

# Hybridation, spéciation, et évolution parallèle chez les carabes

par Olivier Décobert

Certains mécanismes évolutifs semblent peu connus, voire inconnus ou ignorés. Une meilleure compréhension de l'évolution du monde vivant, hominidés compris, nécessiterait pourtant d'intégrer ces processus dans nos connaissances.

Les coléoptères du genre *Carabus*, à part quelques exceptions, ne volent pas et de ce fait, forment des populations qui se différencient volontiers sur des distances restreintes, surtout en montagne où leurs exigences biologiques peuvent les amener à s'isoler génétiquement des populations voisines. Dans ces conditions, ces insectes terrestres sont des témoins privilégiés de l'évolution, un ancêtre commun ayant contribué à l'existence actuelle de nombreuses espèces et sous-espèces dont le territoire est parfois très limité.

## 1. Hybridation et spéciation secondaire :

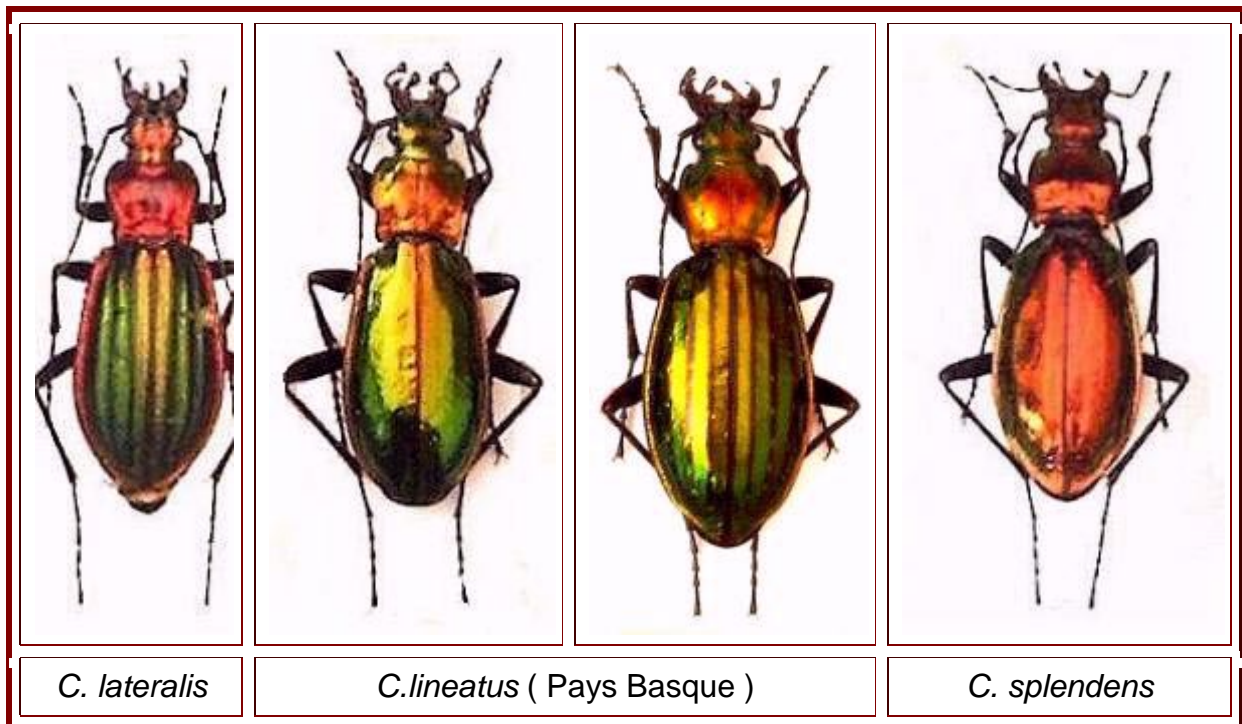
Dans les mécanismes de spéciation, l'un d'entre eux est peu connu ou mal reconnu, c'est **l'introgession des gènes d'une espèce dans une autre, par hybridation**. Rappelons que le statut d'espèce est donné à un ensemble d'individus capables de se reproduire et de donner des descendants eux-mêmes fertiles. Cette condition est le plus souvent supposée. Deux espèces proches sont parfois capables d'engendrer une progéniture viable mais les produits de cette union, appelés hybrides, sont incapables de se reproduire entre eux. Par contre, ils peuvent éventuellement donner une descendance avec l'une ou l'autre des espèces parentes, et les individus obtenus ne sont pas forcément stériles. C'est ainsi que le patrimoine génétique d'une espèce peut entrer partiellement dans celui d'une autre, créant des particularités dans le phénotype de certains individus, ou à plus grande échelle dans toute une population.

La revue " *La Recherche* " de juillet-août 2004 ( n° **377** ) a eu le mérite de faire le point sur le processus de « spéciation secondaire » qui résulte de l'introgession de gènes d'une espèce vers une autre. L'article « Espèces d'hybrides » ( de Trenton W. Holliday, universitaire de la Nouvelle-Orléans, USA ) explique ainsi que l'hybridation peut conduire à l'émergence de nouvelles espèces. Comme il y est dit, cette forme de spéciation est fréquente chez les plantes, mais a traditionnellement été minimisée chez les animaux. Ainsi, il est démontré que le loup rouge ( ou roux, *Canis rufus* ) du Sud-Est des Etats-Unis est une espèce hybride, actuellement en voie d'extinction. L'analyse de l'ADN mitochondrial des fourrures de ces animaux tués avant 1930 montre en effet un mélange d'ADN mitochondrial de coyote ( *Canis latrans* ) et de loup gris ( *Canis lupus* ). Ainsi, *Canis rufus* est une espèce

hybride qui a vécu ( avant d'être quasiment exterminée... ) dans une zone écologique séparée de celles de ses cousins.

Pour ce qui est des carabes, l'hybridation entre espèces proches est assez fréquente et quand elle se fait à grande échelle géographique, il en résulte des introgressions répétitives et une modification progressive des populations soumises à ce phénomène. Un cas typique est celui de *Carabus* (*Chrysocarabus*) *lineatus*, qui s'hybride volontiers avec *C. splendens* dans le Pays Basque.

Dans l'Ouest de la chaîne Cantabrique, on trouve *C. lateralis*. L'atténuation des côtes primaires ( les lignes noires et en relief que l'on voit sur les élytres ) est de plus en plus marquée d'Ouest en Est, au fur et à mesure que ce carabe entre dans le territoire de *C. splendens*, définissant ainsi le phénotype *lineatus*. La question de savoir si *lateralis* et *lineatus* sont différenciés spécifiquement reste posée et ne pourra être résolue que par des expériences répétitives d'élevages sur des individus provenant de différentes régions de la chaîne Cantabrique. En France, dans le Pays Basque, les *lineatus* sont à la limite Est de répartition de l'espèce, et ont très souvent des côtes primaires tellement affaiblies qu'elles sont simplement indiquées par une ligne sans relief sur les élytres. Certains individus présentent un phénotype proche de *C. splendens*.



D'autres spécimens conservent par contre des côtes primaires ou des lignes noires bien marquées. Dans ce cas, c'est le phénotype ancestral de *C. lateralis* qui a tendance à réapparaître. Les caractères de l'une ou l'autre des espèces parentes

s'extériorisent donc plus ou moins dans les individus de cette population dont l'origine hybride est incontestable.

Donc, en simplifiant ( il y a des populations intermédiaires ), la rencontre de *lateralis* venant de l'Ouest et de *splendens* venant de l'Est a donné une population polymorphe de *lineatus*.

Le phénomène a également été étudié récemment sur un papillon tropical : *Heliconius heurippa*. En seulement trois générations, des biologistes ont créé en laboratoire une espèce de papillon qui lui correspond en hybridant deux espèces existantes.

Mauricio Linares ( Universidad de los Andes, Colombie ) soupçonnait depuis longtemps le papillon *Heliconius heurippa* d'être le fruit d'une hybridation entre *Heliconius cydno* et *Heliconius melpomene*. L'expérience lui a donné raison.

Forts de cet exemple, les chercheurs ont suggéré que l'hybridation contribue peut-être davantage qu'on ne pense à la spéciation. Ils soupçonnent déjà deux autres espèces d'*Heliconius* d'être des hybrides : *H. cydno* et *H. melpomene*.

[http://www.stri.org/english/about\\_stri/headline\\_news/scientific\\_advances/article.php?id=301](http://www.stri.org/english/about_stri/headline_news/scientific_advances/article.php?id=301)

Pour conclure ce paragraphe, il reste à signaler que le phénomène d'introgession est susceptible d'exister dans tout le monde vivant ( constaté chez des grenouilles et des poissons entre autres exemples ). Chez les hominiens, il n'y a par conséquent aucune raison que ce ne soit pas le cas et l'hybridation entre *Homo sapiens* et *Homo neanderthalensis* a raisonnablement eu lieu, au moins localement. On a semble-t-il des preuves d'une telle hybridation avec les restes de Djebel Qafzeh en Palestine : ils présentent tous les types intermédiaires entre Néandertaliens et Hommes modernes ( Source *Bipedia* 3 : <http://perso.orange.fr/initial.bipedalism/3.htm> ou [http://cerbi.lidi5.com/article.php3?id\\_article=35](http://cerbi.lidi5.com/article.php3?id_article=35) ). Le polymorphisme de cette population pour laquelle il y a dû y avoir une large cohabitation entre les deux espèces d'hominidés n'est pas sans rappeler celui des *C. lineatus* précédemment évoqués, avec introgression de gènes entre deux espèces proches.

## 2. Evolution parallèle dans les radiations :

Les coléoptères du genre *Carabus* sont décidément d'excellents sujets d'étude pour les recherches sur les mécanismes de l'évolution des espèces. En analysant le gène mitochondrial **ND5** de carabes du Japon, une équipe de chercheurs dirigée par Syozo Osawa a fait de remarquables découvertes concernant leur évolution.

Cette étude génétique montre que **deux individus d'une même espèce peuvent très bien être issus de deux clades différents** ( un clade est une lignée originaire d'un ancêtre commun ). Les recherches de l'équipe japonaise portent sur les représentants du sous-genre *Ohomopterus*. Par exemple, *O. dehaanii* est un

carabe bleu sombre de grande taille répandu dans les districts de Chubu, Kinki, Chugoku, Shikoku, et Kyusyu. Les individus de ces districts devraient appartenir à une même lignée dans la vision usuelle de l'évolution ( phylogénie basée sur la morphologie ). Les analyses génétiques ont montré au contraire qu'ils étaient issus de quatre lignées indépendantes également associées à des carabes plus petits et morphologiquement différents. Ainsi, les populations de *O. dehaanii* des régions de Wakayama et de Shikoku appartiennent à deux lignées différentes ayant divergé il y a plusieurs millions d'années ! Ce constat a également été fait chez *O. yacoinus*, *O. japonicus*, et *O. insulicola*.

Osawa a nommé ce phénomène « Parallel evolution in radiation » que nous pouvons traduire par « Evolution parallèle dans les radiations ». En conclusion de l'étude, il apparaît donc qu'une apparente continuité morphologique n'indique pas forcément une continuité dans l'évolution. Ainsi, deux spécimens peuvent avoir des morphologies similaires tout en ayant une divergence évolutive ancienne. On pensait que chaque bifurcation dans l'arbre phylogénétique signifiait une nouvelle spéciation. Cette découverte suggère que ce concept est invalide et invite à repenser ce qu'est « une espèce ».

L'article complet, très détaillé, est disponible ( en anglais ) sur Internet : [https://www.brh.co.jp/en/experience/communication/salon/h\\_network2.html](https://www.brh.co.jp/en/experience/communication/salon/h_network2.html). Ce travail a été publié en 1996 et depuis, de nombreuses recherches portant le plus souvent sur la phylogénie d'espèces du genre *Carabus* ont suivi. En 2001, une autre étude utilisant l'ADN nucléaire ( au lieu de l'ADN mitochondrial ) n'a cependant pas abouti aux mêmes résultats. L'équipe japonaise met en avant les phénomènes complexes d'isolement géographique et d'hybridation ( encore ! ) pour l'expliquer. La liste de leurs travaux est accessible sur [http://www.brh.co.jp/en/experience/research/lab/3\\_pl.html](http://www.brh.co.jp/en/experience/research/lab/3_pl.html).

Les choses semblent se préciser en 2006 avec une autre publication dans « *Entomologica Fennica* », par une équipe finlandaise cette fois. L'étude porte sur *Carabus* ( *Chrysocarabus* ) *splendens* et s'intéresse aux différences de comportement des marqueurs mitochondrial et nucléaire. La conclusion est que « Des analyses phylogénétiques portant sur des *Chrysocarabus* et utilisant différents marqueurs donnent des arbres phylogénétiques différents. En particulier, l'arbre issu du gène mitochondrial contredit les données morphologiques. Deux haplotypes très différents de *C. splendens* n'appartiennent pas au même clade dans l'arbre phylogénétique. Nous avons déjà proposé que ces résultats contradictoires étaient dus à l'introggression. Les différences entre les arbres basés sur les séquences mitochondriales et nucléaires peuvent être expliquées par au moins deux événements liés à une introgression. »

Il reste à compléter avec les travaux menés par l'équipe française de Jean-Yves Rasplus de l'INRA de Montpellier sur l'hybridation et l'introggression entre deux espèces de carabes forestiers ( *C. punctatoauratus* et *C. splendens* ). Ces insectes ont été étudiés en laboratoire par élevages et en populations naturelles par des marqueurs génétiques. Dans certaines zones des Pyrénées, il a ainsi été montré que 40 % des carabes étaient introgressés.

« Cette étude a montré que l'introgression pouvait avoir un impact fort sur les mesures de diversité intraspécifique pouvant entraîner des biais et mauvaises interprétations de l'évolution des populations, si on la néglige, et ce sur des espèces autochtones en sympatrie depuis des temps géologiques, les études similaires dans la littérature ayant porté plutôt sur des cas d'introgression d'une espèce autochtone par une espèce allochtone introduite accidentellement. »

Le lien Internet est [http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/streiff\\_progrech.htm](http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/streiff_progrech.htm)

L'objectif de cet article n'est pas d'établir des conclusions, mais d'apporter de nouveaux éléments de réflexion quant à l'évolution des êtres vivants. Une nouvelle donnée est désormais incontournable : c'est l'**introgression**. Il apparaît donc que la notion d'espèce reste floue, et que la barrière génétique entre deux espèces proches n'est pas forcément très étanche. La nature n'est pas simple, et chercher à la modéliser l'est encore moins...

### **Bibliographie :**

**DECOBERT O.**, 2006 - Hybridation et spéciation chez les carabes ( *Coleoptera Carabidae* ) - Bulletin de la Société Entomologique du Nord de la France **319** : 16-19.

**Düring A., Brückner M. & Mossakowski D.** 2006 : Different behaviour of mitochondrial and nuclear markers : introgression and the evolutionary history of *Chrysocarabus* ( *Coleoptera : Carabidae* ). - *Entomol. Fennica* **17** : 200-206.

**HOLLIDAY T.**, 2004 - Espèces d'hybrides - *La Recherche* **377** : 34-39.

**Su Z.-H., Tominaga O., Ohama T., Kajiwara E., Ishikawa R., Okada T.S., Nakamura K. & Osawa S.** ( 1996 ) - Parallel evolution in radiation of *Ohomopterus* ground beetles inferred from mitochondrial ND5 gene sequences. *J. Mol. Evol.* **43** : 662-671.

**PUISSEGUR C.**, 1964 - Recherches sur la génétique des Carabes, Supplément n° **18** à « *Vie et Milieu* » - Laboratoire Arago ( Banyuls-sur-mer ).

**STREIFF R., VEYRIER R., AUDIOT P., MEUSNIER S. & BROUAT C.**, 2005 - Introgression in natural populations of bioindicators : a case study of *Carabus splendens* and *Carabus punctatoauratus*, *Molecular Ecology*, **14** ( 12 ), 3775-3786.