2009). Queen Ants Make Distinctive Sounds That Are Mimicked by a Butterfly Social Parasite. Science 323 (5915): 782-785.

BARBIER L., BOULLET V., DESREUMAUX H., 2000 - Bilan des 10 ans de gestion pastorale. Réserve naturelle volontaire de Wavrans sur l'AA.

Bereczki, J., K. Pecsenye, L. Peregovits & Z. Varga, (2005). Pattern of genetic differentiation in the Maculinea alcon species group (Lepidoptera, Lycaenidae) in Central Europe. Journal of Zoological Systematics & Evolutionary Research 43 (2): 157-165.

Cama, A., F. Faucheux, S. Gressette, J.-M. Lett, A. Lévêque & D. Vandromme (2007). Livre Rouge. Groupe invertébrés - Lépidoptères, CSRPN Région Centre (non publié), 10 p.

CHAPPUIS J.B., Ligue Suisse Pour La Protection De La Nature, 1987 - Les papillons de jour et leurs biotopes - Espèces. Dangers qui les menacent. Protection. ; Groupe de Travail des Lepidopteristes, Bâle.

COLOMBO J.B., ABBE P., LOUVEAUX A., LHONORE J., DREUILLAUX J.M., DUMEIGE B., 2001 - *Maculinea alcon* (Lepidoptera, Lycaenidae) en Brenne. Bilan de trois années d'observations. Analyse stationnelle des facteurs pouvant conditionner le succès de la reproduction. ; Symbioses, nouvelle série, n°4, pages 5 à 10.

Conservatoire des Sites Naturels de Picardie - Documents et cartes de travail

Conservatoire des Sites Naturels de Picardie, Rapport d'activité 2005 – Préconisation d'actions pour la prise en compte du patrimoine naturel du Camps militaire national de Sissonne, Programme 2006-2010.

Czechowski, W., B. Marko & A. Radchenko (2008). Rubbish dumps revel the diet of ant colonies: Myrmica schencki EM. and Myrmica rubra (L.) (Hymenoptera: Formicidae) as facultative

pollen-eaters. Polish Journal of Ecology 56 (4): 737-741.

Dauber, J., A. Rommeler & V. Wolters (2006). The ant *Lasius flavus* alters the viable seed bank in pastures. European Journal of Soil Biology 42: 157-163.

DELATTRE M., Rapport de stage 2003 – Le pâturage ovin extensif. Un outil pour la gestion écologique des milieux naturels de Landes. Reserve Naturelle des Landes de Versigny (Aisne), CSNP.

DELMAS S., MAECHLER J., 1999 - Catalogue permanent de l'entomofaune, série nationale. ; Union de l'Entomologie Française, Fascicule 2, page 58.

DETREE J., Rapport de stage 2007 - Impact de gestion conservatoire sur quatre espèces de Lépidoptères Rhopalocères dans l'Oise (60). ; Conservatoire des Sites Naturels de Picardie - Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Devries, P. J., R. B. Cocroft & J. A. Thomas (1993). Comparison of acoustical signals in Maculinea butterfly caterpillars and their obligate host Myrmica ants. Biological Journal of Linnean Society 101: 1-49.

DUPONT P., 2009 - Plan d'Action National sur les Maculinea. ; Document de travail de l'OPIE.

DUPONT P., 2001-2004 – Programme National de Restauration pour la Conseration des Lepidoptères Diurnes (Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae et Nymphalidae). ; Convention CNV 186/00, OPIE, pages 107 à 109.

Elmes, G. W. & J. A. Thomas (1992). Complexity of species conservation in managed habitats: interaction between Maculinea butterflies and their host ants. Biological Conservation 1: 155-159.

Elmes, G. W., J. A. Thomas, J. C. Wardlaw, M. E. Hochberg, R. T. Clarke & D. J. Simcox (1998). The ecology of Myrmica ants in relation to the conservation of Maculinea butterflies. Journal of Insect Conservation 2 (1): 67-78.

Fric, Z. K., N. Wahlberg, P. Pech & J. Zrzavy (2007). Phylogeny and classification of the Phengaris-Maculinea clade (Lepidoptera: Lycaenidae): total evidence and phylogenetic species concepts. Systematic Entomology 32 (3): 558-567.

FORGEOT D., Rapport stage 2007 - Densité des nids et activité des fourmis hôtes de *Maculinea alcon* sur la lande du Camp, influence de l'habitat et du mode de gestion. ; Syndicat Mixte Espaces Littoraux de la Manche - Université Paul Verlaine, Metz.

HOUARD X., 2006 – Synthèse préalable à la mise en œuvre d'un protocole d'inventaire, de veille et de suivi entomologiques (Macrolépidoptères, Orthoptéroïdes, Odonates, Coléoptères coprophages) des sites gérés par le Conservatoire des Sites Naturels de Haute Normandie dans le cadre des dossiers FEDER. CSNHN, pages 23 à 28.

Hovestadt, T., O. Mitesser, G. W. Elmes, J. A. Thomas & M. E. Hochberg (2007). An evolutionarily stable strategy model for the evolution of dimorphic development in the butterfly Maculinea rebeli, a social parasite of Myrmica ant colonies. American Naturalist 169 (4): 466-480.

HOZAK C.M., 2000 - Population biology of *Maculinea rebeli* (Lepidoptera: Lycaenidae) on the chalk grasslands of Eastern Westphalia (Germany) and implications for conservation. ; Journal of Insect Conservation 4, pages 63 à 72.

Kery, M., D. Matthies & M. Fischer (2001). The Effect of Plant Population Size on the Interactions between the Rare Plant Gentiana cruciata and Its Specialized Herbivore Maculinea rebeli. The Journal of Ecology 89 (3): 418-427.

Korösi, A., N. Örvössy, P. Batáry, S. Kövér & L. Peregovits (2008). Restricted within-habitat movement and time-constrained egg laying of female Maculinea rebeli butterflies. Oecologia 156 (2): 455-464.

LAFRANCHIS T., 2001 - Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leur chenilles. ; Parthénope Collection, pages 210 à 213.

LHONORE J., 1996 et 1998 - Biologie, écologie et répartition de quatre espèces de Lépidoptères Rhophalocères protégés (Lycaenidae, Satyridae) dans l'ouest de la France. ; Editions OPIE. Rapports d'études de l'OPIE.

Malicky, H. (1970). New aspects on the association between Lycaenid larvae (Lycaenidae) and ants (Formicidae, Hymenoptera). J. Lep. Soc. 24: 190-202.

MAUBERT P., 1995 – Synthèse de la gestion par pâturage et fauchage réalisé dans la réserve naturelle de Grand-Pierre et Vitain (Loir et Cher, France). Colloque « La gestion des pelouse calcicoles ». CDPNE.

MORAND A., MAJCHRZAK Y., MANNEVILLE O., BEFFY J.L., 1994 - Papillons du genre *Maculinea* (Lycaenidae) et pastoralisme : aspects antagonistes d'une gestion conservatoire. ; Ecologie, t. 25 (1), pages 9 à 18.

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

Munguira, M. L., J. Martin & E. Garcia-Barros (2005). Maculinea rebeli (Hirsche, 1904). In : Libro Rojo de los Invertebrados de España. J. R. G. Verdu, E. eds. Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza: 229.

Nash, D. R., T. D. Als, R. Maile, G. R. Jones & J. J. Boomsma (2008). A Mosaic of Chemical Coevolution in a Large Blue Butterfly. Science 319: 88-90.

Nicolas, V. & M. Duquef (2006). Etude entomologique des tourbières et coteaux de Cessières Montbavin, Fédération des Chasseurs de l'Aisne, Association pour le Développement de la Recherche et de l'Education à l'Environnement, CERE, 52 pp.

Nowicki, P., M. Witek, P. Skorka & M. Woyciechowski (2005b). Oviposition patterns in the myrmecophilous butterfly Maculinea alcon Denis & Schiffermüller (Lepidoptera, Lycaenidae) in relations of characteristics of foodplants and presence of ant hosts. Polish Journal of Ecology 53 (3): 409-417.

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

PECH P., FRIC Z., KONVICKA M., 2007 - Species-Specificity of the Phengaris (Maculinea) – Myrmica. Host System: Fact or myth? (Lepidoptera: Lycaenidae; Hymenoptera: Formicidae). ; Sociobiology Vol. 50, No. 3

Pech, P., Z. Fric, M. Konvicka & J. Zrzavy (2004). Phylogeny of Maculinea blues (Lepidoptera : Lycaenidae) based on morphological and ecological characters: evolution of parasitic myrmecophily. Cladistic 20: 362-375.

Pecsenye, K., J. Bereczki, B. Tihanyi, A. Toth, L. Peregovits & V. Z. (2007). Genetic differentiation among the Maculinea species (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Central Europe. Biological Journal of the Linnean Society 91 (1): 11-21.

PICHENOT J., Rapport de stage 2002 - Biologie de la conservation de Maculinea *alcon* (DENIS et SCHIFFERMULLER, 1775) (Lepidoptera, *Lycaenidae*) en Brenne (juillet - août 2002). Etude du système *Maculinea-Gentiana-Myrmica* et proposition de gestion. ; Université de Tours.

Pierce, N. E., M. F. Braby, A. Heath, D. J. Lohman, J. Mathew, D. B. Rand & M. A. Travassos (2002). The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae (Lepidoptera). Annual Review of Entomology 47: 733-771.

PROFFIT C., 1997 - La gestion des espaces naturels sensibles par le pâturage. Fonctionnement et perspectives. Mémoire ENESAD.

Recueil d'expériences de gestion et de suivi scientifique sur les pelouses sèches, 2002. Programme life « Protéction des pelouse sèches relictuelles de France ». Espaces Naturels de France.

ROZIER Y., 2007 - Etat des lieux des échanges biologiques entre les tourbières du plateau de Montselgues (Montselgues, Malarce-sur-la-Thines, 07). Le cas d'une espèce protégée : *Maculinea alcon* (Lepidoptera, Lycaenidae). Rapport 2006-2007; PNR des Monts de l'Ardèche, page 31

Sarlandie, C. (2003). Caractérisation phytosociologique de stations à Maculinea alcon D. & S. (Lép. Lycaenenidae) du sud de la Haute-Vienne et étude comportementale, Thèse de la Faculté de Pharmacie, Université de Limoges, 149 pp.

Seifert, B. (2005). Rank elevation in two European ant species: Myrmica lobulicornis Nylander, 1857, stat. n. and Myrmica spinosior Santschi, 1931 Stat. n. (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecologische Nachrichten 7: 1-7

Sielezniew, M. & A. M. Stankiewicz (2008). Myrmica sabuleti (Hymenoptera: Formicidae) not necessary for the survival of Phengaris (Maculinea) arion (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Poland: Lower host- ant specificity or evidence for geographical variation of an endangered social parasite? European Journal of Entomology 105: 637-641.

SIELEZNIEW M., STANKIEWICZ A.M., 2007 - Differences in the development of the closely related myrmecophilous butterflies *Maculinea alcon* and *M. rebeli* (Lepidoptera: *Lycaenidae*). ; Eur. J. Entomol., pages 104 à 433 et 444.

STEINER F. M., SIELEZNIEW M., SCHLICK-STEINER B.C., HOTTINGER H., STANKIEWICZ A., GORNICKI A., 2003 - Host specificity revisited: New data on *Myrmica* host ants of the lycaenid butterfly *Maculinea rebeli*. ; Journal of Insect Conservation 7 (1), pages 1 à 6.

STOECKEL S., MERCIER J.L., 2001 - Maculinea alcon (Lepidoptera, Lycaenidae) en Brenne : analyse des relations entre la plante hôte Gentiana pneumonathe et la fourmis hôte Myrmica scabrinodis (Hymenoptera, Formicidae) ; Symbioses, nouvelle série, n°4, pages 11 à 17.

Tartally, A., D. Nash, S. Lengyel & Z. Varga (2008). Patterns of host ant use by sympatric populations of Maculinea alcon and M. `rebeli' in the Carpathian Basin. Insectes Sociaux 55 (4): 370-381.

Thomas, J. A., G. W. Elmes, R. T. Clarke, K. G. Kim, M. L. Munguira & M. E. Hogdberg (1997). Field evidence and model predictions of butterfly-mediated apparent competition between gentian plants and red ants. Acta oecologica 18 (6): 671-684.

Thomas, J. A., G. W. Elmes & J. C. Wardlaw (1998). Polymorphic growth in larvae of the butterfly Maculinea rebeli, a social parasite of Myrmica ant colonies. Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 1408: 1895-1901.

Thomas, J. A. & J. Settele (2004). Evolutionary biology: Butterfly mimics of ants. Nature 432: 283-284.

WARDLAW J.C., ELMES G.W., THOMAS J.A., 1998 - Techniques for studing *Maculinea* Butterflies: Identification guide it *Myrmica* ants found on Maculinea sites in Europe. ; Journal of Insect Conservation, 2, pages 119 à 127.

Résumé

Toutes les espèces européennes de *Maculinea* font partie des genres de lépidoptères les plus en danger. Cet état est principalement dû à la spécialisation de son cycle de vie (ponte sur une espèce de plante hôte et adoption des chenilles par des espèces de *Myrmica*). Ce stage s'insère dans le cadre d'une application régionale du Plan d'Action National sur les *Maculinea*. Le présent travail a deux objectifs : compléter les connaissances sur l'écologie de l'Azuré de la croisette (*Maculinea alcon rebeli*) et la mise en place d'un protocole de suivi à long terme afin d'évaluer l'impact d'une gestion par le pâturage sur le cycle de cet Azuré. Pour cela, la densité des nids de fourmis hôte, des pieds de *Gentiana cruciata* et des imagos de *M. rebeli* est évaluée pour déterminer l'état initial du site. Les observations sont effectuées sur Marchais dans les Marais de la Souche ainsi que sur le camp militaire de Sissonne, les deux derniers sites de l'Aisne accueillant l'Azuré de la Croisette et la Gentiane Croisette. À ce jour, peu de données ont encore été récoltées (saison d'activité entre juin et août), mais la diversité en *Formicidae* semble exceptionnelle (site de Marchais).

Mots clefs : *Maculinea alcon rebeli, myrmica sp., Gentiana cruciata*, impact du pâturage, cycle de vie.