

Justification scientifique : Contrat N° 098732 conclu entre le CNRS et Conseil général de l'Isère
Pôle départemental de Recherche sur la Biodiversité

Fragmentation de l'habitat, réchauffement climatique et hybridation le long d'un gradient altitudinal chez des papillons des pelouses alpines



Les activités humaines sont à l'origine de deux bouleversements écologiques majeurs ayant un impact fort sur la biodiversité, notamment dans les zones de montagne : la perte d'habitat, et le réchauffement climatique. Pour les espèces inféodées aux prairies naturelles, la perte d'habitat est liée à la déprise agricole dans les prairies d'altitude qui entraîne la fermeture des milieux, alors qu'en plaine, l'intensification de l'utilisation des sols (agriculture et urbanisation) entraîne également une perte d'habitat. D'autre part, le réchauffement global modifie les aires de répartition, mettant en contact des lignées adaptées à des conditions environnementales différentes. Les espèces de basse altitude tendent à migrer le long du gradient altitudinal, rentrant en contact avec des espèces sœurs adaptées aux conditions de haute altitude. Ces contacts dits « secondaires » entre espèces proches favorisent l'hybridation et peuvent induire, si l'isolement reproducteur n'est pas complet, des flux de gènes et même dans certains cas l'apparition d'une population hybride stable, adaptée aux conditions environnementales locales pouvant devenir à terme une nouvelle espèce. En dehors de la spéciation hybride, les flux de gènes entre espèces peuvent s'avérer bénéfiques si il s'agit du transfert limité de gènes impliqués dans l'adaptation, ou très négatif pour une des espèces si sa population est petit à petit remplacée par des individus hybrides entraînant ainsi la perte de son intégrité génétique et sa disparition.

Le complexe d'espèces du genre *Coenonympha* (Satyrinae) formé par le céphale (*C. arcania*), le céphalion (*C. darwiniana*) et le satyrion (*C. gardetta*) est un modèle biologique de choix pour étudier la dynamique des zones hybrides selon un gradient altitudinal dans un contexte de réchauffement climatique. *C. arcania* est une espèce de basse altitude présente dans toute l'Europe de l'Ouest, *C. gardetta* et *C. darwiniana* se trouvent en haute altitude,

dans les Alpes et le massif central pour le satyrion, et seulement dans les Alpes du Sud de façon très localisée pour le céphalion. Les trois espèces se distinguent aisément par leur patron alaire, et fréquentent le même habitat de pelouses naturelles plus ou moins ouvertes. Lorsqu'une espèce est présente, elle est localement abondante. Il existe une zone de contact entre espèces de basse/haute altitude aux alentours de 1500m d'altitude dans laquelle des individus à phénotype intermédiaire, probablement des hybrides, ont été observés.

Objectifs.

Les objectifs de ce projet étaient 1) de mieux décrire les aires de répartition des 3 espèces afin de cartographier précisément les limites altitudinales de la zone de sympatrie/hybridation, 2) évaluer les paramètres démographiques (taille des populations, sex-ratio, phénologie, distance de dispersion...) et les facteurs paysagers qui contraignent la dispersion des papillons et 3) mesurer l'ampleur du phénomène d'hybridation.

Résultats.

1) Cartographie de la distribution des 3 espèces dans les Alpes et niches climatiques

Les données de présence des 3 espèces ont été extraites de diverses bases de données (GBIF, MNHN, www.faune-isere.org,...) et complétées par nos prospections (déposées sous www.faune-isere.org): des zones de contact entre tous les couples d'espèces ont été identifiées.

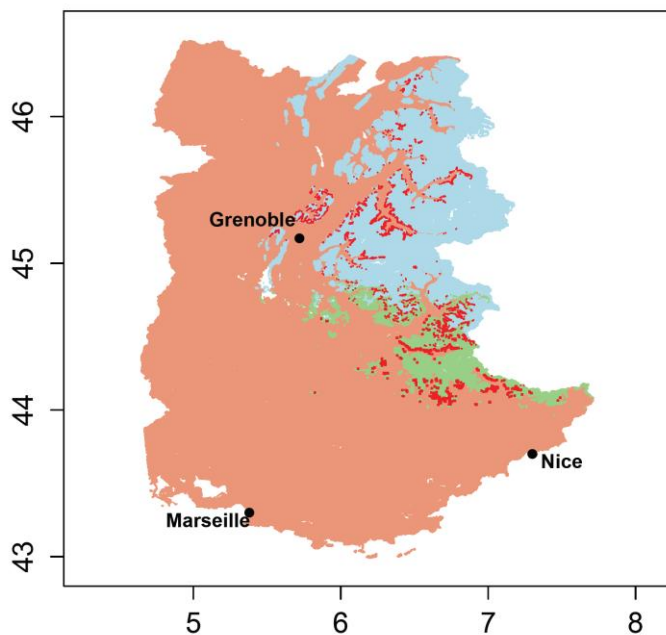


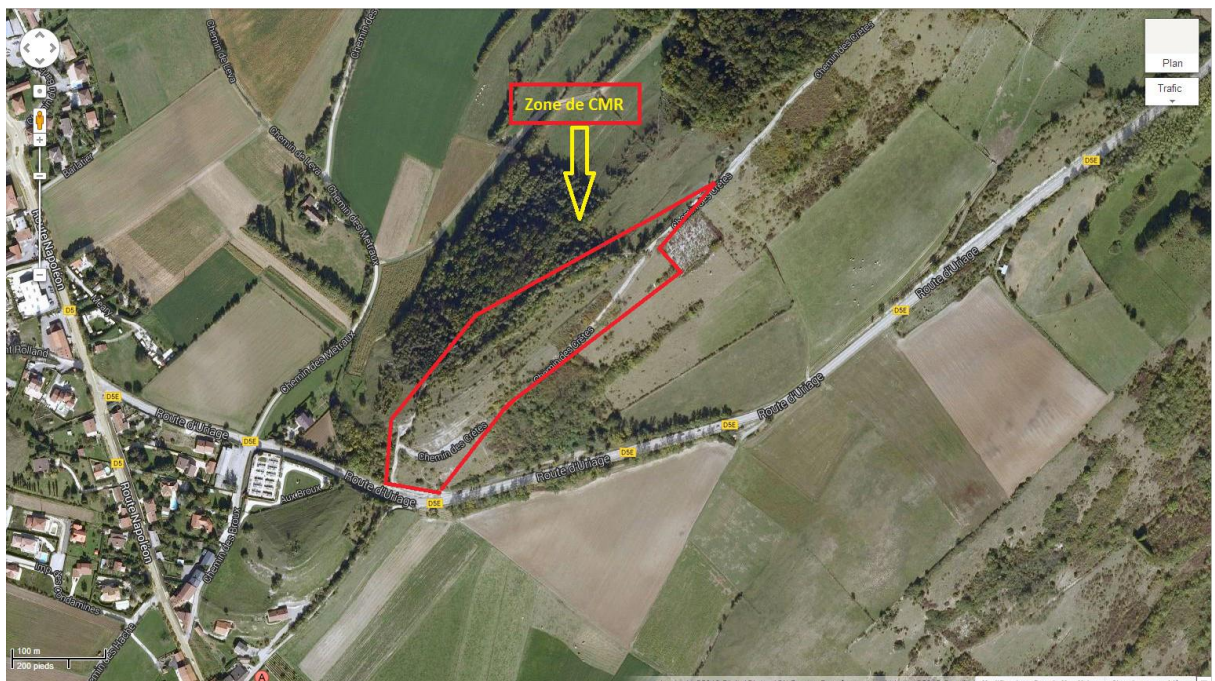
Figure 1 : Répartition modélisée de *Coenonympha arcania* (saumon), *C. gardetta* (bleu) et *C. darwiniana* (vert) avec les zones de contacts actuelles (rouge vif).

Seules les espèces *C. gardetta* et *C. arcania* sont présentes en Isère, alors que *C. darwiniana* est présente dans le département limitrophe (Hautes-Alpes) au Sud-Ouest des Ecrins. Un échantillonnage effectué à Vaujany (Isère) et à Chaillol (Hautes-Alpes) montre que *C. arcania*, espèce de basse altitude supposée ne pas dépasser 1500m d'altitude, peut être collectée jusqu'à 1800m, en sympatrie avec l'espèce de haute altitude. Les conditions environnementales locales (stations de ski fortement déforestées) semblent favoriser la

migration en altitude de cette espèce. Nous n'avons pas trouvé de zone de contact *C. arcania* / *C. gardetta* dans le massif de Belledonne: le couvert forestier semble empêcher la dispersion des individus *C. arcania* vers la zone *gardetta*. Nous avons vérifié cette hypothèse par des expériences de capture-marquage-recapture.

2- Paramètres démographiques : expériences de capture/marquage/recapture (CMR) sur *C. arcania* en milieu fragmenté

Afin de caractériser le potentiel de dispersion de ces papillons dans un paysage fortement fragmenté (agrosystème), nous avons identifié une population de *C. arcania* proche de Brié-Angone (voir figure 2). Il s'agit d'une parcelle d'environ 6 ha de prairie naturelle, exposée au sud, entourée de parcelles cultivées et de routes, et jouxtant une petite forêt (au nord). Le suivi a été effectué du 25 Juin au 27 Juillet 2013, avec un total de 12 sessions de CMR, 328 individus marqués (122 femelles et 111 mâles), avec un taux de recapture de 5-18% selon les sessions. La taille de pop est estimée à environ 1200 individus (+/- 160), soit environ 200 papillons/ha. La survie moyenne est estimée à 9 jours (survie maximale observée : 23 jours). La distance moyenne de migration est de 68 m (maximum observé : 157m). Les papillons n'ont jamais été observés dans les champs cultivés, et seulement rarement en lisière de forêt : celle-ci ne semble pas être un habitat favorable. L'habitat est caractérisé par une végétation herbacée assez haute (20-80 cm) composée essentiellement de graminées (*Festuca*, *Poa*, *Melica*, *Holcus*...), avec relativement peu de plantes fleuries (thym, sainfoin) sur lesquelles les adultes sont parfois observés en train de se nourrir ; ils passent beaucoup de temps à se reposer notamment sur les buissons, qui semblent être un élément important de leur habitat.



Malgré plusieurs prospections, nous n'avons pas réussi à trouver de chenilles sur le terrain, ni à mettre en place un élevage au laboratoire.

3- Mesure de l'ampleur du phénomène d'hybridation interspécifique

Une analyse morphométrique (patrons alaires, figure 3a) et moléculaire (génomique à l'aide de marqueurs nucléaires distribués sur tout le génome : ddRADseq, figure 3b) a permis de déterminer précisément les caractéristiques morphologique et génétique de chacune des 3 espèces : l'espèce *C. darwiniana* présente une morphologie et des caractéristiques génétiques d'une hybridation passée entre *C. arcania* et *C. gardetta*, ayant donné une lignée distincte et génétiquement homogène (spéciation hybride). De plus des hybrides récents sont identifiés dans les zones de contact (voir figure), mais ce phénomène reste limité, ce qui suggère qu'il existe des mécanismes d'isolement reproducteur entre les espèces en contact (eg, sélection sexuelle, usage différent de l'habitat ??) qui restent à étudier plus en détail.

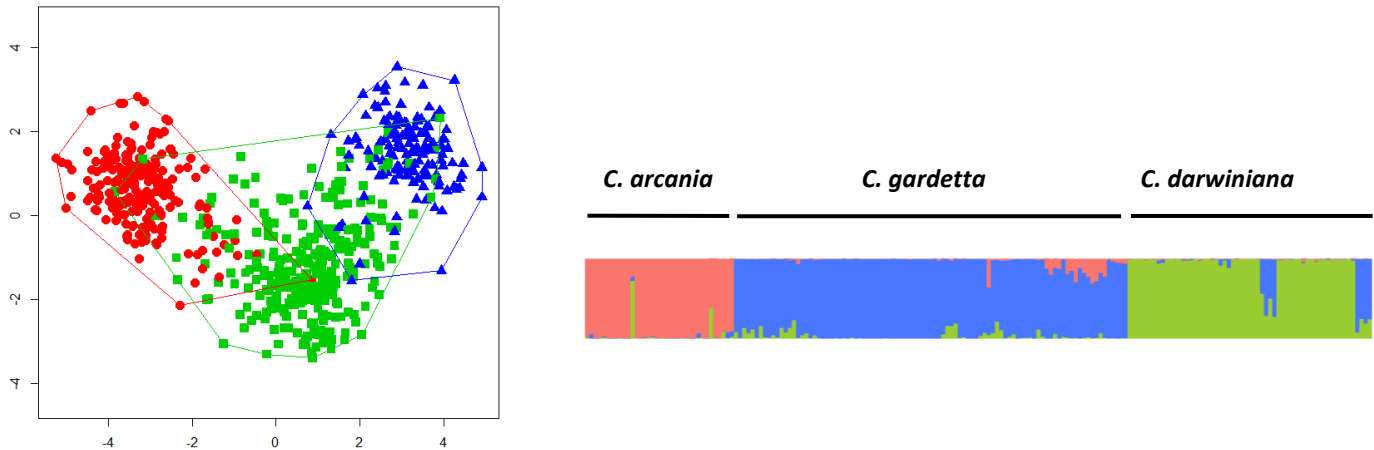


Figure 3 : a) ACP des indices morphométriques de *C. arcania* (en rouge), *C. darwiniana* (en vert) et *C. gardetta* (en bleu) et b) proportion du génome de chacune des trois espèces constituant un individu (=une barre verticale) : les individus hybrides sont représentés par 2, voire 3 couleurs.

Valorisation des résultats

Tous les résultats issus du travail d'échantillonnage sont mis à disposition du public via la base de données en ligne sur la faune sauvage (www.faune-isere.org). Ce travail a donné lieu à 3 communications dans des colloques scientifiques (colloque ADALEP, Paris, Février 2014 ; Colloque génomique environnementale Lyon, Mai 2014 ; BES-SFE joint meeting, Lille Décembre 2014) et une conférence à destination des gardes a été organisée à la maison du Parc du Mercantour à Barcelonnette en Juin 2014. La rédaction d'articles scientifiques est en cours, et un article de vulgarisation dans la revue 'Les cahiers du Lautaret', ed Station Alpine du Lautaret est en voie de publication. D'autres actions de communication (conférences, plaquettes explicatives, panneaux permanents) à destination des gestionnaires et des usagers des milieux concernés sont prévues.