

REPARTITION DES POPULATIONS ET SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LE CUIVRE DE LA BISTORTE



Photographie : Camille BERNARD

2016

Rapport de stage de première année de
master Biodiversité, Ecologie,
Environnement

Maitre de Stage : Julien DABRY

Stagiaire : Camille BERNARD

¶¶

On raconte que le battement d'une aile de papillon
à Honolulu suffit à causer un typhon en Californie.

¶¶

Bernard WERBER

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

I. INTRODUCTION

II. MATERIEL ET METHODES

A. *Lycaena helle* : présentation de l'espèce

1. Noms
2. Statuts de protection / répartition géographique
3. Origines
4. Description morphologique
 - a. *Lycaena helle*
 - b. *Lycaena helle perettei*
5. Cycle de vie
 - a. Adulte
 - b. Œuf
 - c. Chenille
 - d. Chrysalide
6. Ecologie
7. Interactions avec d'autres espèces

B. Sa plante hôte : *Bistorta officinalis*

C. Méthodes

1. Etude de la répartition
2. Protocole altitude
3. Conditions de prospection
4. Protocoles de prospection
 - a. Inventaire adultes
 - b. Transect adultes
 - c. Comptage des œufs et chenilles

III. RESULTATS

- A. Météorologie
 - 1. Un hiver particulier
 - 2. Démarrage retardé du printemps
- B. Répartition dans le massif vosgien
- C. Nouveaux sites semblant favorables
- D. Relation altitude / observation des adultes
- E. Comptage des œufs et chenilles
- F. Conditions d'activité des adultes
- G. Phytosociologie des milieux habités par *Lycaena helle*
- H. Evolution de la taille des populations
- I. Conclusion sur les protocoles de prospection

IV. GESTION

Menaces

Détermination de l'état de conservation d'un milieu

Préconisation de gestion

Impact de sa protection sur d'autres espèces / milieux

V. DISCUSSION

REFERENCES

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le Conservatoire d'Espaces Naturels de Lorraine pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de l'Antenne Vosges.

Un merci particulier à mon maître de stage, Julien DABRY, pour la confiance et le temps qu'il m'a accordée au cours de ce projet, le savoir qu'il m'a transmis, ses conseils avisés, son soutien (ou pas) face à la météo, et pour m'avoir supportée 3 mois durant !

Merci à Didier ARSEGUEL pour son humour et sa bonne humeur.

Merci à Lise CAMUS-GINGER qui a réalisé l'analyse phytosociologique de certains milieux et qui a enrichi ma culture en me faisant part de certaines de ses théories sur l'histoire.

Merci à Cyril GERARD pour m'avoir laissée regarder dans sa longue vue si judicieusement postée.

Merci à Jean-Claude GEROME qui prouve chaque jour que, non, l'accent vosgien n'est pas mort.

Merci à Cathy GRUBER, avec qui je réaliserai un grand projet dans les années à venir. Winter is coming.

Merci à Thibault HINGRAY pour la visite guidée spéciale « guest » de la Tourbière des Charmes, pour le partage de bureau, et pour tout ce qui se résume en un seul mot : njut.

Merci à Manuel LEMBKE qui anime avec dynamisme les débats de midi.

Merci à Mélanie VALENTIN pour sa gentillesse et son sourire quotidien (et parce que c'est elle qui a le meilleur bureau on ne le dira jamais assez).

Merci à toute l'équipe de manière générale pour les moments de rire partagés.

Merci à tous les contributeurs qui ont accepté de partager leurs données d'observation et leur expérience, éléments indispensables de cette étude : Luc BETTINELLI (CEN Franche-Comté), David DEMERGES (CEN Midi-Pyrénées), Henri DESCIMON, Luc DIETRICH (Conservatoire des Sites Alsaciens), Fabien DUPONT et Arnaud FOLTZER (PNR Ballons des Vosges), Guillaume DOUCET (CEN Bourgogne), Philippe GOFFART, Denis JUGAN, Vincent PIERRAT, Lionel PONT (PNR Volcans d'Auvergne), Jean-Christophe RAGUE, Michel ROCAMORA, Julien RYELANDT (CBN Franche-Comté), les membres de la Société Lorraine d'Entomologie.

I. INTRODUCTION

Lycaena helle (Denis et Schiffermüller, 1775), le plus petit et rare cuivré de France, est un lépidoptère lycaenidae représenté en plusieurs sous-espèces dont une seule dans les Vosges : *Lycaena helle perettei* (LAFRANCHIS T., 2014). On le repère notamment aux reflets violets de la face postérieure de ses ailes.

Selon le scénario de changement global le plus alarmiste, quasiment la moitié de la population actuellement connue de *Lycaena helle* sera éteinte en 2080 (MARTIN Y. *et al.*, 2014). Face à une contrainte environnementale, une population a deux solutions pour se maintenir : se déplacer ou s'adapter. *Lycaena helle* ne peut se déplacer beaucoup en raison de ses exigences écologiques et altitudinales et de ses capacités de dispersion limitées (MARTIN Y. *et al.*, 2014). Les pratiques agropastorales actuelles, l'urbanisme envahissant, les changements climatiques sont autant de menaces qui mettent en péril les populations du Cuivré de la bistorte.

Dans les Vosges, la présence de *L. helle* est effectivement constatée depuis plusieurs années, mais ses milieux ne sont pas toujours dans un état qui lui permettra de se maintenir encore longtemps (PIERRAT V. comm. pers.).

L'intérêt de cette étude est d'une part de préciser l'étendue de la répartition du cuivré dans les Vosges et d'autre part d'approfondir des points relatifs au papillon lui-même : éventuelle corrélation entre l'altitude et la date d'émergence, conditions d'activité des adultes. Enfin, nous testerons différents protocoles de suivi et étudierons les modes de gestion favorables au Cuivré de la bistorte (que les Conservatoire d'Espaces Naturels de Lorraine pourra ainsi mettre en place sur ses sites).

II. MATERIEL ET METHODES

A. *Lycaena helle* - Présentation de l'espèce

1. Noms

Plusieurs noms lui ont été attribués selon les auteurs et l'avancement des découvertes à son sujet.

Scientific name	Leg. and year
<i>Papilio helle</i>	Denis & Schiffermüller, 1775
<i>Polyommatus helle</i>	Denis & Schiffermüller, 1775
<i>Polyommata hellé</i>	Godart Lucas, 1834
<i>Lycaena helle</i>	Denis & Schiffermüller, 1775
<i>Lycaena (Helleia) helle</i>	Denis & Schiffermüller, 1775
<i>Helleia helle</i>	Denis & Schiffermüller, 1775
<i>Papilio hille</i>	Fabricius, 1787
<i>Papilio amphidamas</i>	Esper, 1780
<i>Polyommatus amphidamas</i>	Esper, 1780
<i>Chrysophanus amphidamas</i>	Esper, 1780
<i>Heodes amphidamas</i>	Esper, 1780
<i>Lycaena amphidamas</i>	Esper, 1780
<i>Papilio xanthe</i>	Lang, 1782
<i>Papilio helle</i>	Sensu Borkhausen

Différents noms scientifiques donnés à *Lycaena helle*

(HABEL JC. *et al*, 2013).

2. Statuts de protection / répartition géographique

Abbr.	Country	Present distr. class	Trend class	Old IUCN-status
CZ	Czech Republic	<1%	extinct	E
H	Hungary	<1%	extinct	E
LV	Latvia	<1%	extinct	E
SK	Slovakia	<1%	extinct	E
A	Austria	<1%	decr 75-100%	E
D	Germany	<1%	decr 75-100%	E
UA	Ukraine	<1%	decr 50-75%	V
RO	Romania	1-5%	decr 25-50%	R
B	Belgium	5-15%	decr 25-50%	V
FIN	Finland	5-15%	decr 25-50%	V
S	Sweden	>15%	decr 25-50%	I
CH	Switzerland	1-5%	decr 15-25%	V
N	Norway	5-15%	decr 15-25%	V
F	France	<1%	stable	V
PL	Poland	1-5%	stable	V
L	Luxemburg	1-5%	incr 125-200%	V
BY	Belarus	<1%	unknown	K
E	Spain	<1%	unknown	V
LT	Lithuania	<1%	unknown	V
RUS	Russia (European part)	5-15%	unknown	-

Distribution et statut par pays.

(SWAAY C & WARREN M., 1999).

A l'échelle européenne, il figure sur la Liste rouge en tant qu'espèce en danger (Liste rouge européenne de l'IUCN, 2010 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013) et

- aux annexes II : espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation
- aux annexes IV espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte

de la Directive Habitats-Faune-Flore (arrêté du 19 avril 2007).

En 1999, le déclin moyen de l'espèce en Europe était de 5 à 15 % avec une tendance vers les 20 à 50 % (VAN SWAAY C., WARREN M., 1999). Il est donc indispensable d'accorder une attention particulière à ce cuivré d'autant que les états membres de l'Union Européenne ont pour obligation de maintenir les espèces Natura 2000 dans un « état de conservation favorable », donc de lui permettre de conserver, au minimum, son aire de répartition actuelle (GOFFART, 2014).

En 1981, sa plus vaste aire de répartition (en Europe) se situait en Scandinavie, où les conditions écologiques sont favorables et même optimales à son développement (MEYER M., 1981 ; MEYER M., 1982). Les populations de Finlande ont fortement décliné depuis les années 1940, mais il semble que ce déclin soit stabilisé depuis les années 1990 (MUTANEN M. & VALIMAKI P., 2014).

Il est protégé nationalement selon l'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007. Dans certaines régions, mais actuellement pas en Lorraine, *L. helle* est proposé comme espèce pour la cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue (MERLET F., HOUARD X., 2012). On le retrouve en France dans les zones montagneuses telles que les Ardennes (où il est menacé), les Vosges, le Jura, le Massif central et les Pyrénées. Il a presque totalement disparu d'Alsace (ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; LAFRANCHIS T., 2000).

En Belgique, il a fait l'objet d'un projet LIFE ayant pour but de restaurer et gérer au minimum 250 ha d'habitat pour cette espèce (GOFFART P. *et al.*, 2014).

3. Origines

Lycaena helle est une relictte post-glaciaire (ESSAYAN R. *et al.*, 2013) : sa répartition était large au cours des glaciations sur des régions périglaciaires, formant un réseau de populations interconnectées. Lorsque le climat s'est réchauffé (époque post-glaciaire), il s'est reculé dans des refuges glaciaires (zones plus appropriées à son développement) qui se trouvent sur des régions anciennement couvertes de glace : il se serait étendu vers le Nord en colonisant la Fennoscandie et se serait éteint des plaines d'Europe centrale pour se réfugier dans des altitudes plus élevées. La différence avec les relicttes glaciaires est que ces dernières se reculent dans des zones qui faisaient déjà partie de leur aire de répartition au cours des glaciations (HABEL JC. *et al.*, 2014b ; MEYER M., 1982).

L. helle se retrouve donc actuellement en altitude ou au niveau de refuges glaciaires présentant un microclimat particulier, comme les prairies humides de moyenne montagne et les tourbières, et dont les conditions écologiques se rapprochent de celles du nord de l'Europe : climat froid et humide, plateaux et cuvettes permettent la persistance des tourbières et ruisseaux issus de la glaciation (MOLITOR M & SCHILTZ C. 2013 ; BARASCUD B. & DESCIMON H., 1992).

L'isolement des populations occasionné par leur recul dans les montagnes a conduit à une forte différenciation génétique : il y a 13 clusters génétiques spécifiques différents parmi les montagnes européennes (observations faites à partir de l'analyse de microsatellites et allozymes polymorphes) (MARTIN Y. *et al.*, 2014). Cela a conduit à la séparation de *Lycaena helle* en plusieurs sous-espèces (HABEL JC. *et al.*, 2013) pour lesquelles certains allèles ne sont parfois retrouvés qu'au niveau d'un massif. La diversité génétique des populations européennes semble d'ailleurs assez élevée (MARTIN Y. *et al.*, 2014).

4. Description morphologique

a. *Lycaena helle*



Lycaena helle est très petit et a une variabilité morphologique importante (HABEL JC. *et al.*, 2013). Il présente un léger dimorphisme sexuel : la femelle, un peu plus grande que le mâle, est également plus terne sur le dessus des ailes au niveau



duquel le mâle présente des reflets violacés. Le dessous des ailes est en revanche assez similaire entre les deux sexes : les lunules blanches le long du bord interne de la bande submarginale orange permettent de le différencier d'autres cuivrés (LAFRANCHIS T., 2014).

b. *Lycaena helle perettei*

Cette sous-espèce a été observée pour la première fois par Henri DESCIMON en 1970 et décrite en 1977 par Jean-Claude WEISS.

Il semblerait que les différences morphologiques entre sous-espèces de *helle* ne concernent pas les nervures des ailes mais plutôt leur coloration (HABEL JC. *et al.*, 2014a).

Les individus de la sous-espèce *perettei* sont de plus grande taille que ceux des autres sous-espèces décrites : l'holotype mâle avait une envergure de 23.5 mm. Leur fond orangé est moins vif (WEISS JC., 1977).

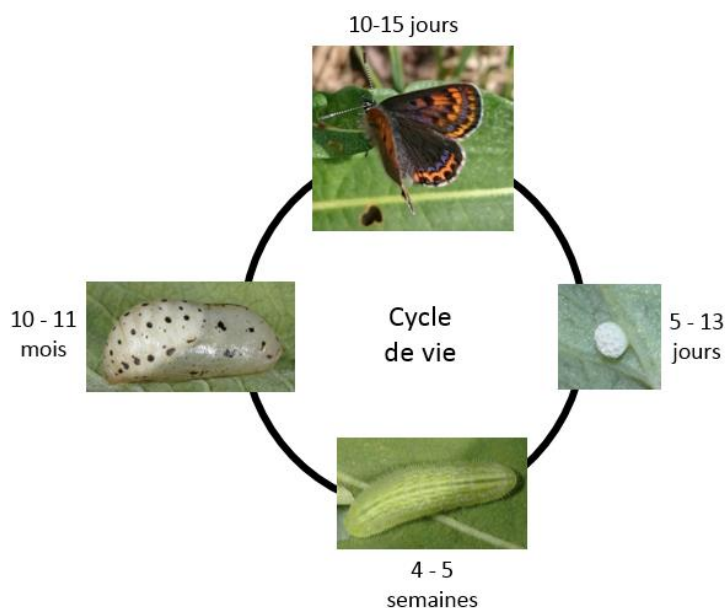
Au niveau de la face supérieure des ailes antérieures, les rangées post-discales sont séparées par un espace orangé assez large. Les taches des ailes, chez les femelles, sont bleues et non violettes. Un semis grisâtre parfois mêlé de bleu atteint postérieurement l'aire submarginale, mais il est moins étendu que chez *leonia* (sous-espèce présente en Belgique) (WEISS JC., 1977).

Au niveau de la face supérieure des ailes postérieures, ils présentent une bande lunulaire submarginale orangée fine (WEISS JC., 1977).

Au niveau de la face inférieure des ailes postérieures, les points de la rangée post-discale sont petits et les points du bord externe sont en chevrons (alors qu'ils sont arrondis chez les autres sous-espèces) (WEISS JC., 1977).

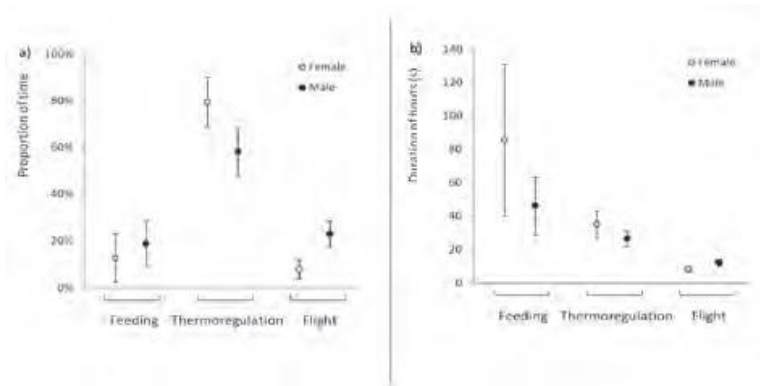
5. Cycle de vie

Lycaena helle est univoltin dans les Vosges, c'est-à-dire qu'il n'a qu'une seule génération annuelle (ESSAYAN R. *et al.*, 2013).



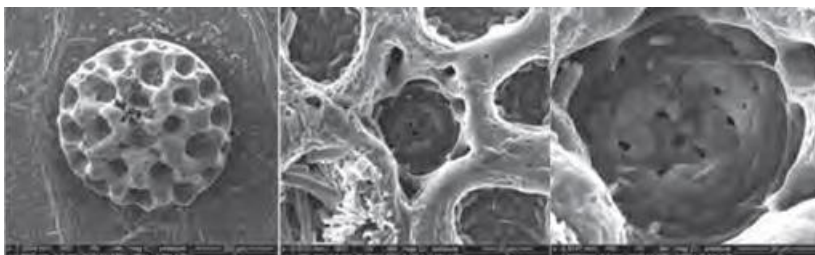
a. Adulte

La phase adulte dure une dizaine de jours à deux semaines (MOLITOR M, SCHILTZ C., 2013). Selon une étude réalisée dans les Ardennes belges, la survie de la population diminue avec le temps (de mi-mai à fin juin) et serait inférieure chez les femelles par rapport aux mâles. Les femelles passent moins de temps en vol que les mâles, et sont de ce fait moins détectables (TURLURE C. *et al.*, 2014).



Proportion de temps et durée des épisodes pour les trois comportements observés par Camille TURLURE *et al.* Points blancs : femelles, noirs : mâles. Moyennes \pm intervalle de confiance de 95% (TURLURE C. *et al.*, 2014). Comme le montre la première figure, les adultes octroient la plupart de leur temps à la thermorégulation.

b. Ponte et œuf



Œuf de Cuivré de la bistorte et ses grossissements (Photos C. Mihali) (CRAIOVEANU C. *et al.*, 2014).

7% de temps d'activité des femelles seraient consacrés à l'oviposition (incluant la recherche de la feuille et le dépôt de l'œuf). Elles adopteraient un comportement de choix pour sélectionner les feuilles au niveau de plantes et de microclimats les plus adaptées au développement de leur descendance : elles visitent parfois des feuilles sans qu'une ponte ne s'ensuive (DOAK *et al.*, 2006 ; TURLURE C. *et al.*, 2014). Elles se posent sur une feuille de

Bistorta officinalis ensoleillée, se reculent vers le bord et pondent un œuf sous la feuille en courbant leur abdomen. Les œufs sont déposés entre 0 et 3.75 cm du bord de la feuille (1.3 cm en moyenne), moins souvent à l'apex (20%) qu'au milieu (44%) ou à la base (36%) (TURLURE C. *et al.*, 2014). Ils sont gris-blanchâtres et présentent une surface alvéolée à la manière d'une balle de golf (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013).

On trouve parfois 4 à 5 œufs provenant de femelles différentes sur une même feuille, mais généralement il n'y a qu'un œuf par feuille (il est probable que les femelles détectent les œufs de leurs congénères) (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; TURLURE C. *et al.*, 2014).

Ces feuilles sur lesquelles *helle* pond mesureraient entre 4 et 19.5 cm de long et 2.5 à 9.5 cm de large (TURLURE C. *et al.*, 2014). Une étude plus ancienne obtenait des écarts de tailles plus réduits : 10.7 cm \pm 4 cm de long et 5.4 \pm 1.8 cm de large (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994).

Les femelles choisiraient préférentiellement les feuilles larges, à plat (45° à l'horizontale) et facilement repérables, à une hauteur de 19.6 \pm 7 cm du sol. (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; HART G. & BOWLES N., 2014).

Dans les plages de bistortes, les femelles pondent surtout au niveau des pourtours, probablement parce qu'ils leur sont plus rapidement / facilement accessibles (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; MUTANEN M. & VALIMAKI P., 2014).

Elles préféreraient également les habitats bien humides (environ 20 à 80 %, avec une fourchette optimale entre 20 et 65 %), présentant une couche de matière organique morte et une structure de végétation de 10 à 20 cm de haut. (HART G. & BOWLES N., 2014).

S'il ne semble pas y avoir d'effet de l'abondance de la plante hôte, les femelles pondraient plus d'œufs dans les zones de végétation optimale avec une forte densité de femelles et une faible densité de mâles (TURLURE C. *et al.*, 2014).

c. Chenille

Les œufs incubent 5 à 13 jours (RHYROLM N., 2014 ; TURLURE C. *et al.*, 2014 ; LAFRANCHIS T. *et al.*, 2015) et éclos sous forme de chenille dont la croissance se fait en 4 à 5 semaines (période qui dépend beaucoup de la météo) entre mi-mai et début août (LAFRANCHIS T., 2000). Le 1^{er} stade est jaunâtre, le 2^{ème} vert clair, puis vert foncé et enfin vert pomme au 5^{ème} et dernier stade. Presque invisibles sur la bistorte, elles présentent deux lignes blanches à jaune séparées par une ligne plus foncée sur leur dos, et de petites soies courtes et serrées le long du corps (MOLITOR M. & SCHILTZ C. 2013 ; RHYROLM N., 2014 ; LAFRANCHIS T. *et al.*, 2015).

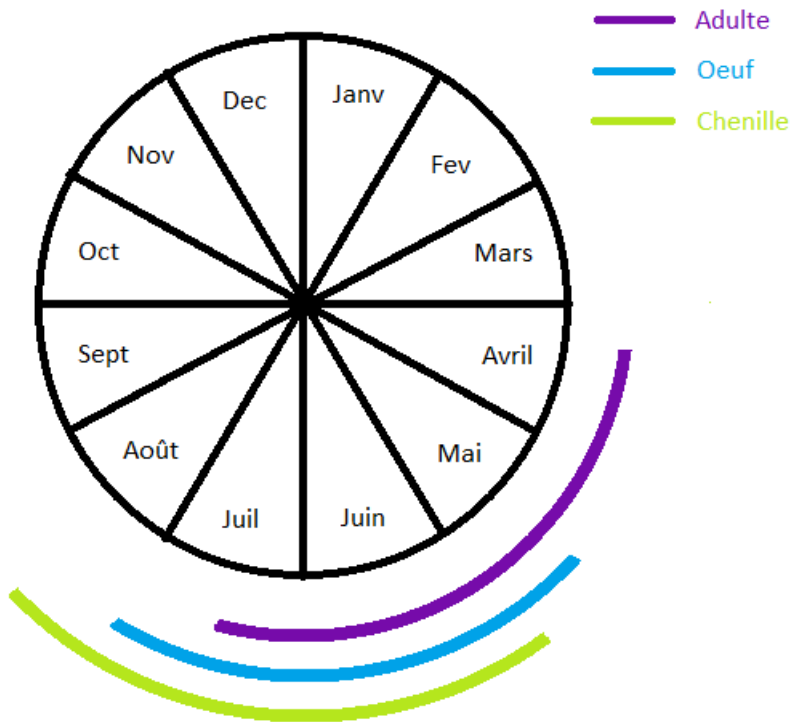
Elles se développent dans le même habitat que les adultes, au niveau de la face inférieure de la feuille où leur œuf a été déposé et dont elles se nourrissent du parenchyme (formant des « fenêtres » caractéristiques translucides). Elles mangeront ensuite la feuille entière puis se déplaceront vers une autre feuille proche (MOLITOR M, SCHILTZ C., 2013 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; TURLURE C. *et al.*, 2014).

Etant donné qu'il n'y a généralement qu'un œuf par feuille de bistorte, il n'y a dans ce cas pas de compétition intra-spécifique pour la nourriture de la chenille. D'après des études de Camille TURLURE en laboratoire, une chenille se nourrit de 4 à 6 feuilles de bistorte seulement avant d'atteindre le stade nymphal.

Sur un échantillon de 130 œufs, 12 % n'ont pas éclos et 82 % des chenilles ont survécu jusqu'au 3^{ème} instar (TURLURE C. *et al.*, 2014). Elles ne semblent pas être cannibales selon des observations faites en laboratoire (TURLURE C., 2014).

d. Chrysalide

4 à 5 semaines après le dépôt de l'œuf, la chenille se transforme en chrysalide et hivernera sous cette forme, cachée sous une feuille morte au niveau du sol ou fixée à un support dans la litière (comme une tige sèche) par un fil de soie. Elle est cylindrique, de couleur brun-jaune ponctuée de noir. Il n'est pas aisé de les observer (TURLURE C., 2014). Son hivernage dure 10 à 11 mois, c'est-à-dire tout l'hiver et une partie du printemps (LAFRANCHIS T., 2000 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C. 2013 ; RHYROLM N., 2014 ; LAFRANCHIS T. *et al.*, 2015).



Répartition des différentes

phases du cycle de *L. helle* au cours de l'année.

6. Ecologie

Lycaena helle vole de fin avril à fin juin – début juillet dans les Vosges. De manière générale, on le retrouve entre 400 et 1800 mètres d'altitude (LAFRANCHIS T. 2000). Il nécessite un climat humide et froid. On le retrouve au niveau de prairies humides (pouvant être marécageuses ou partiellement tourbeuses), mégaphorbiaies, bas-marais et franges de tourbières de pentes qui abritent la plante hôte de sa chenille : *Polygonum bistorta* (*Bistorta officinalis* selon sa nouvelle dénomination). Il se trouve parfois dans clairières et zones éclaircies de forêts si elles sont assez humides (ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; MEYER M., 1982).

Corine classification of habitat (number of mentions by national compilers)		
humid grasslands and tall herb communities	16	(36%)
alpine and subalpine grasslands	4	(9%)
water-fringe vegetation	4	(9%)
fens, transition mires and springs	3	(7%)
mesophile grasslands	3	(7%)
blanket bogs	2	(5%)
broad-leaved deciduous forests	2	(5%)
raised bogs	2	(5%)
tree lines, hedges, small woods, bocage, parkland dehesa	2	(5%)
alluvial and very wet forests and brush	1	(2%)
coniferous woodland	1	(2%)
mixed woodland	1	(2%)

Proportion de plusieurs types

d'habitats sur lesquels *L. helle* a été observé au niveau des pays européens. Source : VAN SWAAY C. & WARREN M., 1999.

En comparant les caractéristiques des sites peuplés de *L. helle* avec celles des sites non occupés, il s'avère que les sites occupés présentent une altitude, une surface, une connectivité et un recouvrement de bistorte plus élevés mais une plus faible couverture de plantes nitrophiles (Bauerfeind *et al.*, 2009).

Pour être favorable, un milieu doit respecter plusieurs conditions :

- *Bistorta officinalis* doit être présente pour les adultes et les chenilles; c'est le cas dans les milieux humides abandonnés ou peu exploités et où la fauche et le pâturage sont limités ou extensifs (MOLITOR M & SCHILTZ C., 2013 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013). Plus la plante est abondante, plus le nombre d'adultes augmente (TURLURE C. *et al.*, 2014).
- Offrir des sources de nectar variées et en quantité suffisante tout au long de la période de vol des adultes. Les adultes butinent *Bistorta officinalis* mais également *Ranunculus aconitifolius*. Ils se nourrissent du nectar de plus de 30 espèces végétales (*Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Valerina scorpioides*, *Myosotis palustris*, *Galium palustre*, *Ranunculus repens et acris*, *Comarum palustre*, *Crataegus monogyna*, *Salix aurita*, *Sorbus aucuparia*...) tout au long de leur période d'activité journalière. (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; HART G. & BOWLES N., 2014).
- Présenter des zones arborées ou arbustives ensoleillées et abritées du vent, au niveau desquelles *L. helle* ira se réfugier la nuit. En effet, lorsque la température diminue ces papillons peuvent monter parfois jusqu'à une vingtaine de mètres de hauteur en plusieurs étapes séparées par des pauses au soleil. Si *helle* ne semble accorder aucune importance à l'espèce, il irait préférentiellement sur les arbres les plus hauts. P.

GOFFART et M. WAEYENBERGH suggèrent que ce comportement serait une adaptation permettant au papillon d'échapper d'une part aux prédateurs du sol et d'autre part d'être plus rapidement exposés au soleil en début de journée (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; MOLITOR M & SCHILTZ C., 2013 ; HART G. & BOWLES N., 2014). Dans les Pyrénées au cours d'une étude, l'œuf enregistré le plus éloigné de la forêt l'était de 400 mètres (HART G. & BOWLES N., 2014).

Les adultes sont sédentaires et se déplacent rarement plus d'une centaine de mètres (GOFFART P., 2006). Au cours d'une étude dans les Pyrénées, un œuf a été trouvé dans une clairière de 25x5 mètres séparée de l'autre clairière la plus proche par 500 mètres de forêt haute (HART G. & BOWLES N., 2014). Au cours d'une étude effectuée dans les Ardennes belges par Camille TURLURE *et al.*, sur 160 individus recapturés au cours du protocole Capture Marquage Recapture (CMR), 83 avaient émigré. La distance moyenne de ces émigrations était de 108 mètres, avec un maximum de 335 mètres pour les mâles et 522 pour les femelles. La probabilité d'émigration serait égale entre les sexes mais augmenterait à mesure que la densité locale de population diminue (TURLURE C. *et al.*, 2014).

La territorialité dépend de la taille du site. Les mâles sont territoriaux dans les petits sites avec une faible densité adulte et de rares ressources (HART G. & BOWLES N., 2014).

7. Interactions avec d'autres espèces

Si *Procllossiana eunomia* (Nacré de la bistorte) est présent dans le milieu, *Lycaena helle* est toujours présent. L'inverse n'est en revanche pas toujours vrai (BARASCUD, B. & DESCIMON, H. 1992).

S'il ne semble pas y avoir de parasitisme des œufs ou des chenilles, certaines araignées pourraient être prédatrices des chenilles, selon des observations faites *in situ* (TURLURE C., 2014).

D'après l'étude de Camille TURLURE *et al.*, 77% des interactions engagées par les mâles l'étaient avec des congénères, le reste avec des diptères, hyménoptères et autres espèces de papillons (TURLURE C. *et al.*, 2014).

B. Sa plante hôte : *Bistorta officinalis*

Ses noms vernaculaires sont multiples : Bistorte, Renouée bistorte, Couleuvrée, Langue-de-bœuf, Serpentaire.

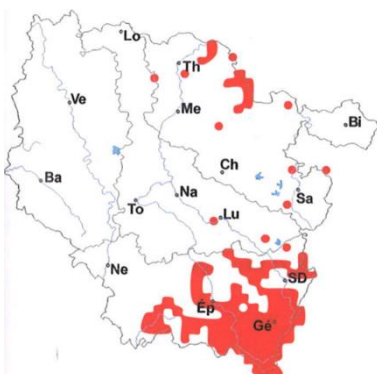


Bistorta officinalis est la plante hôte de *Lycaena helle* en Europe centrale, mais dans les pays nordiques il dépend de *Bistorta vivipara* (RYRHOLM N., 2014).

Il s'agit d'une hémicryptophyte érigée, géophyte à rhizome. Ses inflorescences sont des épis de cymes triflores roses, ses fruits sont des akènes. Elle est hermaphrodite protandre et a une pollinisation entomogame. La dissémination est barochore (JULVE P., 2015).

Hygrophile (l'humidité est nécessaire à son développement) et mésotrophe (nécessite une richesse moyenne de nutriments), elle vit dans des milieux froids et continentaux sur des sols basiques, argileux, d'humidité moyenne, non salés, riches en nutriments et matières organiques. Les conditions qui lui sont favorables sont réalisées dans les prairies alluviales (non drainée et à utilisation extensive) des fonds de vallées encaissés (MEYER M., 1982 ; JULVE P., 2015). Les creux de végétation présentent des microclimats chauds appréciés de la bistorte (HART G., BOWLES N., 2014).

Lorsque la bistorte est présente en nombre, sa croissance est plus verticale et les feuilles sont donc moins apparentes. A l'inverse, lorsqu'il y en a moins leurs feuilles peuvent être plus horizontales et voyantes, ce qui est plus favorable au dépôt d'œufs par les femelles de *L. helle* (HART G., BOWLES N., 2014).



L'aire de répartition de la bistorte est plus étendue que celle de *L. helle* : sa présence n'est donc pas une condition suffisante à la survie de ce cuivré (SCHEPDAEL JV. 1968). On la trouve assez abondamment en Lorraine.

C. Méthodes

1. Etude de la répartition

Voir article Oreina N°...

2. Protocole altitude

Voir article Oreina N°...

3. Conditions de prospection

Les papillons ne volent pas en toutes circonstances. Afin de maximiser la fiabilité des prospections, il faut visiter les sites aux périodes où la détectabilité de l'espèce est maximale. Les visites se feront donc autant que possible entre 9h et 16h, lorsque la température est de minimum 13°C par temps ensoleillé, 17°C par temps couvert (> 30% de couverture nuageuse). S'il pleut, les prospections sont arrêtées.

La détermination des papillons sera effectuée à vue ou par capture (une autorisation par arrêté préfectoral nous ayant été accordée : arrêté n°2016-DREAL-RMN-207).

4. Protocoles de prospections

a. Inventaire adultes

Ce protocole est inspiré du Chronoventaire développé par le Muséum National d'Histoire Naturelle (DUPONT P., 2014).

Avant le début de l'inventaire, on note

- Des informations sur le milieu : le pourcentage de recouvrement de la bistorte, le pourcentage de fleurissement, l'humidité (bonne / faible / inexistante), la fermeture du milieu, la gestion (pâturage / fauche)
- Les conditions d'observation : couverture nuageuse, température, vent, date et heure

L'observateur parcourt le site sans itinéraire défini, en essayant de visiter tous les éléments présents au niveau de la station (sol nu, prairie, zone fleurie, herbacée...). Lorsqu'il rencontre une espèce, il note l'heure (considérée comme heure de début de l'inventaire) et le nom de l'espèce sur la fiche. Il attribue le rang 1 à cette espèce ainsi qu'à toutes celles qu'il rencontrera au cours des 5 premières minutes. Le rang 2 sera attribué aux nouvelles espèces rencontrées entre 5 et 10 minutes, etc... Si l'observateur ne rencontre pas de nouvelles espèces pendant 15 minutes, l'inventaire est terminé. En revanche, si par exemple une nouvelle espèce est observée entre 20 et 25 minutes (après le début de l'inventaire) alors qu'aucune nouvelle espèce n'a été observée entre 15 et 20 minutes, on lui attribue tout de même le rang 5 (même si aucune espèce n'a le rang 4).

Additionnellement au relevé des différentes espèces observées le long de ce parcours, une estimation du nombre d'individus de chaque espèce sera notée.

FICHE TERRAIN ADULTES INVENTAIRE REPARTITION

Observateur :	Bistorte :
Date :	Fleurissement :
Lieu-dit :	Humidité :
Heure de début hh:mm :	Fermeture :
Heure de fin :	Pâturage / fauche :
Couverture nuageuse % :	Observations :
Température °C :	
Vent :	

Espèce	Rang	Nombre	Mâle / Femelle	Observations

Plusieurs cas sont possibles :

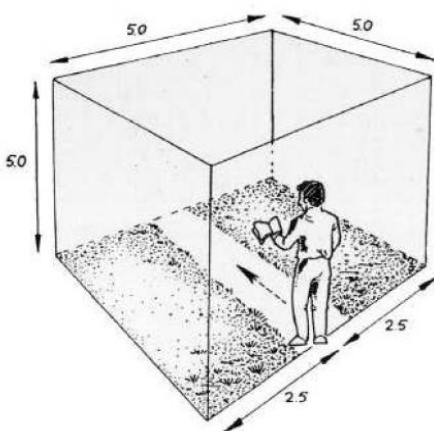
- *Lycaena helle* est observé au cours de cet inventaire : on effectue un transect adultes
- *Lycaena helle* n'est pas observé au cours de cet inventaire, mais le milieu semble lui être favorable : un deuxième passage sur le site pourra être effectué ultérieurement
- *Lycaena helle* n'est pas observé au cours de cet inventaire, et le milieu ne semble pas lui être favorable : aucun autre passage ne sera effectué

b. Transect adultes

Dans le cas où *L. helle* a été observé au cours de l'inventaire une prospection en transect est réalisée.

Sur un seul milieu du site, l'observateur part d'un endroit précis (note l'heure de ce départ), marche lentement (environ 2 km/h) le long d'une ligne droite imaginaire, et relève l'endroit et l'heure à laquelle il arrive 10 minutes après le début (ce qui équivaut à une centaine de mètres environ). Les passages suivants, s'il y en a, l'observateur devra effectuer exactement le même parcours en 10 minutes (± 1 minute).

Le long de ce transect, il imagine se trouver au fond d'un cube de 5 mètres sur 5 : 5 mètres devant lui, 2.5 mètres à sa gauche et 2.5 mètres à sa droite. Il note, au cours de son parcours, le nom de chaque espèce qu'il rencontre (et le nombre d'individus) dans ce cube (si elles sont au-delà de la limite des 5 mètres, il ne les relève pas).



(MANIL L., HENRY PY., 2007).

c. Comptage des œufs et chenilles

Ces comptages auront lieu en juin, période où les pontes sont assez importantes, et sur des sites pour lesquels *Lycaena helle* a été observé à plusieurs reprises par le passé.

Deux protocoles différents seront mis en place, ce qui nous permettra par la suite de comparer leur efficacité.

D'une part, des quadrats de 1x1m seront placés sur le site. Dans chaque quadrat on retourne toutes les feuilles et on relève la hauteur moyenne de la végétation, l'abondance de la bistorte (en % de recouvrement), la longueur et la largeur de la deuxième feuille la plus petite et de la deuxième feuille la plus grande parmi toutes celles retournées, le nombre de feuilles retournées, le nombre d'œufs (+ fraîcheur) et de chenilles (+ taille et couleur) trouvés, la largeur et la longueur des feuilles sous lesquelles on a trouvé un œuf ou une chenille, sa hauteur par rapport au sol, son évidence pour la femelle (sur une échelle : très évidente, évidente, peu évidente).

Date :		Site :				Observateur(s) :					
Quadrat	Hauteur moyenne de la végétation	Recouvrement bistort	Lxl 2 ^e + petite feuille	Lxl 2 ^e + gde feuille	Nb feuilles retournées	Nb œufs + fraîcheur	Nb chenilles	Lxl feuille avec œuf ./ chenille	Hauteur / sol feuille avec œuf . chenille	Evidence de la feuille pour la femelle	Temps

D'autre part, un comptage plus aléatoire sera réalisé : 200 feuilles seront retournées par type de milieu. L'observateur marche dans chaque milieu et retourne 10 feuilles tous les deux pas.

Le temps consacré à la réalisation de chacun des protocoles sera relevé dans un but comparatif et adaptatif.

III. RESULTATS

A. Météorologie

1. Un hiver particulier

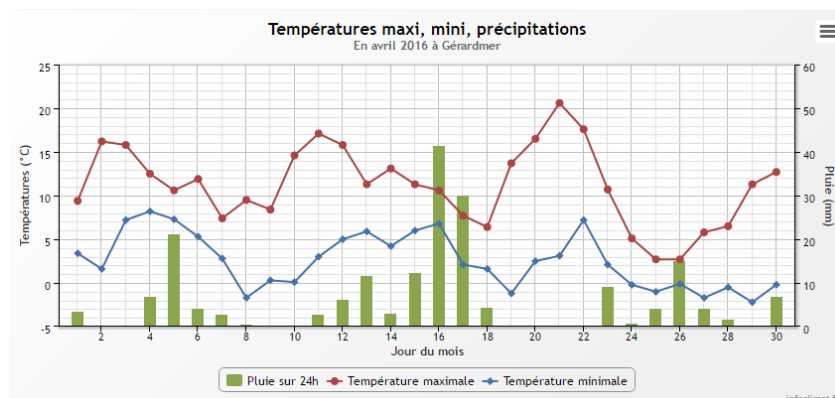
L'hiver 2015-2016 a été exceptionnellement doux (le plus chaud depuis 1900 en France selon Météo France). La température moyenne de la France a été de 8°C soit 2,6 °C de plus que la moyenne saisonnière de référence 1981-2010. A titre de comparaison, en 1989-1990 elle était de 2°C de plus, et en 2006-2007 et 2013-2014 de 1,8°C de plus. Le mois de décembre 2015 en a été le plus marquant le plus sec (les mois de janvier et février ont en revanche été plus pluvieux). Il y aurait eu deux fois moins de jours de gel que la normale. Les chutes de neige n'ont pas non plus été importantes, surtout en décembre et janvier (Météo France, 2016).

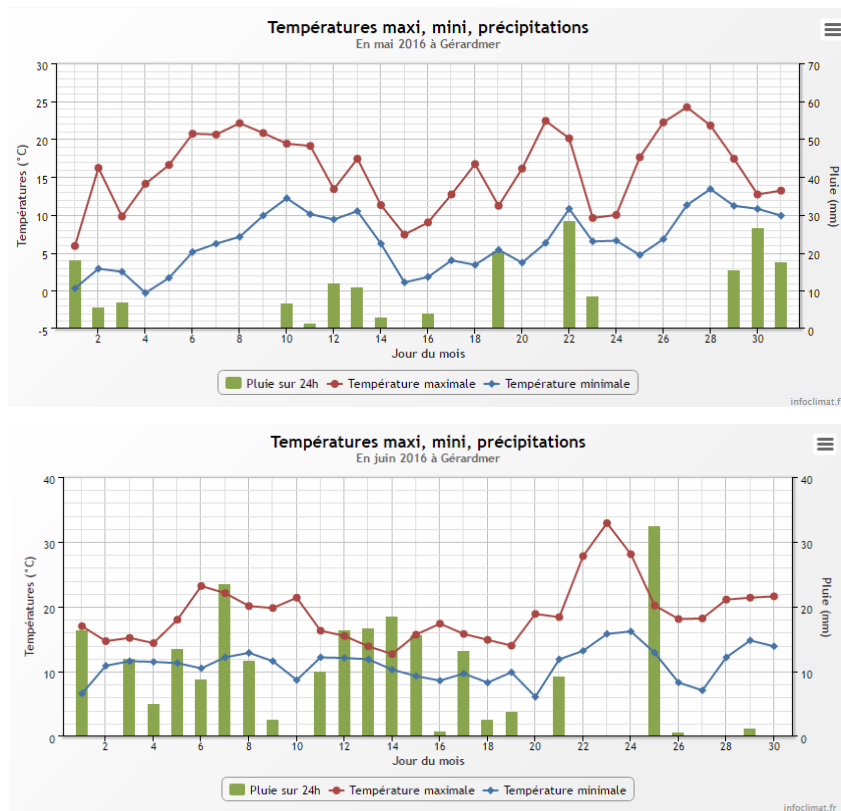
2. Démarrage retardé du printemps

Le printemps 2016 n'a pas été favorable aux émergences des adultes de *Lycaena helle*. Après que le premier individu a été observé à 550 mètres d'altitude le 20 avril, la neige est retombée du 24 au 28 (quelques centimètres à Gérardmer même).

Par la suite, il a beaucoup plu et la température a fluctué, rendant ainsi les prospections compliquées voire impossibles. Au cours de mes prospections, l'observation de *L. helle* au niveau de sites où je l'avais déjà observé quelques jours auparavant n'était pas systématique et le nombre d'adultes émergés était assez faible. Des espèces de lépidoptères peu exigeants tels que *Gonepteryx rhamni* (le Citron) et *Aglais urticae* (la Petite tortue) étaient elles-mêmes peu actives.

Cette météo particulière a probablement eu un impact néfaste sur les populations de Cuivré de la bistorte puisqu'elle n'a favorisé ni les émergences, ni la survie des individus, ni la reproduction.





B. Répartition dans le massif vosgien

Voir article Oreina N°...

C. Nouveaux sites semblant favorables

Plusieurs sites d'apparence favorable ont été choisis via une analyse orthophotographique sur SIG. Parmi les sites choisis qui ont été visités, 3 peuvent potentiellement accueillir *L. helle* (mais il n'y a pas été observé au cours de nos prospections) :

- la maison de repos de Schmalick (ouest du Grand Valtin) : à l'ouest de la maison de repos se trouve une zone à bistorte qui semble favorable, mais le site est assez pentu
- le Gros Caillou (ouest de Le Tholy, forêt domaniale de Fossard, vers Noir Rupt) : entre la route est une zone pâturée (probablement favorable également) se trouve une zone à bistorte et Renoncule à feuille d'aconit

- partie aval de la Combe (vallée de la Meurthe vers le Valtin) : encaissée dans la vallée, quelques zones favorables entourent les méandres de la Meurthe

Il peut être intéressant de visiter ces sites les années à venir pour confirmer ou infirmer sa présence.

D. Relation altitude / observation des adultes

Voir article Oreina N°...

E. Comptage des œufs et chenilles

Parmi les 35 quadrats réalisés sur 6 sites différents, un seul a permis de trouver un œuf. 16 minutes en moyennes sont nécessaires par quadrat, relevés préalables (recouvrement de bistorte, hauteur de végétation...) compris. Ce temps varie en fonction du nombre de feuilles à retourner mais également des œufs et chenilles observés (temps nécessaire pour identifier l'espèce et relever les paramètres). 263 feuilles ont été retournées en moyennes par quadrat (70 au minimum, 518 au maximum).

14 x 200 feuilles ont été retournées au hasard sur 6 différentes également. 4 œufs et 1 chenille y ont été trouvés.

En moyenne : la hauteur au sol de la feuille supportant œufs / chenilles était de 23 cm, l'œuf se trouvait à 0.8 cm du bord de la feuille, la taille de la feuille était de 16.1 x 6.75 cm.



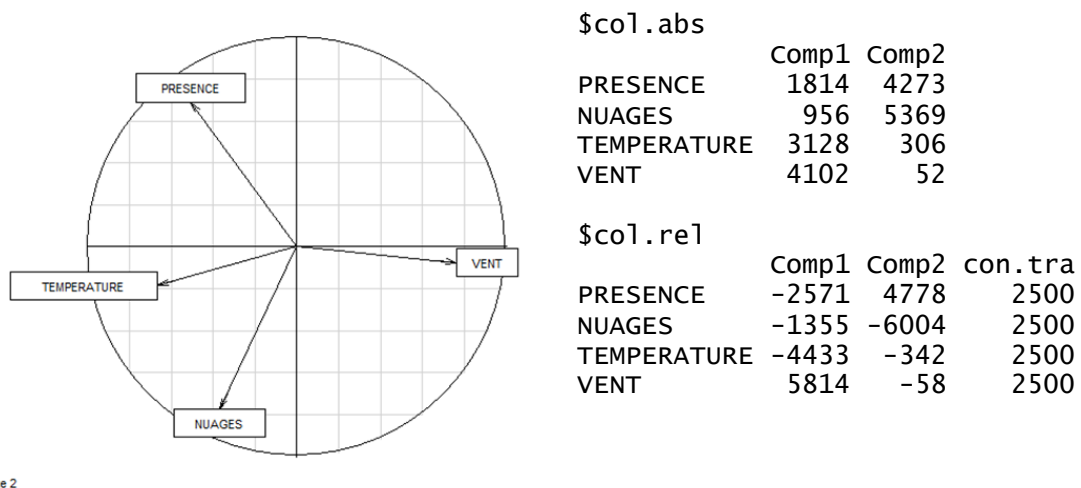
Ci-joint un œuf de Cuivré de la bistorte trouvé au cours d'une prospection en 200 feuilles au hasard. On distingue clairement l'ouverture par laquelle la chenille est sortie. A droite, une photographie d'une autre partie de la même feuille où la chenille s'en est nourrie : on y observe les fameuses découpes « en fenêtres ».

F. Conditions d'activité des adultes

Les adultes sont assez exigeants. La plupart de mes observations ont été faites sur des sites non gérés (prairies en déprise par exemple), lorsque le milieu était ensoleillé ou la température était supérieure à 18°C dans le cas où les nuages ne permettaient pas l'ensoleillement direct.

Ces exigences peuvent être vérifiées testées statistiquement puisque nous avons relevé des variables d'observation pour chaque prospection.

Une Analyse en Composante Principale réalisée sous R à partir de 75 entrées d'observation nous a permis d'obtenir ce cercle des corrélations :



Les variables « vent », « température » et « présence » contribuent le plus à définir l'axe 1.

Les variables « nuages » et « présence » contribuent le plus à définir l'axe 2.

D'après l'axe 1, le vent est négativement corrélé à la présence, alors que la température l'est positivement. D'après l'axe 2, la couverture nuageuse est négativement corrélée avec la présence.

L'activité des adultes est donc d'autant plus favorisée que la température augmente et que le vent et la couverture nuageuse sont faibles.

L'Analyse en Composante Principale sur les variables du milieu (recouvrement de bistorte, pourcentage de fleurissement et de fermeture) n'aboutit pas à des résultats cohérents et significatifs pour la présence des adultes.

Sur certains sites, les papillons émergent dans la période où la Renoncule à feuilles d'aconit (*Ranunculus aconitifolius*) est fleurie.

G. Phytosociologie des milieux habités par *Lycaena helle*

11 relevés phytosociologiques ont été faits sur 6 sites où la présence de *L. helle* est avérée. Ces relevés ne permettent pas de conclure à une relation avec certitude, mais ils permettent d'attribuer à 3 des sites la classe *Molinio caeruleae* - *Juncetea acutiflori* (et éventuellement l'alliance *Juncion acutiflori*). Il est intéressant de noter que ces trois sites, Le Pransieux, Col de Martimpré et Chaume Charlemagne, appartiennent à 3 classes altitudinales différentes (respectivement 600, 800 et 1200 mètres).

Au niveau du Pransieux, des espèces appartenant au *Trisetum flavescens* - *Polygonion bistortae* de l'*Arrhenatheretalia eliatoris* ont été relevées. Elles se trouvaient cependant au niveau d'une zone en surplomb de celle évoquée précédemment et où la majorité des adultes ont été observés. Il s'agit probablement d'une zone de passage des adultes insuffisante pour la réalisation du cycle de vie de l'espèce.

H. Evolution de la taille des populations

Les effectifs observés au cours de nos prospections ne nous permettent pas de mettre en évidence une tendance d'évolution de populations par site (que ce soit à partir du protocole

d'inventaire ou en transect). En effet, les prospections n'ont pas été suffisamment régulières et les observations trop peu nombreuses en raison des conditions météorologiques particulières. Il s'agit pourtant un paramètre qu'il serait bon de préciser : si l'effectif des populations évolue en cloche, cela permettrait aux entomologistes qui ne souhaitent pas consacrer une étude complète au Cuivré de concentrer leurs prospections autour du pic d'émergences.

I. Conclusion sur les protocoles de prospection

	Avantages		Inconvénients	
Inventaire adultes (type chronoventaire)	La totalité du site peut être visitée, il est possible de relever des individus repérés à distance	Observation facile, prend en compte les autres espèces	Assez long, pas de constance au niveau de l'espace visité	Adultes dépendent des conditions météorologiques, ne permet pas de prouver l'indigénat de l'espèce
Transect adultes	Régularité temporelle (permet de prévoir plus précisément les journées de prospection), régularité dans l'espace		Frustration (et perte d'information) de ne pas pouvoir relever les individus en dehors du cube	
Quadrat œufs / chenilles	Constance de la surface prospectée	Réalisable quelles que soient les conditions météorologiques, prouve l'indigénat de l'espèce	Parfois long, difficile de se souvenir des feuilles déjà retournées	Taille des œufs les rend peu évidents et pas toujours simples à identifier, peut devenir pénible physiquement
Hasard œufs / chenilles	Assez régulier temporellement		Pas de constance de surface	

Pour un suivi de ses sites, le choix dépend des objectifs de l'étude et du temps qui y sera consacré.

L'inventaire est facile à mettre en place, mais ne permet pas de confirmer l'indigénat de l'espèce. Le Cuivré de la bistorte, malgré sa petite taille, est facilement identifiable par sa couleur violette qu'il ne partage pas avec beaucoup d'espèces vivant dans les Vosges et ses lunules blanches en face inférieure. Les œufs sont petits, peuvent être confondus avec d'autres œufs de lycènes (alvéolés également) ; les chenilles des premiers stades sont difficilement identifiables *in situ*, les protocoles de comptages sont parfois longs et fastidieux (et donc compliqués à mettre en place lorsque *L. helle* n'est pas le sujet principal de l'étude). Pour le comptage des chenilles, il est préférable d'attendre qu'elles soient à des stades 3 à 5 où elles seront plus facilement détectables à la fois par les structures en fenêtre créées par la chenille et par sa taille plus importante.

Si les prospections ont un but comparatif entre sites, il est préférable d'effectuer un transect car la régularité de temps et d'espace permet une comparaison plus équitable ou un protocole œufs par quadrat. Le comptage des œufs au hasard peut être utilisé également mais il faudra alors ajouter une estimation de la surface de ponte ou favorable à l'espèce.

En revanche, pour un contrôle ou une étude à but non comparatif, l'inventaire peut être intéressant dans le sens où il permet à l'observateur de visiter l'intégralité du site (et d'inclure ainsi une surveillance du milieu en général et d'autres espèces). Ce protocole peut d'autre part être modifié pour y ajouter une régularité spatiale : l'observateur peut effectuer un parcours défini sur le site (mais perd alors l'intérêt décrit précédemment).

IV. GESTION

A. Menaces

Threats as indicated by national compilers	Number of mentions	Average grade of threat*
Land drainage	12	2,1
Isolation and fragmentation of habitat	11	2,4
Agricultural abandonment and changing management (inc. successional change and inappropriate habitat management)	9	2,8
Afforestation on non-woodland habitats	9	2,0
Built development (inc. roads, housing and mining)	8	1,9
Agricultural improvements	7	2,6
Recreational pressure and disturbance	7	2,0
Collecting (killing or taking)	6	1,5
Felling/destruction of woodland	5	1,6
Land claims / coastal development	5	1,6
Abandonment and change of woodland management (inc. replanting with conifers and inappropriate habitat management)	4	2,3
Chemical pollution (inc. herbicides and pesticides)	4	2,0
Climatic change	3	1,0
Natural ecological change (e.g. myxomatosis effect on rabbits)	1	1,0
Others:		
Habitat destruction	1	3,0

* Average grade of threat: 1 = low, 2 = medium, 3 = high

Proportion de

différentes menaces qui pèsent sur *L.helle* dans les pays européens. Source : VAN SWAAY C. & WARREN M., 1999.

Le drainage est la principale menace pesant sur *Lycaena helle*. La fermeture des milieux, l'extension des résineux, saules et aulnes, l'intensification des pratiques agropastorales le menacent également (ESSAYAN R. et al., 2013 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

Bon nombre de sites favorables à l'espèce ont été drainés et utilisés pour planter des arbres à des fins de production de bois ou de sapin de Noël. La plantation de résineux a pour effet d'acidifier les litières, de modifier les régimes hydrologiques, d'empêcher la croissance de la végétation herbacée au sol, de créer de l'ombre et des barrières monospécifiques : ces changements sont néfastes pour les prairies humides (ESSAYAN R. et al., 2013 ; LAFRANCHIS T., 2000 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

Si *L. helle* craint le vent (les milieux ouverts ne lui sont pas forcément favorables (BARASCUD B. & DESCIMON H., 1992)), il n'est pas non plus avantageé dans les milieux trop fermés : les milieux abandonnés subissent une modification de la strate herbacée en premier lieu (des espèces nitrophile apparaissent alors) puis sont recolonisés par des arbustes (comme le Saule à oreillette *Salix aurita* et l'Aulne *Alnus glutinosa*) ce qui est d'abord positif puisqu'ils offrent une protection contre le vent mais ferment le milieu (et empêchent le soleil de percer entre autres) donc ont un impact négatif (GOFFART P., 2014 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

L'intensification agricole (fertilisation, pesticides, fauches rapprochées et précoces, pâturage intensif, arrachage de haies...) conduit entre autres à la pollution des cours d'eau et à

l'eutrophisation des biotopes à bistorte dont dépend *L. helle* (MEYER M. 1982 ; VAN SWAAY C. & WARREN M., 1999 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013). Le pâturage et la fauche diminuent la quantité et la taille des feuilles de Bistorte susceptibles de recevoir des œufs ou de nourrir les chenilles (surtout lorsque le milieu est pâturé par des moutons, mais les vaches en consomment également) (MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013 ; HART G. & BOWLES N., 2014 ; LAFRANCHIS T. *et al.*, 2015), la densité de fleurs desquelles les adultes pourraient prélever du nectar, et la quantité de graines (si la gestion intervient trop tôt) ce qui gêne la dispersion et la reproduction des végétaux. Les rhizomes sont également dégradés par le piétinement du bétail. Enfin, des œufs et chenilles sont exportés avec le foin ou consommés (MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013 ; GOFFART P., 2014 ; GOFFART P. *et al.*, 2014). *Lycaena helle* dépose ses œufs préférentiellement dans les zones fauchées, qui présentent plus de fleurs. De ce fait, si l'année suivante le fauchage est réitéré au même endroit et précocement les pieds de Bistorte qui supportent œufs et chenilles seront coupés, ce qui peut avoir de graves conséquences sur la population du milieu, alors que les chrysalides échappent à la fauche tardive puisqu'elles se situent dans la litière (GOFFART P. *et al.*, 2010 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013). En revanche, dans les milieux non gérés, on observe une accumulation de matières organiques mortes, et des feuilles de bistorte plus grandes et horizontales ce qui est plus favorable à la ponte (HART G. & BOWLES N., 2014). Actuellement, la tendance est au pâturage intensif : ce surpâturage conduit à une réduction de la hauteur des végétaux, de la taille des feuilles de Bistorte et de la quantité de matière organique morte sur le sol (HART G. & BOWLES N., 2014). La densité d'adultes observés était inférieure pour les milieux pâturés que pour les milieux non pâturés dans les études de P. GOFFART *et al.* en 2010.

Dans un site des Pyrénées, le surpâturage a conduit sur 16 ans à une réduction du nombre de feuilles de bistorte apparentes et de leur taille, du nombre d'œufs trouvés (réduction de 90%) et du nombre de plantes nectarifères (HART G. & BOWLES N., 2014). L'impact négatif lié au pâturage serait cependant inférieur à l'impact de la fauche (GOFFART P. *et al.*, 2010).

L. helle s'organise en métapopulations. Lorsque les sous-populations s'éteignent, elles peuvent se réinstaller si un individu errant d'une population proche visite le site et que les conditions du milieu sont favorables (ou le sont devenues si des actions de gestion ont été mises en place). En revanche, si les populations sont trop isolées, la recolonisation est difficile et l'équilibre disparition-recolonisation instable, ce qui contribue fortement à

l'appauvrissement du pool génétique. On parle alors de fragmentation des habitats et d'isolation des populations qui ne sont alors plus interconnectées, ces métapopulations subissent une dépression de consanguinité et cela participe au déclin de l'espèce (VAN SWAAY C. & WARREN M., 1999 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

Les changements climatiques constituent également une menace pour les populations de basses et moyennes altitudes, si les scénarii établis pour le réchauffement se réalisent (MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

B. Détermination de l'état de conservation d'un milieu

Critères pour la détermination de l'état de conservation d'une unité d'habitat (GOFFART P., 2006) :

Critère	Indicateur	Etat 'bon'	Etat 'satisfaisant'	Etat 'insatisfaisant'
Qualité habitat	Surface minimale	> 30 ares	20 - 30 ares	< 20 ares
	Densité plante-hôte (recouvr.)	> 50 %	25 - 50 %	< 25 %
	Densité dicotylées pendant période de vol (recouvr.)	> 5 %	1 - 5 %	< 1 %
	Longueur de lisières ensoleillées	> 10 m	5 - 10 m	< 5 m
Population	Effectif moyen le long de transect	> 10 adultes	5 - 10 adultes	< 5 adultes
Perturbations	Fauche	Rotation triennale	Rotation bisannuelle	Annuelle ou plus
	Pâturage	< 0,2 UGB/ha/an	0,4 - 0,2 UGB/ha/an	> 0,4 UGB/ha/an
	Sangliers	dégâts < 5 %	dégâts 5 - 10 %	dégâts > 10 %

Critères pour la détermination de l'état de conservation d'une unité d'habitat. NB : toutes les caractéristiques doivent être remplies en même temps pour figurer dans une catégorie favorable ('bon' ou 'satisfaisant').

Critères pour la détermination de l'état de conservation d'un réseau d'habitats (GOFFART P., 2006) :

Critère	Indicateur	Etat 'bon'	Etat 'satisfaisant'	Etat 'insatisfaisant'
Réseau d'habitats	Nombre d'unités	> 14 unités d'état 'bon' ou 'satisfaisant'	14 - 10 unités d'état 'bon' ou 'satisfaisant'	< 10 unités d'état quelconque
	Surface totale	> 50 ha / 1000 ha	25 - 50 ha / 1000 ha	< 25 ha / 1000 ha
	Distance maximale entre unités les plus proches	1 km	2 km	> 2 km
	Taux d'occupation du réseau par l'espèce	> 70%	50 - 70%	< 50 %
Population	Effectif total le long de transects	> 100 adultes	50 - 100 adultes	< 50 adultes

Chris van SWAAY et Martin WARREN donnent les mêmes critères pour l'état de conservation d'un réseau d'habitats (VAN SWAAY C., WARREN M., 1999).

Philippe GOFFART également, mais son avis diffère quant à la surface totale minimum du réseau d'habitats : selon lui, 10 ha permettent la survie de *L. helle* dans la mesure où 3 au moins des habitats ont une taille supérieure à 1 hectare chacun. Il souligne aussi l'avantage de couloirs fleuris et ouverts entre les habitats qui pourraient faciliter les déplacements des papillons, bien qu'*helle* soit capable de voler au-dessus de la canopée (GOFFART P., 2006 ; GOFFART P., 2014).

Quand on ne peut pas garder un archipel d'habitats interconnectés, on essaie de conserver des sites d'une taille minimale de 50 ha favorables au cuivré de la bistorte et comprenant une certaine hétérogénéité pour permettre la survie des populations (GOFFART P., 2014).

C. Préconisations de gestion

La menace la plus importante étant le drainage, il est conseillé de maintenir des zones (favorables à la présence de Bistorte) non drainées au fond des vallons (ESSAYAN R. *et al.*, 2013 ; LAFRANCHIS T., 2000 ; JACQUOT P., 2012).

Il faut préserver les sites de l'urbanisation et de la plantation qui diminuent l'aire de répartition de *L. helle* : interdire l'utilisation d'insecticide, le labour et le réensemencement (JACQUOT P., 2012 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

Lorsque le milieu est abandonné, il faut conserver une ouverture suffisante (25 ares minimum) de ce milieu via le débroussaillage, la fauche tardive... pour permettre un bon ensoleillement et le garder favorable aux espèces végétales nécessaire au développement de *L. helle* et à la survie des adultes (notamment en veillant à ce qu'il reste humide). Même si la fermeture des milieux menace *Lycaena helle*, il faut lui laisser de petites zones arbustives ou arborées pour le protéger du vent et lui servir de refuge : 10 % de la surface du milieu minimum, en maximisant les lisières (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; GOFFART P., 2006 ; ESSAYAN R. *et al.*, 2013).

Si la Molinie monopolise trop de surface, il faut en enlever ce qui permettra à la bistorte de germer plus facilement, en coupant la touffe près de la butte, en coupant la moitié ou la totalité et en enlevant ou non la matière organique morte au sol (HART G. & BOWLES N., 2014).

La fauche trop fréquente au niveau de zones telles que des transitions entre prairie humide et tourbière est néfaste ; il est conseillé de préserver des bandes tampons fauchées tardivement ou en alternance (ESSAYAN R. *et al.*, 2013). On pourra également mettre en place une rotation pluriannuelle sur 2 ou 3 ans et on fauchera à 20 cm de hauteur (pas trop bas parce que les chrysalides sont dans la litière), très tardivement : en octobre (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; GOFFART P., 2006 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013). Lorsque des zones refuges sont conservées, la fauche peut être effectuée dans les mois de juin juillet (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994). Le problème de cette gestion par zones refuges est que si les adultes peuvent voler jusqu'à la zone refuge, ce n'est pas le cas des chenilles dont le nombre risque d'être réduit après la fauche.

Le pâturage doit être mis en place tardivement et limité dans le temps (limité de juillet / août à fin octobre plutôt que toute l'année ; une année sur deux) et doit être léger (environ 1 animal par hectare) avec des bovins et équins plutôt qu'avec des ovins. Un pâturage périodique semble être moins néfaste qu'en permanence. On estime qu'il est temps de retirer le bétail dès que l'herbe descend en dessous de 8 cm dans les zones les plus fréquentées (GOFFART P. *et al.*, 2010 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013). On peut mettre en place un très court pâturage au début du printemps, il sera bénéfique grâce au piétinement qui, sur une courte durée, permet de maintenir une hauteur de végétation hétérogène avec des feuilles de bistorte apparentes (HART G., BOWLES N., 2014). Les animaux utilisés pour le pâturage doivent être choisis en fonction de chaque site. Si *M. caerulea* domine le milieu et pose problème, le pâturage équin est indiqué pour limiter la couche de litière. Si *F. ulmaria* domine, on optera plutôt pour un pâturage bovin (HART G. & BOWLES N., 2014).

On choisira le pâturage dans les zones tourbeuses (pas très humides) et plutôt la fauche dans les bas-marais plus humides (s'ils sont envahis par *Phragmites australis* notamment) (GOFFART P., 2006).

Dans les milieux où la fauche tardive ou le pâturage extensif sont mis en place, si la présence de *L. helle* est constatée on peut conserver la même gestion. Il faudra en revanche informer les exploitants de sa présence puisque de faibles modifications (notamment au niveau de la date

ou du plan de fauche) peuvent avoir des répercussions importantes sur le papillon. (MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013).

Il ne faut jamais mettre en place de gestion sur la totalité du site ; maintenir une zone de refuge équivalent à une surface de 2/3 de l'habitat et faire une rotation pluriannuelle (MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013 ; GOFFART P., 2006). La recommandation de Philippe GOFFART est de faucher en rotation pluriannuelle en préservant une ou plusieurs zones refuges et de pâturer les autres années de façon très extensive (GOFFART P. *et al.*, 2010).

S'il est important de préserver l'habitat de *L. helle*, il est également important de préserver les habitats qui sont susceptibles de lui être favorables dans un rayon de 3 km (GOFFART P., 2014). Il est important de conserver des zones de contact entre les milieux où des populations de *L. helle* sont présentes afin de permettre le déplacement de papillons entre ces milieux et d'éviter la fragmentation des habitats. Il faut également prévenir l'appauvrissement génétique des populations en contrant la consanguinité (JACQUOT P., 2012 ; MOLITOR M. & SCHILTZ C., 2013). La conservation d'un réseau important de sites interconnectés permet au papillon de disposer d'habitats différents qui lui permettront entre autres de mieux survivre à des perturbations (climatiques par exemple) (GOFFART P., 2014). Dans le cas où des populations s'éteignent, la recolonisation de ces milieux peut être facilitée en les reliant à d'autres milieux encore peuplés ou en tentant une réintroduction.

En termes de pâturage, il faut faire la différence entre entretien et restauration. Le pâturage de restauration pourra être plus intensif dans la meilleure saison de pâturage et pendant plus d'une année si nécessaire. Le pâturage d'entretien est plus léger et pendant moins longtemps au cours de l'année (HART G., BOWLES N., 2014).

Pour une restauration dans le cas des prairies humides, des pelouses acidophiles et des prairies mésophiles de bas de versant qui se referment, Philippe GOFFART conseille de couper et broyer les ligneux, étréper éventuellement le sol (sur 10 cm maximum) afin d'appauvrir le terrain (attention dans ce cas à ne pas réensemencer : laisser faire la recolonisation naturelle), puis mettre en place des mesures d'entretien régulier par pâturage extensif ou fauche. Dans le cas des tourbières et bas-marais envahis par *Molinia caerulea*, il est conseillé d'étréper et évacuer les horizons organiques du sol (tourradons de molinie compris) pour des parcelles de

25 ares minimum (1-2 hectares dans l'idéal). Dans le cas des tourbières et bas-marais en fermeture, on pourra couper (et évacuer ou gyrobroyer) les ligneux (GOFFART P., 2006).

Les préconisations de gestion générales ne sont pas forcément applicables à tous les biotopes. Avant toute intervention quelle qu'elle soit, il est important de faire un inventaire faunistique et floristique du milieu afin d'éviter de mettre en place une gestion défavorable à d'autres espèces d'intérêt. Il faudra également faire un suivi dans le temps, ce qui permettra de réadapter les mesures si nécessaire. Malgré tout, il faudra également accepter de faire des concessions et d'engendrer certaines pertes en prenant garde qu'elles ne soient pas trop importantes. Afin de minimiser ces pertes, il faut tenir compte des besoins et de l'impact sur chaque phase du cycle de l'espèce. Pour suivre l'évolution du milieu tout au long de la gestion, les zones non gérées peuvent servir de témoins (GOFFART P. & WAEYENBERGH M., 1994 ; GOFFART P. *et al.*, 2010).

D. Impacts de sa protection sur d'autres espèces / milieux

Espèces et habitats qui, selon Philippe GOFFART, sont menacés et susceptibles de bénéficier de la protection du cuivré de la bistorte (GOFFART P., 2014).

Encart 1

Espèces animales et végétales menacées et/ou protégées qui profiteront du plan d'action (non exhaustif)

Plantes : *Dactylorhiza maculata*, *D. majalis*, *Platanthera bifolia* (E), *Pl. chlorantha*, *Arnica montana* (E), *Menyanthes trifoliata*.
Papillons de jour (Lépidoptère Rhopalocères) : *Argynnis aglaja* (E), *Coenonympha arcania* (V), *Boloria eunomia* (V), *B. selene* (NT), *Erebia ligea* (CR), *Erebia medusa* (V), *Euphydryas aurinia* (CR), *Lycaena hippothoe* (V), *L. virgaureae* (CR)
Libellules (Odonates) : *Cordulegaster boltonii* (NT), *Cordulegaster bidentata* (E), *Onychogomphus forcipatus* (V) (habitats de maturation)
Mollusques : Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*)
Reptiles : Couleuvre à collier (*Natrix natrix*)(V), Vipère péliade (*Vipera berus*) (E)
Oiseaux : Cigogne noire (*Ciconia nigra*), Râle des genets (*Crex crex*)(CR), Bécassine des marais (*Gallinago gallinago*)(CR), Bécassine sourde (*Limnocyptus minimus*), Coucou gris (*Cuculus canorus*)(V), Pipit farlouse (*Anthus pratensis*)(V), Pipit des arbres (*Anthus trivialis*)(NT), Tanier des prés (*Saxicola rubetra*)(CR), Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*), Pie-grièche grise (*Lanius excubitor*)(V), Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*)(NT)
Mammifères : Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), Chiroptera

Légende « Statuts Listes Rouges » : CR : En danger critique, E : En danger, V : Vulnérable, NT : quasi-menacé, Ex : éteint.

Encart 2

Habitats menacés et/ou protégés (Natura 2000) qui profiteront du plan d'action

Natura 2000

6410 - Prairies à *Molinia* sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (*Molinia caeruleae*)
 6230 - Formations herbeuses à *Nardus*, riches en espèces, sur substrats siliceux des zones montagnardes (et des zones submontagnardes de l'Europe continentale)
 4010 - Landes humides atlantiques septentrionales à *Erica tetralix*
 6430 - Mégaphorbiaies rivulaires
 6520 - Prairies de fauche de montagne
 91E0 - Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*.

Non Natura 2000

Bas-marais acides
 Prés humides à bistorte

V. DISCUSSION

Malgré son statut de protection, le Cuivré de la bistorte est globalement bien présent et réparti dans les Vosges. La carte obtenue ne doit cependant pas être considérée comme une représentation exhaustive de la répartition de *L. helle* : il ne s'agit que d'un rassemblement de toutes les données que nous avons pu récolter et de nos prospections, ce qui ne signifie pas que le papillon est absent ailleurs ou qu'il n'y a pas été observé. D'autre part, les sites prospectés sur lesquels il n'y a pas eu d'observation ne doivent pas être considérés comme inhabités de *L. helle*, le printemps 2016 n'a d'ailleurs pas été très favorable à l'émergence et l'activité des lépidoptères.

Cela n'annule pas la nécessité de conserver *L. helle* (maintenir les populations actuelles), car nombreuses sont les menaces qui pèsent sur ce cuivré : drainage, urbanisation, agriculture intensive, fermeture des milieux...

Si la fermeture des milieux lui est néfaste et la coupe forestière une solution, il faut veiller à laisser à sa disposition des zones arborées ou arbustives lui permettant de s'abriter du vent et de se réfugier. Le pâturage et la fauche peuvent être mis en place, mais sur de courtes périodes ou tardivement. Un mode de gestion optimisé pour limiter la destruction serait une fauche tardive (juillet) en rotation pluriannuelle (sur 2 ou 3 ans) en fauchant à 20 cm de hauteur environ et en préservant des zones refuges (non gérés).

Il est important également de conserver ou restaurer des zones susceptibles de lui être favorable autour des sites où la présence d'une population est avérée ou entre deux de ces sites : le maintien de ces stepping stones permettra un brassage génétique indispensable à la survie de l'espèce, d'autant que *L. helle* a une capacité de dispersion plutôt faible.

Un autre intérêt de sa conservation est que d'autres espèces, notamment celles qui dépendent du même type de milieu, sont susceptibles de tirer profit de la protection mise en place.

Le nombre de relevés phytosociologiques est insuffisant pour permettre de conclure à une éventuelle corrélation entre une classe et la présence du papillon. Statistiquement, des relevés devraient être réalisés sur 30 sites pour permettre de conclure de façon fiable. Il faudrait également réaliser plusieurs passages par site puisque les végétaux ne sont pas tous

observables ou identifiables aux mêmes périodes. Ces points pourront être complétés dans de futures études, une meilleure connaissance du milieu de vie optimal de l'espèce ne pouvant que faciliter la mise en place de mesures conservatoires.

L. helle est à priori absent des fonds de vallées : il serait intéressant de chercher à comprendre pourquoi. Les activités humaines, qui y sont plus intensives, ou l'altitude pourraient en être la cause. D'autre part, l'aire de répartition du Cuivré est hétérogène (il y a moins de données au centre de cette aire) : mieux comprendre les critères de sélection de ces milieux et la raison pour laquelle la répartition s'arrête aux limites connues peuvent être des sujets d'étude à explorer.

REFERENCES

BARASCUD, B. & DESCIMON, H. 1992. Deux papillons "reliques glaciaires" en France : *Lycaena helle* (Lycaenidae) et *Proclissiana eunomia* (Nymphalidae): biogéographie, génétique et conservation. *Insectes*, vol. 87, n°4, p. 5 - 9.

CRAIOVEANU C., SITAR C., RAKOSY L. 2014. Mobility, behaviour and phenology of the Violet Copper *Lycaena helle* in North-Western Romania. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article V, p 91-105.

DOAK P., KAREIVA P., KINGSOLVER J. 2006. Fitness consequences of choosy oviposition for a time-limited butterfly. *Ecology* 87 : 395-408

DUPONT P. 2014. Le Chronoventaire : un protocole d'acquisition de données pour l'étude des communautés de Rhopalocères et Zygènes. *Direction de la Recherche, de l'Expertise et de la Valorisation, Direction Déléguée au Développement Durable, à la Conservation de la Nature et à l'Expertise, Service du Patrimoine Naturel, MNHN, Paris, 47 p.*

ESSAYAN R., JUGAN D., MORA F. & RUFFONI A. (coord.) 2013. Atlas des papillons de jour de Bourgogne et de Franche-Comté (Rhopalocera & Zygaenidae). *Rev. Sci Bourgogne-Nature Hors-série 13*. 494 p.

FLORAINE. 2013. Atlas de la flore lorraine. *Vent d'est*. 1296 p. p 765.

GOFFART P., WAEYENBERGH M. 1994. Exigences écologiques et gestion des populations de deux papillons des prairies humides ardennaises : le cuivré et le nacré de la bistorte (*Lycaena helle*,

Proclissiana eunomia). *Les cahiers des Réserves Naturelles – RNOB n°7*. Unité d'Ecologie et de Biogéographie, Louvain-La-Neuve (Belgique). P 21 à 29.

GOFFART P. 2006. Cuivré de la bistorte. *Lycaena helle* Denis & Schiffermüller, 1775. In : GOFFART P., coord. (2006). *Cahiers Natura 2000. Espèces de l'Annexe II de la Directive Habitats présentes en Wallonie. Version provisoire n°3, avril 2006*. Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (CRNFB). 136p. Pages 63-68.

GOFFART P. 2014. Plan d'action « Cuivré de la bistorte et ses habitats » en Wallonie. *DEMNA/DGARNE/SPW*. Décembre 2014. Version 3. Gembloux. 42 pages.

GOFFART P., CAVELIER E., LIGHEZZOLO P., RAUW A., LAFONTAINE D. 2014. Restoration and management of habitat networks for *Lycaena helle* in Belgium. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article XI. P 197-216.

HABEL JC., MEYER M., SCHMITT T. 2013. Editorial. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. p1-2.

HABEL JC., MATTERN S., MEYER M., SCHMITT T. 2014a. Morphologic variability and signals of environmental stress : Wing-shape analyses in the Violet Copper *Lycaena helle*. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article VIII, p 141-159.

HABEL JC., MEYER M., SCHMITT T., HUSEMANN M., VARGA Z. 2014b. The molecular biogeography of the Violet Copper *Lycaena helle*. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article VI, p111-124.

HART G., BOWLES N. 2014. The Violet Copper *Lycaena helle* in the Pyrenees : Distribution and ecology at the species' southern distribution margin. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article III, p37-56.

INFOCLIMAT. 2016. Climatologie à Gérardmer (88) en mars 2016. Visible en suivant ce lien : <http://www.infoclimat.fr/climatologie-mensuelle/000R3/mars/2016/gerardmer.html>

JACQUOT P. 2012. Les papillons menacés en Franche-Comté. Cuivré de la bistorte *Lycaena helle* (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775). *Union européenne, Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Franche-Comté, Conseil Régional de Franche-Comté*, 2p.

JULVE, P., 2015. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. *Baseflor*. Version : 30 octobre 2015.

- LAFRANCHIS T. 2000. Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. *Collection Parthénope, éditions Biotope*, Mèze (France). 448 p.
- LAFRANCHIS T., JUTZELER D., GUILLOSSON JY., KAN B., KAN P. 2015. La vie des papillons : Ecologie, Biologie et Comportement des Rhopalocères de France. *Diatheo*. 751 p. p244 – 245.
- MANIL L., HENRY P.Y. 2007. Suivi Temporel des Rhopalocères de France (STERF). Protocole national. MNHN, Dépt. Ecologie et Gestion de la Biodiversité. 10p.
- MERLET F. & HOUARD X. 2012. Synthèse bibliographique sur les traits de vie du Cuivré de la Bistorte (*Lycaena helle* (Denis & Schiffermüller, 1775)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques. *Office pour les insectes et leur environnement & Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle*. Paris. 7 pages
- METEO France. 2016. <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2016/hiver#>
- MEYER M. 1981. Révision systématique, chorologique et écologique des populations européennes de *Lycaena* (*Helleia*) *helle*. 2^{ème} partie : la chorologie. *Linneana Belgica*, n°8, p 345 - 358.
- MEYER M. 1982. Révision systématique, chorologique et écologique des populations européennes de *Lycaena helle*. 3^{ème} partie : l'écologie. *Linneana Belgica*, n°10, p451 – 466.
- MOLITOR M, SCHILTZ C. 2013. Plan d'action Cuivré de la Bistorte *Lycaena helle*. Ministère du développement durable et des infrastructures du Grand-Duché de Luxembourg. 23 p.
- MUTANEN M., VALIMAKI P. 2014. Habitat requirements, threats and trends in the distribution of the Violet Copper *Lycaena helle* at its northern distribution margin in Finland. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article II, p23-36.
- RYRHOLM N. 2014. The Violet Copper *Lycaena helle* at its northern distribution range. *Jewels in the Mist. A synopsis on the endangered Violet Copper butterfly Lycaena helle*. 237p. Article I, p15-22.
- SCHEPDAEL JV. 1968. Les populations de *Lycaena helle* Schiff des vallées froides de la Semois Ardennaise et de l'Ardenne entière. *Linneana belgica*, n°2, p 20 - 52.
- TURLURE C., VAN DYCK H., GOFFART P., SHTICKZELLE N. 2014. Resource-based habitat use in *Lycaena helle* : Significance of a functional, ecological niche-oriented approach. *Jewels in the Mist*. 237p. Article IV, p67-85.
- VAN SWAAY C., WARREN M. 1999. Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera). *Nature and Environment*, n°99. 259 p.

WEISS JC. 1977. *Lycaena helle* SCHIFF. Et *Proclossiana eunomia* ESPER dans les Vosges.
Description d'une nouvelle espèce de *Lycaena helle* SCHIFF. *Linneana Belgica*, n°10, p 253 - 256.