

SUR LA FAUNE DE FRANCE

Mélanisme : formes et aberrations chez les lépidoptères (Insecta : Lepidoptera)

par Jean-Noël DUPREZ

Rue du buisson 19, B-4100 Seraing, Belgique
Jean-noel.duprez@ulg.ac.be

Résumé – Cet article, après avoir fait quelques rappels sur la pigmentation des lépidoptères, s'intéresse aux formes et aberrations « mélaniques » : types et cause. Il relate également une expérience visant à provoquer ce phénomène.

Mots-clés – Lépidoptères, pigmentation, formes, aberrations, mélanisme, biologie, expérimentation.

Melanism : shapes and aberrations in the Lepidopterous (Insecta : Lepidoptera)

Abstract – This article, after some recalls on Lepidopterous pigmentations, is interested by shapes and “melanic” aberrations : type and cause. It relates an experience aiming to give this result.

Keywords – Lepidopterous, pigmentation, shapes, aberrations, melanism, biology, experimentation.

I. Introduction

La littérature entomologique relate régulièrement la découverte d'individus sombres de telle ou telle espèce. Parfois ces individus, en général assez rares (ou parfois unique), se retrouvent régulièrement dans la population ou dans une localité.

Ainsi, chez la **Flavicorne** *Achlya flavicornis* (Linnaeus, 1758) (Drepanidae), une espèce du début de saison et normalement dans les tons gris et blanc, on a découvert, à partir des années soixantes, des individus parfaitement noirs dans la région des Fourons, en Belgique, et leur fréquence n'a cessé d'augmenter. Cette forme, nommée *obscura* par Spuller en 1908, constitue actuellement environ 50 % de la population totale locale. Ce n'est pas sans rappeler la « mythique » mutation de la **Phalène du Bouleau** *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) (Geometridae), près de Manchester, au début de l'ère industrielle.

On peut également noter que ces individus apparaissent plus souvent dans les élevages.

On rassemble tous ces papillons sous le terme d'« individus mélaniques ». Mais que signifie réellement ce terme ? Quels en sont les causes, les avantages et les inconvénients ? Cet article va tenter de répondre à ces questions.

II. La pigmentation des lépidoptères

Le mot « Lépidoptère » vient du grec *λεπιδος* (*lepidos*) qui signifie écaille et de *πτερος* (*pteros*) signifiant aile. En effet, chacun sait que les ailes des papillons sont totalement ou partiellement recouvertes d'écailles, ce qui donne sa couleur à l'insecte.

Ces écailles sont en fait des soies transformées et peuvent avoir deux structures :

- soit il s'agit simplement de « bulles » contenant un ou plusieurs pigments et c'est la juxtaposition des écailles qui donne leur ornementation aux papillons.
- Soit ces écailles sont finement nervurées ce qui provoque une décomposition de la lumière. Certaines radiations sont absorbés par un cristal « photonique » alors que d'autres sont renvoyées par l'écaille qui agit alors comme un miroir ce qui donne les couleurs vertes, bleues et toutes les colorations métallisées ou reflets des espèces dites « changeantes ».



Ecailles de *Biston strataria* (Hufnagel, 1767) grossies 400x. Cliché 1 de J.-N. Duprez.

Il est très fréquent que les soies allient les deux types de structure, donnant ainsi une coloration de base, modifiée par des reflets métalliques.

Le phénomène de « mélanisme » touchant seulement les pigments, je n'aborderai plus les écailles décomposant la lumière et m'intéresserai uniquement aux colorations pigmentaires. A ce propos, et afin de comprendre ce phénomène, je pense qu'un petit rappel est nécessaire.



Reflets métalliques du **Petit mars changeant** *Apatura ilia* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Nymphalidae). Cliché 2 de J.-N. Duprez.

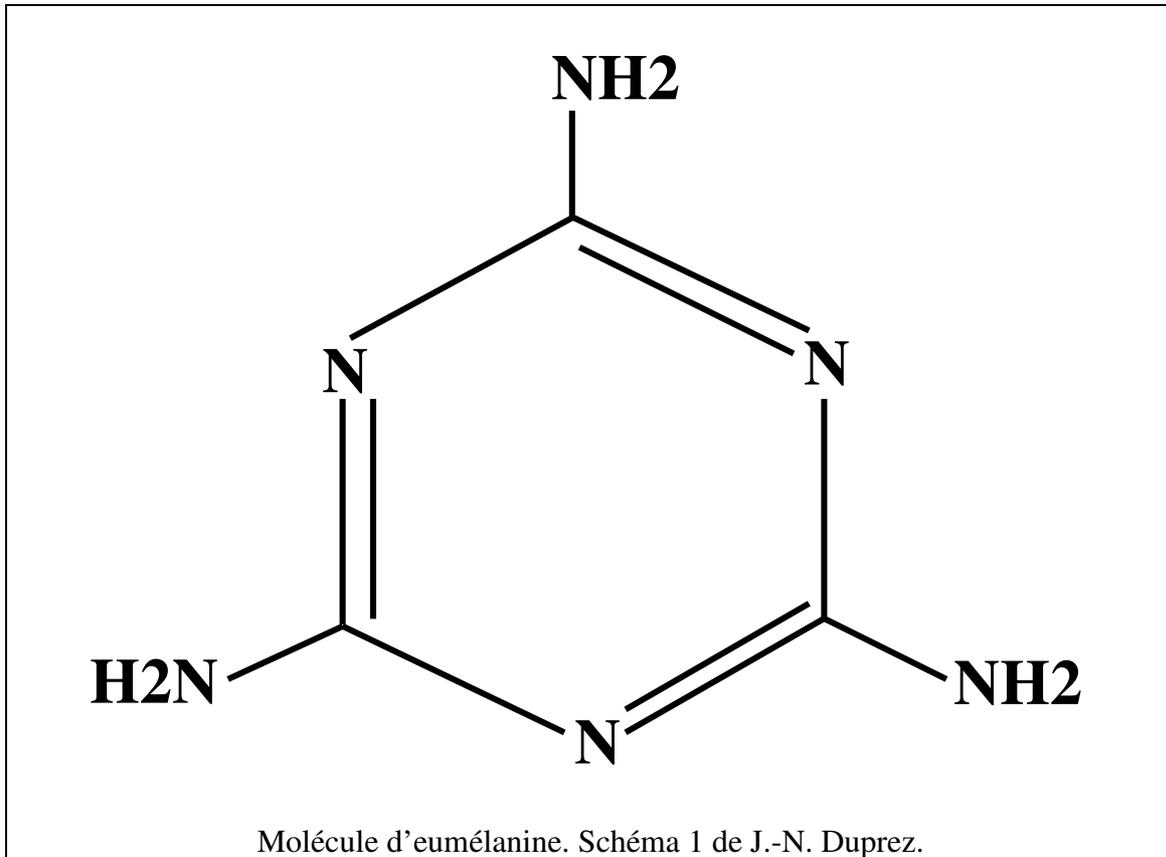
On peut classer les pigments des lépidoptères en trois catégories, en fonction de leur origines :

- le blanc provient de l'accumulation d'acide urique dans les cellules ou les écailles.
- Les jaunes et rouges vifs proviennent de la transformation de molécules proche des β -caroténoïdes ingérés par la chenille.
- Enfin les noirs plus ou moins soutenus, les bruns et les jaunes et rouges tirant sur le brun sont dus à l'accumulation de « mélanines » aux sens larges.

En fait, il faudrait parler de la famille des mélanines puisque c'est un ensemble de molécules proches.

A partir de la tyrosine (acide aminé cyclique), et à la suite d'une cascade métabolique que je ne détaillerai pas ici, il y a formation d'un précurseur qui va être transformé en **phaéomélanine** (de couleur jaune orangé/rouge) en présence de cystéine, ou en **eumélanine** (noire ou brune suivant le degré de polymérisation) quand il y a absence de cystéine. Brey *et al.* (2004) ont démontré que ces transformations sont catalysées par une enzyme, la phénoloxydase, et inhibées par une autre (de la famille des serpinines ou serine-protéase).

Ce sont les proportions de ces différents pigments qui donnent tous les tons de couleurs des lépidoptères.



III. Définitions

Je pense aussi qu'il faut revenir sur quelques définitions qui permettront une compréhension plus aisée de cet article.



Couleuvre verte et noire *Hierophis viridiflavus* (Linnaeus, 1758) mélanique (Colubridae). Cliché 3 de E. Biggi.

Si l'on consulte un dictionnaire au terme mélanique on peut lire : qui se rapporte à la mélanine, se dit d'un tissu ou d'une cellule imprégné de mélanine.

Or dans le langage naturaliste, on parle de variété mélanique quand il s'agit d'individus généralement entièrement noirs.

Cependant on vient de voir qu'il ne faut pas parler de la mélanine mais des mélanines et donc de nuances parfois très différentes du noir.

Par ailleurs, comme c'est souvent le cas dans la nature, il existe des cas partiels ou totaux.

Je propose donc d'utiliser les définitions suivantes et de parler d'individus « mélaniques », pour ceux présentant une coloration nettement sombre, et d'individus « mélanisants », pour ceux dont le patron tend vers un assombrissement partiel. Enfin, parlons de « pseudo mélanisme » quand il y a disparition des couleurs claires, ce qui revient à un assombrissement général de l'individu.

Il faut noter que si les individus mélaniques sont rares, les individus mélanisants sont beaucoup plus fréquents.

Par ailleurs, il faut différencier les formes des aberrations :

Une forme est un patron génétiquement stable à une fréquence plus ou moins élevée dans la population. Ce patron se transmet à la descendance. On parle par exemple de la forme *concolor* Staudinger, 1861 de l'**Orgie pudibonde** *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758) (Lymantriidae), *melaina* Gross, 1897 pour la **Hachette** *Aglia tau* (Linnaeus, 1758) (Saturniidae) ou encore *magdalenae* Reichl, 1975 pour le **Demi-deuil** *Melanargia galathea* (Linnaeus, 1758) (Nymphalidae) (cf. clichés).

Une aberration est un exemplaire isolé, accidentel dans la population. Le caractère n'est généralement pas transmis à la génération suivante. Ainsi, quelques exemplaires d'individus spectaculaires (que l'on peut compter sur les doigts de la main), très sombres, ont reçu les noms imagés de *satanas*, *diabolica* ou *lucifer* (voir clichés) ou encore *nigra*.

Par ailleurs, nous parlons souvent d'individus mélaniques ou mélanisants en ce qui concerne les imagos mais le phénomène existe également chez les larves comme le prouve certaine espèce comme le **Machaon** *Papilio machaon* Linnaeus, 1758 (Papilionidae). Mais comme le précise Lequet (<http://www.insectes-net.fr/machaon/machaon1.htm>) : « Les cas extrêmes sont relativement peu fréquents, et ils se rencontrent surtout chez les chenilles se développant tardivement, ce qui semble écarter toute origine génétique. Dans le même esprit, et croyez-moi je le regrette, il n'y a pas « transfert » de ce mélanisme au niveau du papillon. Autrement dit, il n'y aura pas de formes « *nigra* », c'est-à-dire de fabuleux et rarissimes Machaons noirs. »



Chenille de **Machaon** *Papilio machaon* (Linnaeus, 1758) (Papilionidae) mélanique. Cliché 4 de A. Lequet.

IV. Origines des formes et aberrations

Il apparaît donc que le phénomène de mélanisme à certainement plusieurs origines. En effet si le mélanisme des formes est assez bien connu, les aberrations posent des problèmes moins évidents à expliquer et nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses.

Mais étudions dans un premier temps le cas des formes :

Il est reconnu par l'ensemble de la communauté des lépidoptéristes que les populations d'altitudes ou celles de latitudes élevées sont généralement plus sombres que les formes de plaines (ce mélanisme n'étant souvent que partiel). Ce phénomène permet un réchauffement plus rapide de l'animal pendant la journée puisque le noir absorbe plus facilement les rayons solaires. Il s'agit donc d'une adaptation climatique qui est désignée sous le terme de **mélanisme d'altitude**. C'est un peu une variante d'une caractéristique du genre *Parnassius* Latreille, 1804 (Papilionidae) dont pratiquement toutes les espèces vivent en moyenne ou haute altitude et qui présentent une coloration noire du corps et de la base des ailes.

Je pense personnellement que c'est également l'explication des larves mélaniques de *P. machaon* de fin de saison. Il y a accumulation de mélanine afin de permettre un réchauffement donc un développement plus rapide des larves qui sans cela ne pourrait pas finir leur développement. L'espèce passant normalement l'hiver sous forme de chrysalide, l'excès de mélanine n'est plus indispensable pour accélérer la métamorphose et ne se retrouve donc pas chez l'imago. Cet excédent de pigment pourrait être contrôlé par des températures basses ou bien par une photopériode courte par exemple.

Ainsi, s'il est facilement compréhensible que le froid induise le phénomène de mélanisme, comment expliquer que la chaleur ou la sécheresse ait le même effet. En effet, la région du Frioul, en Italie, est riche en formes chromatiques dont des mélaniques : *Callimorpha dominula persona* (Hübner, 1790) (Artctiidae), *Melanargia galathea magdalenae* (Duprez, à paraître).

On pourrait en conclure qu'il existe donc une composante environnementale à un fait génétiquement programmé puisque ces variations sont transmises aux générations suivantes.

Car de nombreuses formes mélaniques sont génétiquement stables et s'expriment plus ou moins fortement selon les conditions et les populations.

On peut aussi citer le **mélanisme « industriel »** de *Biston betularia* : même s'il a été démontré que même si ce n'est pas la pollution qui a permis à la forme noire d'apparaître (puisque les formes noires existent également dans des biotopes non pollués), elle a permis une augmentation de sa fréquence dans la population (par pression sélective) et aussi de se stabiliser (les troncs des bouleaux n'étant plus noircis depuis longtemps, la proportion de formes noires n'ayant pas diminué en conséquence).

Enfin, il y a ce que j'appellerai le **mélanisme de population** illustré par exemple par les formes *ferenigra* Standfuss, 1910 et *melaina* d'Agliata tau potentiellement présentes dans toutes les populations mais ne s'exprimant que localement (Duprez, Bivert & Cluck, à paraître).

Il a cependant été prouvé que les formes mélaniques sont souvent récessives. Cela pourrait expliquer la relative rareté dans certaines espèces, dont le brassage génétique est important, ou bien au contraire la forte fréquence dans certaines populations isolées.

Quelles sont les causes de l'apparition de ces formes ? Certainement des mutations qui, ayant une utilité pour l'espèce, ont été conservées par l'évolution.

On vient de voir que les formes sont généralement contrôlées génétiquement mais comment expliquer l'existence des aberrations mélaniques ? Comme le précise la définition même d'une aberration, il s'agit bien d'accidents au cours du développement. Les aberrations mélaniques n'échappent pas à cette règle.

On ne peut émettre que des hypothèses, des pistes à étudier et je vais ici en proposer quelques unes :

- Mutation ponctuelle concernant les enzymes de synthèse des mélanines : une augmentation de la production de phénoloxydase ou une diminution de la serpine (ou bien la production d'un variant non fonctionnel de cette molécule) pourrait, en théorie, provoquer la mélanisation de l'individu. Si cette perturbation métabolique intervient lors de la nymphose, il en résulterait la formation d'un individu sombre. Cette mutation pourrait, par exemple, avoir lieu chez un individu soumis à un ensoleillement trop intense (les UV étant mutagènes).
- Modification de la nourriture : cette hypothèse bien que peu probable en milieu naturel a son intérêt en élevage où les formes mélaniques apparaissent plus fréquemment. On peut très bien imaginer une nourriture de qualité douteuse, forcée par des engrais ou par culture hors saison et dont la teneur en tyrosine serait augmentée, ce qui, toujours en théorie, pourrait provoquer une augmentation de la production de mélanine et donc le mélanisme. Dans le même axe d'idées, on a vu que la production d'eumélanine ou de phaéomélanine dépend de la présence ou de l'absence de cystéine. Admettons que l'alimentation n'apporte pas assez de cet acide aminé (par exemple à cause d'une congélation ou d'un séchage pour des élevages hors saison). Il en résulterait, si cette carence n'est pas létale, la production exclusive d'eumélanine et donc un assombrissement de l'animal. Cette hypothèse voit également son intérêt augmenté lors de l'utilisation de plante de remplacement n'ayant pas la même composition que la plante hôte habituelle de l'espèce. Par ailleurs, on pourrait aussi remarquer que l'aire de répartition d'une forme chromatique de la petite tortue (**Vanesse de Tyrrhénide** *Aglais urticae ichtnusa* Hübner, 1824 - Nymphalidae) coïncide presque parfaitement (à l'exception des Baléares) avec une espèce particulière d'ortie : l'**Ortie de Dodart** (*Urtica atrovirens* Req. ex Loisel, 1827 - Urticaceae) dont il serait intéressant de comparer la composition avec celle des autres orties.

- Effet secondaire : il a été prouvé que la mélanine joue un autre rôle chez les insectes, plus important que la simple coloration. En effet, les insectes possèdent un système immunitaire très différent du nôtre et dans le cas de parasitisme, il y a production de mélanine qui en enrobant le parasite permet une lutte efficace contre celui-ci ; ce phénomène est connu sous le nom d'encapsulation mélanotique. Ainsi on peut émettre l'hypothèse qu'une infestation parasitaire n'entraînant pas la mort de l'individu mais suffisante pour induire une surproduction de mélanine pourrait produire un individu mélanique.
- Cause environnementales : on a vu que les conditions environnementales, et en particulier le froid peuvent participer « régulièrement » au phénomène de mélanisme chez certaines espèces. On peut envisager une action plus « ponctuelle » sur d'autres espèces. Il est facile d'imaginer une chrysalide, mal protégée, subir le froid de manière anormale et donc de produire un individu noir ayant une aberration chromatique. Il en est de même pour la photopériode qui, si elle n'est pas adaptée aux besoins biologiques de l'espèce, pourrait produire des individus mutants aberrants.
- Toxicité de la mélanine : c'est une autre hypothèse qui est à envisager. Admettons que le phénomène de mélanisme soit beaucoup plus fréquent qu'on ne le croit mais que le fait d'être « mélanique » soit défavorable au niveau du développement de l'individu. En effet, Brey *et al.* (2004) ont démontré expérimentalement que l'hyperproduction de mélanine était létale chez certains moustiques et chez le **Ver à soie** *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Bombycidae). On peut émettre l'hypothèse qu'on obtiendrait les mêmes conséquences chez d'autres espèces sachant que, chez tous les lépidoptères, la production des mélanines est soumise à la même cascade métabolique et aux mêmes enzymes. Cela expliquerait la rareté des formes totalement noires, les quasi uniques aberrations mélaniques et la fréquence plus importante des individus mélanisants du fait de la moindre production de mélanines.

VI. Expériences

Quatre de ces hypothèses peuvent facilement faire l'objet d'expériences : les mutations ponctuelles, modifications de la nourriture, action du froid et de la photopériode.

Expérience n° 1

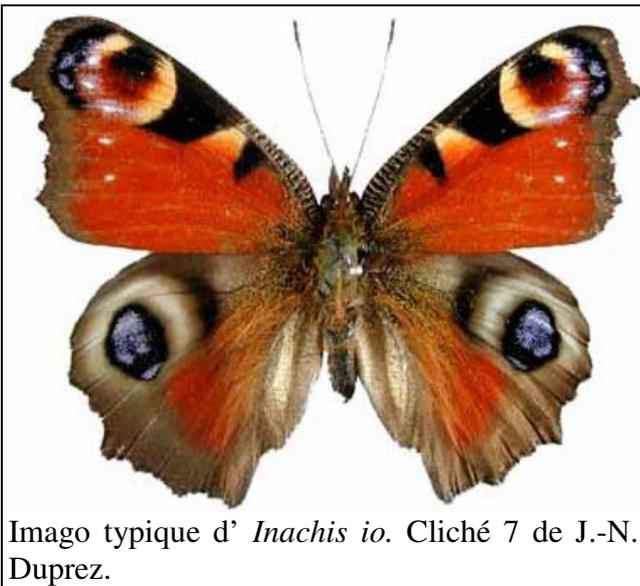
La plus simple à vérifier est l'action du froid. Ainsi, une première expérience a été réalisée par Frédéric Bivert, un ami (très bon) éleveur. En effet ayant lu un « protocole » sur Internet, je lui ai proposé l'expérience suivante :

Lors de l'été 2007, des chenilles de **Paon de jour**, *Inachis io* (Linnaeus, 1758) (Nymphalidae), espèce choisie pour son abondance près de chez lui (Martelange, Belgique, province du Luxembourg), sa facilité d'élevage et pour son taux d'aberration chromatique élevé (comme beaucoup de Vanesses) ont été élevées « normalement » jusqu'à la nymphose. Quelques minutes après leur formation et avant que la cuticule ne durcisse, les chrysalides sont soumis à de basses températures pendant une durée plus ou moins longues :

Lot	Nombre de chrysalides	Temps passé au Freezer (-4° C)	Temps passé au réfrigérateur (4° C)	Nombre d'individus aberrants
A	1	5 min	15 min	0
A	11	6 min	15 min	0
A	14	7 min	15 min	1
A	10	8 min	15 min	1
A	8	9 min	15 min	1
A	3	25 min	0	1
B	30	10 min	15 jours	1
B	72	10 min	14 jours	5
B	3	10 min	13 jours	1
B	1	10 min	12 jours	0

Je vous livre également les informations et observations qu'il m'a transmises : « Précisons que la mise en place des chrysalides dans le « freezer » se fait dès que la chenille s'est transformée en chrysalide, le plus tôt possible (...) et il faut faire attention à ne pas les tuer en les retirant du lieu de chrysalidation (...) c'est très fragile durant cet état ! Les placer sur du papier absorbant, à plat, dans des concavités afin d'éviter qu'elles ne tombent en se tortillant. Lors de la sortie du congélateur, il convient de les fixer sur un socle d'éclosion (similaire à ceux rencontrés dans les serres à papillons). Je les fixe (grâce à la soie de fixation de la chrysalide) avec une aiguille et du papier collant. Mettre le socle à température ambiante, mais plus le choc thermique est grand, plus cela semble efficace (...). Tous les spécimens « normaux » ont été relâchés, j'ai donc relâché beaucoup de papillons (...) mais il y avait aussi des malformations ! Conclusion : il faut être **le plus proche possible de la mort** pour avoir des exemplaires uniques (...) mais ce n'est pas facile ! Il faut suivre cela de près (...) il faut du temps ! »

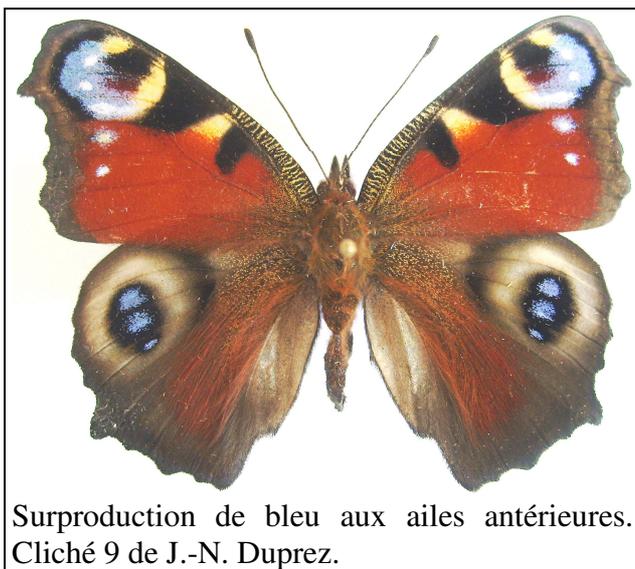
Les résultats furent donc plutôt bons ; en effet, à côté de nombreux individus tout à fait normaux, cette expérience a permis d'obtenir des exemplaires où le bleu (et parfois un peu le jaune) a plus ou moins disparu. Mais à notre grande surprise, elle a permis d'obtenir un imago avec une surproduction de bleu. Nous ne pouvons expliquer ce phénomène. On peut donc affirmer que la synthèse du pigment bleu peut être affectée par la température mais sans expliquer le désordre biologique occasionné puisqu'on obtient deux résultats inverses.



Imago typique d' *Inachis io*. Cliché 7 de J.-N. Duprez.



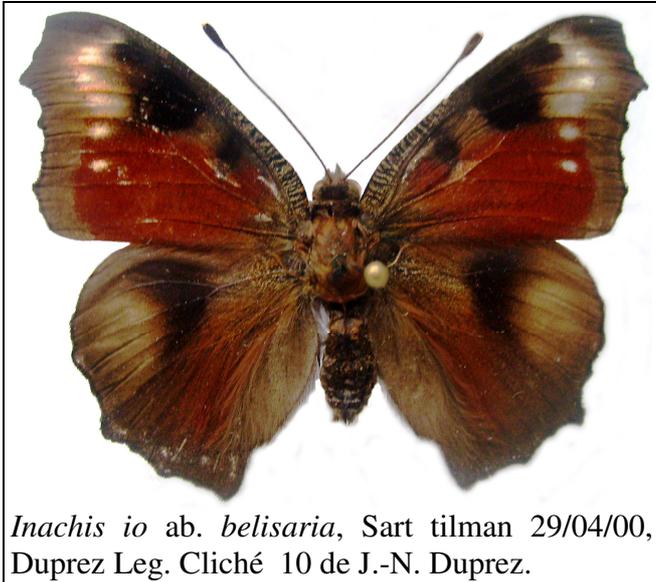
Disparition du bleu aux ailes postérieures. Cliché 8 de J.-N. Duprez.



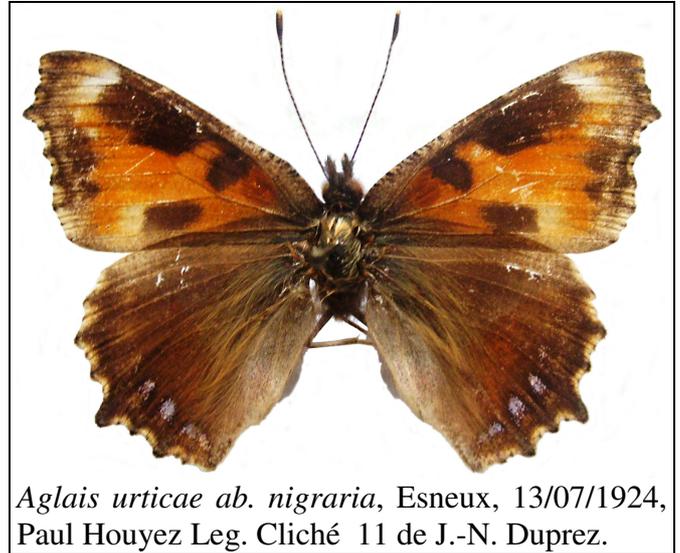
Surproduction de bleu aux ailes antérieures. Cliché 9 de J.-N. Duprez.

Il apparait donc que l'action de température basse, pendant un temps suffisant au moment de la nymphose, peut induire la naissance de formes pseudo-mélaniques en interférant avec la synthèse des couleurs claires. Ces

conditions ne sont pas exceptionnelles et peuvent se rencontrer naturellement de façon localisées (en altitude surtout), ce qui est prouvé par des exemplaires « naturels » comme par exemple *Inachis io* ab. *Belisaria* Oberthür, 1889, *Aglais urticae* ab. *semiichnusoides* (Pronin, 1928).



Inachis io ab. *belisaria*, Sart tilman 29/04/00, Duprez Leg. Cliché 10 de J.-N. Duprez.



Aglais urticae ab. *nigraria*, Esneux, 13/07/1924, Paul Houyez Leg. Cliché 11 de J.-N. Duprez.

Expérience n°2

La réussite de cette expérience, menée sur un petit échantillon, a encouragé Frédéric Bivert à recommencer l'expérience en 2009 en utilisant cette fois *Aglais urticae* (Linnaeus, 1758), autre Vanesse commune de la région de Martelange (Belgique, province du Luxembourg) et connue pour montrer des aberrations chromatiques.

Lot	Nombre de chrysalides	Temps passé au Freezer (-4° C)	Temps passé au réfrigérateur (4° C)	Nombre d'individus aberrants
C	6	10 min	15 jours	0
C	14	10 min	15 jours	0
C	6	10 min	15 jours	0

Il a subi de très nombreuses pertes aux cours de l'élevage. En effet, 70 chenilles ont été utilisées pour l'expérience. Seulement 26 ont atteint le stade nymphal et 10 donnèrent naissance à un imago. Par ailleurs, les chrysalides ayant éclosés n'ont donné que des individus normaux ou atrophiés. Il est intéressant de noter que deux espèces « proches » ne réagissent pas de la même façon lorsqu'elles sont soumises à des conditions identiques. C'est peut-être à mettre en relation avec les habitudes biologiques de chaque espèce. En effet,

Aglais uticae s'observe depuis le niveau de la mer jusqu'à de très hautes altitudes (de ce fait, capable supporter des températures très différentes) alors qu'*Inachis io* est plutôt un papillon de plaine et basse altitude.

Expérience n°3

Cependant les résultats de l'expérience de 2007 ont « titillé » ma curiosité et m'ont poussé à tester les autres hypothèses. Ainsi, j'ai testé l'hypothèse d'un apport supplémentaire en tyrosine et en cystéine sur l'espèce *Aglais urticae*. Trois lots de 15 très jeunes chenilles de la région de Gap (France, Hautes-Alpes) sont mis en élevage. Un lot sert de témoin, les deux autres lots sont nourris avec des orties (*Urticae dioica* Linnaeus) « enrichies ». Pour cela j'utilise des solutions de tyrosine et de cystéine à 2 % dont j'aspersionne les feuilles d'ortie que je laisse sécher avant de les présenter aux chenilles.

- Le lot témoin se développe normalement et donne 14 individus totalement normaux.
- Le lot cystéine ne donne aucun résultat. En effet, les chenilles refusent de s'alimenter. Au bout de deux jours, je décide de les réintroduire dans le lot tyrosine.
- Le lot tyrosine se développe légèrement plus lentement que le lot témoin mais la taille est normale. Le développement larvaire est normal. La nymphose se passe très bien mais c'est ensuite que la situation s'est dégradée. En effet, deux ou trois jours après la formation de la chrysalide, de nombreuses nymphes ont commencé à noircir, d'abord légèrement, puis très fortement faisant disparaître la coloration dorée des chrysalides. Un petit nombre (9 individus) n'a pas subi cette modification. Aucune des chrysalides noires n'a éclosé. En revanche, celles qui n'ont pas noirci, ont libéré des individus typiques.

Ces résultats ne peuvent être examinés de façon objective puisque j'ai mélangé un lot « tyrosine pur » avec le lot de chenilles ayant refusé de se nourrir d'orties enrichies en cystéine. Cependant, ils pourraient montrer qu'en effet, un excès de tyrosine pourrait être létal, ce qu'on pourrait associer à l'effet toxique d'une mélanisation.

Il faudrait maintenant tester d'autres hypothèses, et voici ce que j'envisage de réaliser :

- Elevage complet à basse température (4° C, au réfrigérateur)
- Elevage sous un rayonnement UV important (sous néons actiniques)

- Elevage complet en photopériode très courte (4 h de lumière/jour)

Les résultats de ces expériences feront, je l'espère, l'objet d'une autre publication.

VII. Conclusions

Le phénomène de mélanisme semble donc être le résultat d'une composante génétique, d'une composante environnementale ou d'une combinaison des deux ce qui est commun à de nombreux autres phénomènes biologiques.

Chez les espèces ne présentant pas habituellement des formes mélaniques (composante génétique), la composante environnementale semble être très importante puisqu'il est possible d'obtenir des formes pseudo-mélaniques assez facilement et il apparait également que l'alimentation pourrait jouer un rôle. Les expériences à venir permettront, je l'espère, d'obtenir de vraies formes mélaniques ou mélanisantes. Cependant leur rareté doit pouvoir s'expliquer par le pouvoir toxique de la mélanine.

Remerciements

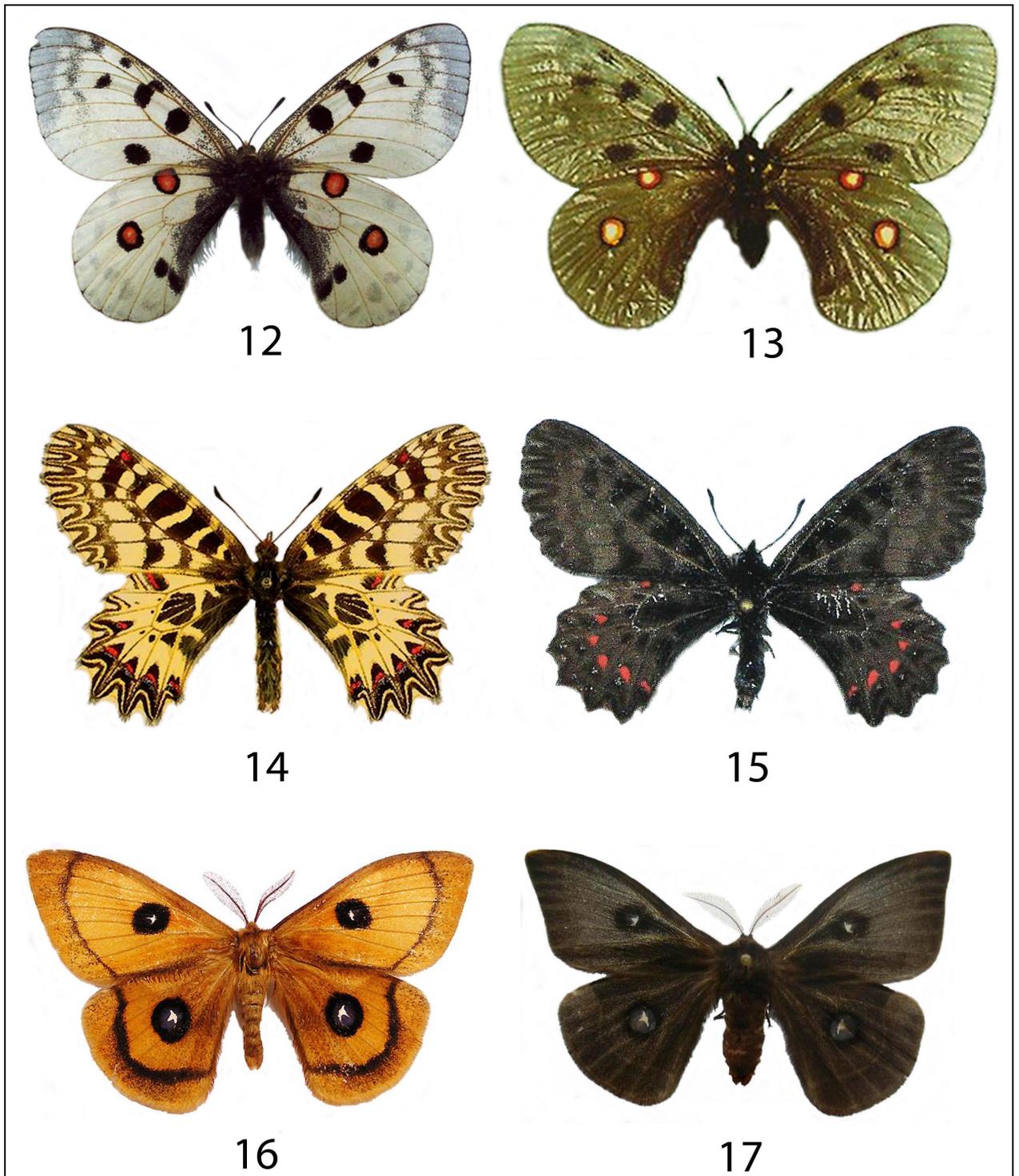
Je tiens ici à remercier plusieurs personnes pour leur collaboration : Pierre Cluck pour son aide toujours précieuse et Messieurs André Lequet, Jacques Manil, Jean-Claude Weiss, Emmanuel Biggi et Patrice Leraut (MNHN) pour m'avoir autorisé à utiliser leurs clichés.

Références

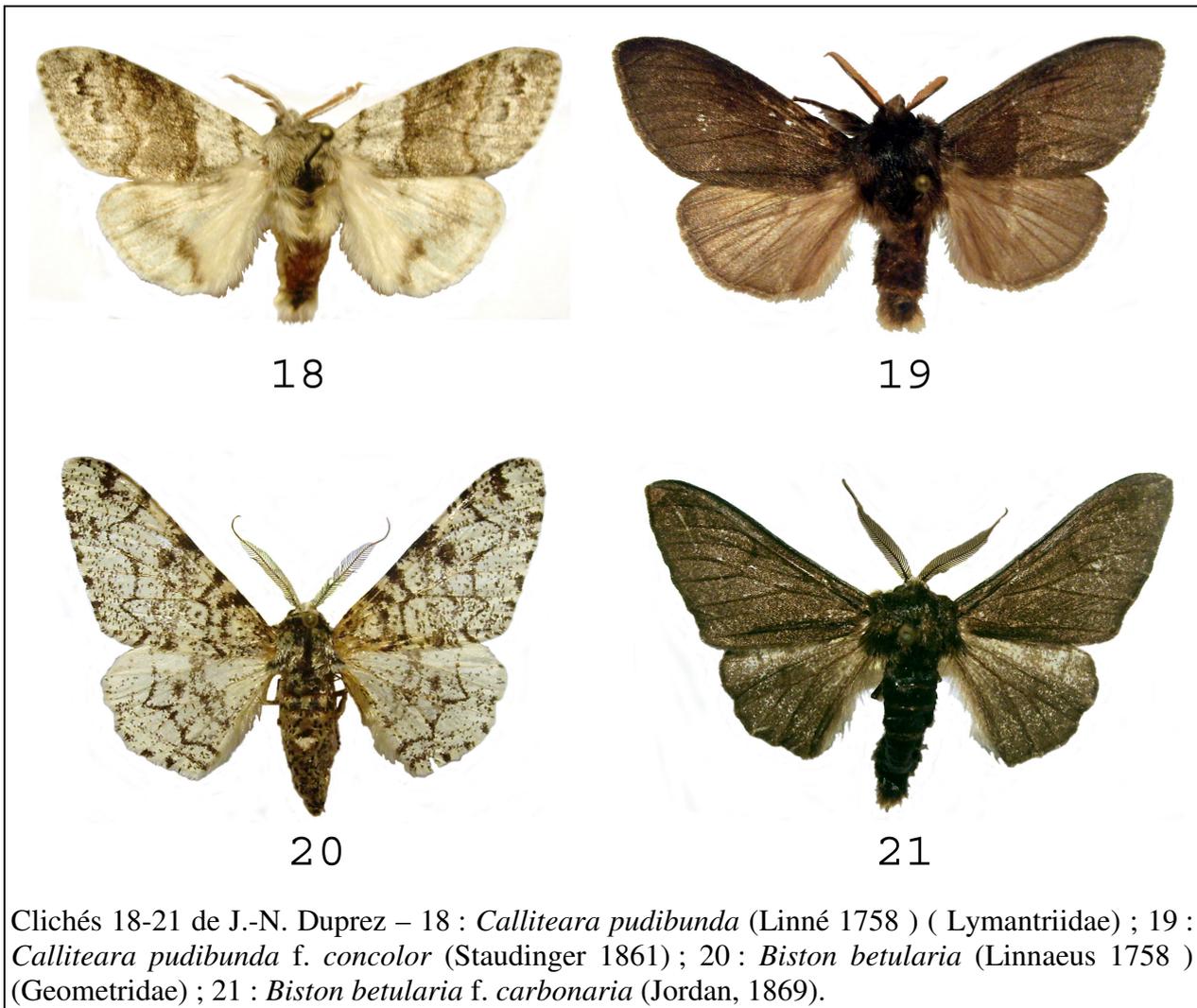
- CLUCK P. & DUPREZ J.-N., 2009. – *Variation de Achlya flavicornis – Lambillionea*, 109 (2) : 195-197
- DUPREZ J. N., à paraître. – Le frioul italien, une région aberrante (Insecta : Lepidoptera). – *Bulletin d'Arthropoda*.
- DUPREZ J.-N., Bivert F. & Cluck P., à paraître. – *Aglia tau* (Linnaeus, 1758) : génétique des formes nominales et ferenigra (Insecta, Lepidoptera : Saturniidae). – *Bulletin d'Arthropoda*.
- FORD E. B., 1937. – *Problems of heredity in the lepidoptera*. – Department of comparative anatomy, Oxford.
- LERAULT P., 1993. – *Les papillons dans leur milieu*. – Bordas : 256 pp.
- PRESTON-MAFHAM K. & PRESTON-MAFHAM R., 2001. – *Natural World of bugs and insect*. – Thunder Bay Press : 512 pp.

Références internet

- BREY P. et al., 2004. – *Rapport d'activités de l'Institut Pasteur, Biochimie et biologie moléculaire des insectes* : <http://www.pasteur.fr/recherche/RAR/RAR2001/Bbmi.html>
- <http://www.faunaeur.org>
- <http://www.insectes-net.fr/machaon/machaon1.htm>
- <http://www.nhm.ac.uk>
- <http://www.treknature.com/>



Clichés 12-14 & 16 de J.-N. Duprez, n° 15 de Schulte & Weiss – 12 : *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758) (Papilionidae) ; 13 : *Parnassius apollo* ab. *Satanas* ; 14 : *Zerynthia polyxena* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Papilionidae) ; 15 : *Zerynthia polyxena* ab. *diabolica* (Schulte & Weiss, 1991) ; 16 : *Aglia tau* (Linné, 1758) (Saturnidae) ; 17 : *Aglia tau* f. *melaina* (Groos, 1897).



Courriel d'Emmanuel Delfosse (Association Phyllie) : emmanueldelfosse@yahoo.fr
Site Internet d'Arthropoda (association Phyllie) : <http://arthropoda.free.fr/>

Courriel d'Olivier Dupont (Association GEA) : contact@gea-asso.fr
Site Internet du Groupe d'Etude des Arachnides (GEA) : <http://www.gea-asso.fr>

ARTHROPODA

Directeur de la publication & Rédacteur en chef : Emmanuel Delfosse (Entomologie, MNHN). Comité de lecture : Emmanuel Delfosse, Olivier Dupont (GEA), Etienne Iorio (Attaché au MNHN), Alexandre Lerch, Florian Thévenot (Conseiller scientifique). Editeur : **Groupe d'Etude des Arachnides (GEA)**, 20 Clos des perroquets, 94500 Champigny-sur-Marne, FRANCE & **Association Phyllie**, 6, Résidence Tournemire, 91940 Les Ulis, FRANCE. Imprimeur : Le Groupe d'Etude des Arachnides, chez Monsieur Olivier Dupont, 20 Clos des perroquets, 94500 Champigny-sur-Marne, FRANCE. Abstracted/Indexed in the Zoological Record. Date de parution : 12/2009. Dépôt légal : 12/2009. Numéro ISSN : 1630-1633. Prix : 20 Euros pour 4 numéros par an.

Pour commander d'anciens numéros : Emmanuel Delfosse, 6, Résidence Tournemire, 91940 Les Ulis, FRANCE ou emmanueldelfosse@yahoo.fr

Il est rappelé que le Directeur de la publication, les rédacteurs, le Comité de lecture, les Associations Phyllie et GEA ne sont aucunement responsables du contenu des articles du présent bulletin, les propos des articles et des annonces n'engagent que leur(s) auteur(s). Les adresses sont mentionnées afin de permettre, à ceux ou à celles qui le désirent, de donner une réponse directement à (ou aux) auteur(s). Cependant, le Comité de rédaction accepte de publier dans la rubrique, **La parole est à vous**, en droit de réponse, toute correspondance concernant les réactions aux opinions émises. Les articles devant paraître dans le bulletin d'Arthropoda sont soumis à une relecture pouvant amener de petites modifications du texte et de la présentation. Si l'article nécessite des modifications trop importantes ou est jugé non publiable, l'auteur sera contacté et l'article retourné pour correction. Le bulletin d'Arthropoda se réserve le droit de refuser un article. Le bulletin d'Arthropoda a la pleine liberté d'utilisation des articles, des dessins et des clichés après publication de ceux-ci. Les auteurs envoyant leurs articles, dessins et clichés au bulletin d'Arthropoda acceptent sans réserve ce règlement.