

# Frelon asiatique

## *Vespa velutina*, une espèce en danger d'extinction ?

par Janine KIEVITS

L'histoire a fait un petit « buzz » dans le monde apicole, sur les chaînes de radio et de télé ainsi que dans la presse locale et nationale : selon cette dernière, l'extension du frelon asiatique pourrait s'arrêter d'elle-même (Science et Avenir<sup>1</sup>), pourrait voir sa croissance ralentie (La Nouvelle République<sup>2</sup>), a loupé son installation en France (Le Nouvel Obs<sup>3</sup>).

Bientôt la fin du frelon félon ? C'est à voir. Il vaut la peine de se pencher sur l'étude scientifique, base de ces nouvelles encourageantes, pour apprécier les assises sur lesquelles reposent ces articles de presse. Allons-y donc. Si la génétique apicole n'a pour vous aucun secret, si la diploïdie ou l'homozygotie vous sont familières, entrez tout de suite dans l'article qui suit. Dans le cas contraire, la lecture de l'encadré pages suivantes vous fournira en un clin d'œil les bases pour ce faire.

C'est pour en savoir plus sur les signatures chimiques et les parasites éventuels de *Vespa velutina* que des chercheurs de l'Université de Tours en ont échantillonné une trentaine de nids entre 2012 et 2014, principalement dans l'Indre-et-Loire<sup>4</sup>. Ils se sont ainsi aperçus, par hasard, qu'une majorité de colonies produisaient un nombre non négligeable de mâles au printemps, ce qui est anormal, car dans le cycle de vie de cet insecte les reproducteurs n'apparaissent qu'en fin de saison. Seconde anomalie, ces mâles précoces sont diploïdes, dans leur écrasante majorité (97 % des mâles échantillonnés). Par ailleurs, les mâles produits entre septembre et décembre, à la saison normale donc, sont également majoritairement diploïdes (72 % des mâles échantillonnés).

Cette observation, la première de ce genre, vient de faire l'objet d'une publication de chercheurs de Tours et d'un chercheur de l'université de Bruxelles (Darrouzet *et al.* 2015). L'article est de

1 – <http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/20151021.OBS8042/l-invasion-du-frelon-asiatique-pourrait-s-arreter-d-elle-meme.html>

2 – <http://www.lanouvelrepublique.fr/Indre-et-Loire/Actualite/24-Heures/n/Contenus/Articles/2015/10/19/Frelon-asiatique-des-chercheurs-de-Tours-demontrant-que-sa-croissance-pourrait-etre-ralentie-2505480>

3 – <http://leplus.nouvelobs.com/contribution/1439236-vers-une-disparition-du-frelon-asiatique-pas-encore-mais-son-expansion-pourrait-ralentir.html>

4 – Source : cf. note 1.

## Diploïde késako ? La génétique apicole pour les nuls

Tous les êtres vivants, végétaux ou animaux, possèdent un patrimoine génétique hérité de leurs parents, et contenu dans une molécule, clé de la vie : l'acide désoxyribonucléique, ADN pour les intimes.

L'ADN se trouve dans les noyaux des cellules<sup>5</sup>, généralement sous forme de longs fils entremêlés ; toutefois lorsque les cellules se multiplient, ce qu'elles font en se divisant (elles sont un peu brouillées avec l'arithmétique), leur ADN s'enroule sur lui-même pour former des bâtonnets de forme et de structure caractéristiques de l'espèce : les **chromosomes**. On parle donc généralement de patrimoine génétique en termes de chromosomes, car ceux-ci constituent la forme la plus lisible de l'ADN ; et en termes de **gènes**, ces morceaux de chromosomes qui définissent, ou contribuent à définir une caractéristique donnée de l'individu.

Chez nous, vertébrés, les chromosomes (et donc les gènes) vont par paires dans quasiment toutes nos cellules ; dans chaque paire, l'un est hérité du père et l'autre de la mère. Les chromosomes et les gènes d'une même paire sont semblables en structure mais diffèrent par le « message » que véhicule leur ADN ; les gènes existent ainsi en différentes versions, qui sont appelées allèles. Un gène – quel que soit l'**allèle** - occupe toujours la même position – qu'on appelle le **locus** – sur un même chromosome.

Font exception à cette règle les cellules sexuelles, ovules ou spermatozoïdes ; issues d'une division cellulaire particulière elles ne contiennent qu'un seul jeu de chromosomes, hérités en mélange du père et de la mère : les chromosomes de ce jeu unique sont en effet pêchés au hasard dans les deux jeux initiaux et, cette "pêche" étant particulière à chaque cellule, les cellules sexuelles d'une même personne diffèrent entre elles. Pour visualiser ce mécanisme, on pourrait considérer, en première approche, nos chromosomes comme des cartes à jouer, dont nous avons reçu deux jeux lors de la conception. Pour former chaque cellule sexuelle, nous tirons au hasard un jeu unique et complet des deux jeux initiaux, rebattus à chaque fois. Nous en offrons un à nos enfants, l'autre venant de notre partenaire. Et ce système recommence à chaque génération.

Il en va autrement des abeilles. Chez celles-ci, les femelles, reines et ouvrières, héritent bien d'un jeu de chacun de leurs parents, et chez elles comme chez nous les chromosomes vont par paires – on dit qu'elles sont, comme nous, **diploïdes**. Les mâles au contraire sont issus d'œufs non fécondés ; ils ne disposent donc que d'un seul jeu de chromosomes, ils sont **haploïdes**. L'arbre généalogique de l'abeille est donc un peu particulier (schéma 1). Lorsqu'elles forment leurs œufs, les femelles

<sup>5</sup> - Il s'en trouve aussi dans les mitochondries, les petits organites cellulaires qui produisent l'énergie de la cellule. Cet ADN mitochondrial n'est transmis que par la mère, ce qui a de nombreuses implications qu'utilisent les généticiens – c'est notamment l'étude de l'ADN mitochondrial qui a leur permis de dire que l'invasion française du frelon asiatique est partie d'un nombre très petit de femelles.

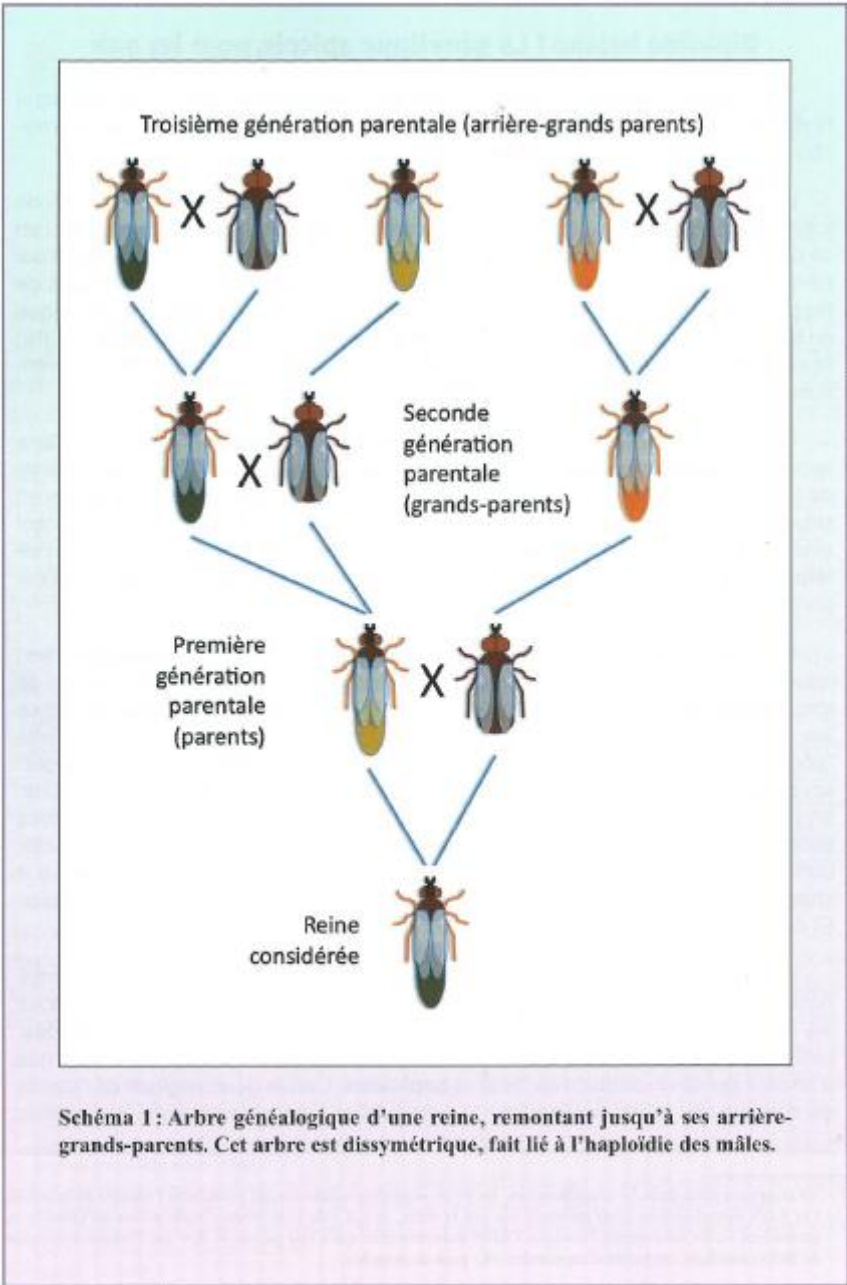


Schéma 1 : Arbre généalogique d'une reine, remontant jusqu'à ses arrière-grands-parents. Cet arbre est dissymétrique, fait lié à l'haploïdie des mâles.



tirent au hasard un jeu de chromosomes de leurs deux jeux personnels ; mais les mâles ne peuvent que livrer leur jeu unique, toujours le même, à tous leurs spermatozoïdes. Seules les femelles, donc, « battent les cartes » et produisent des mélanges nouveaux de chromosomes ; les mâles ne font que dupliquer leur héritage de départ. Génétiquement parlant, les faux-bourdons peuvent donc être vus comme des sacs de spermatozoïdes envoyés par une reine à une autre reine. Ce fait a de nombreuses implications pratiques en matière de sélection de l'abeille ; nous aurons l'occasion d'y revenir.

La manière dont se détermine le sexe de la progéniture varie aussi fortement entre l'abeille et nous. Chez nous, il existe deux types de chromosomes sexuels : les X et les Y, désignation qui vient de leur forme. Tout enfant qui hérite de deux chromosomes X sera une fille ; l'enfant qui hérite d'un X et d'un Y sera un garçon. C'est donc le spermatozoïde qui va décider du sexe de l'enfant ; la mère, n'ayant que deux X, lègue fatalement un X ; le père lègue tantôt un X, tantôt un Y, selon ce qu'il a pêché dans ses deux jeux de chromosomes personnels<sup>6</sup>.

Chez l'abeille, il existe bien plus de types différents de chromosomes sexuels, ou plus exactement d'allèles sexuels car c'est un gène, situé sur le **sex locus** du chromosome n° 3, qui détermine le sexe chez celle-ci<sup>7</sup>. L'individu qui hérite au niveau du sex locus de deux allèles différents (on le dit alors **hétérozygote**) sera une femelle ; dans tous les autres cas ce sera un mâle. Les œufs haploïdes donnent donc d'office des mâles, puisqu'il n'y a qu'un seul allèle sexuel ; les œufs diploïdes, si les deux allèles sexuels sont identiques (on les dit alors **homozygotes**), donneront des mâles diploïdes (schéma 2). Ces mâles ne se développeront jamais : les ouvrières dévorent les larves peu après l'éclosion<sup>8</sup>. Il en résulte un couvain percé de trous, « en tête de poivrier ». On parle aussi de « couvain lacunaire ». Une reine d'abeilles est fécondée par une petite vingtaine de mâles en moyenne. Plus grand est le nombre de ces mâles dont l'allèle sexuel est identique à l'un des deux que possède la reine, plus il y aura de mâles diploïdes et donc de trous dans le couvain ; une situation dont la probabilité est proportionnelle au degré de consanguinité entre les mâles et la reine. Les mâles diploïdes constituent donc un indicateur de consanguinité au sein d'une population d'abeilles – et d'hyménoptères en général.

6 – Chez les vertébrés mâles la paire de chromosomes sexuels est donc dissymétrique, alors qu'elle est symétrique chez les femelles, comme toutes les autres paires.

7 – Combien ? Un certain nombre... Les publications scientifiques divergent en effet à ce propos, citant des chiffres allant de 12 à 19.

8 – Voir la page consacré aux mâles diploïdes sur le site « Honeybee » d'Adam Tofiski, scientifique polonais de l'université agricole de Cracovie : <http://honeybee.drawing.org/book/diploid-drones>.

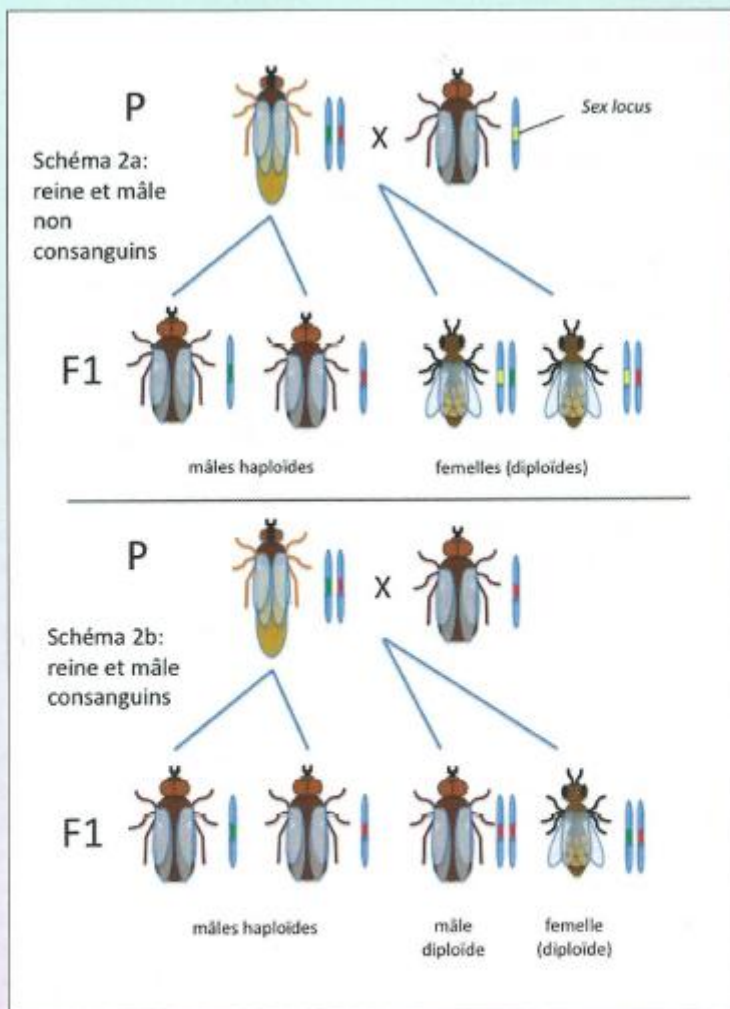


Schéma 2 : Déterminisme du sexe de l'abeille, selon que le chromosome sexuel du père diffère ou non de ceux de la mère (voir le texte).

grand intérêt, car ces anomalies soulèvent une série de questions qui intéressent le devenir de l'espèce en Europe.

### Les mâles diploïdes, une charge

La production de mâles diploïdes, anomalie chez les hyménoptères, n'en est pas moins commune chez ceux-ci. Tous ces mâles diploïdes n'ont pas le même destin : chez l'abeille leur mort est assurée, les ouvrières se chargeant d'en éliminer les larves à peine écloses. Il n'en va pas de même chez toutes les espèces, et des études antérieures ont déjà montré que certaines d'entre elles pouvaient produire des mâles diploïdes tout à fait viables, capables de se reproduire et d'engendrer des individus normaux<sup>7</sup>. Mais c'est là l'exception : généralement, les mâles diploïdes sont soit non-viables, soit viables mais stériles. Cette stérilité peut être due aux causes les plus variées : selon les espèces, ils sont incapables de copuler, ou incapables de produire du sperme, ou bien leur sperme est incapable de féconder l'œuf, ou encore ils sont capables d'engendrer, mais leur descendance est génétiquement anormale (triploïde) et par là infertile (Heimpel et de Boer 2007). Ces mâles diploïdes représentent donc un coût énergétique pour l'espèce, puisque les colonies dépensent de l'énergie à élever des individus qui prennent la place des ouvrières mais n'apportent rien ni en termes de production, ni en termes de reproduction.

### Les dangers de la consanguinité

Ce n'est pas tout : la présence des mâles infertiles au sein d'une population d'hyménoptères est un signe certain de consanguinité. Les populations européennes de *V. velutina* seraient donc génétiquement appauvries. On pouvait s'y attendre, l'invasion européenne provenant de l'introduction d'un nombre très réduit de femelles, voire d'une fondatrice unique, comme le montrent les études de génétique appliquées aux populations françaises (voir notamment Arca *et al.* 2015<sup>8</sup>). Or la consanguinité n'est pas favorable au bon développement d'une espèce, et il y a deux raisons à cela.

Voyons la première : au sein d'une espèce quelle qu'elle soit, il existe toujours, et il apparaît régulièrement par mutation, des gènes délétères dont l'expression débouche sur l'anomalie voire sur la mort de l'individu. Ces gènes se propagent néanmoins, car généralement ils ne s'expriment pas, étant « couverts » par l'allèle correspondant. Plus il y a de consanguinité au sein d'une population, plus est grande la probabilité que deux gènes délétères se retrouvent conjointement chez un même individu, et que donc cet individu soit frappé d'une tare. La seconde est en quelque sorte la réciproque de la première : si, au sein d'une population consanguine, il y a plus de chances d'avoir une mauvaise combinai-

7 – Cowan & Stahlhut (2004) l'ont montré pour la guêpe solitaire *Euodynerus foraminatus*; Elias et collègues (2009) pour le parasitoïde *Cotesia glomerata*.

8 – Cette étude porte aussi sur les populations coréennes, la Corée ayant comme la France fait l'objet d'une invasion par *V. velutina* à partir d'un nombre très restreint de fondatrices.





son génétique, il y a aussi moins de chances d'en avoir une bonne : les combinaisons hétérozygotes favorables à l'espèce y sont proportionnellement moins fréquentes.

Ces deux phénomènes peuvent impacter la morphologie des individus, et surtout, bien plus fréquemment, leur histoire de vie, notamment leur longévité et leur capacité à se reproduire. Il en résulte un affaiblissement de la population, ce qu'on appelle une « dépression de consanguinité ». Et les problèmes ne s'arrêtent pas là : une population dont le pool génétique est réduit perd sa capacité à évoluer pour s'adapter à son environnement et aux mutations de celui-ci, car elle n'a pas assez de cartes génétiques dans son jeu pour y faire face. Enfin, la pression de sélection est moindre au sein d'une population réduite, ce qui permet la propagation de gènes qui, sans être létaux, ne sont pas favorables à

l'espèce. Ces phénomènes ont été largement étudiés dans le cadre des politiques de conservation de la nature. Les espèces menacées sont en effet précisément celles dont le nombre d'individus est en chute, avec pour conséquence une perte de diversité génétique aboutissant à la consanguinité ; et celle-ci, par le cumul des problèmes qu'elle engendre, constitue une cause majeure, sinon la cause première, d'extinction des populations (voir notamment Frankham 2005, Wright *et al.* 2008).

### **En voie d'extinction, le frelon ?**

Notre frelon asiatique serait donc en mauvaise posture : la présence massive de mâles diploïdes, et l'anomalie reproductive que représente leur présence hors saison, montrent que les effets de la consanguinité sont en marche, et pourraient bien le menacer d'extinction.

Pourraient... On reste là au conditionnel. Car tout cela ne sont que des modèles. Et ces modèles souffrent des exceptions. Il est en effet des cas où l'étranglement génétique lié à l'invasion a été favorable à l'expansion de l'espèce ; ainsi par exemple, des chercheurs ont montré que chez une fourmi invasive (la fourmi d'Argentine *Linepithema humile*), la réduction de la diversité génétique a eu pour conséquence une diminution de l'agressivité intraspécifique, et corollairement la formation de supercolonies dominantes celles des espèces concurrentes (Tsutsui *et al.* 2000). Revenant au frelon asiatique, il est possible aussi que la polyandrie de ses reines lui permette de compenser les effets délétères de la consanguinité (Arca *et al.* 2015) ; les reines de *V. velutina* s'accouplent en effet avec plusieurs mâles (4,6 en moyenne), fait rare chez les Vespidae (chez *V. crabro*, le frelon européen, la polyandrie n'est qu'occasionnelle). Il se pourrait encore que les mâles haploïdes élevés en début de saison (minoritaires par rapport aux diploïdes, mais tout de même bien présents) jouent un rôle dans la permanence de l'espèce, par exemple en copulant avec les reines vierges qui auraient survécu à l'hiver... Ces hypothèses pourraient expliquer la réalité que nous ne connaissons que trop bien : jusqu'à présent les populations du frelon ne cessent de s'étendre. Mais cette expansion continue ne signifie pas non plus qu'il soit sauvé ! La consanguinité est en effet une bombe à retardement : les effets cumulés des mutations délétères et de la diminution de la pression de sélection mettent des générations à se manifester ;

or, de générations, le frelon n'en fait qu'une par an. Il n'est donc pas impossible que ses errements reproductifs soient le signe d'un mal qui en mine peu à peu l'espèce.

Il est donc trop tôt pour tirer des conséquences pratiques de la découverte rapportée ici ; mais une nouvelle voie de recherches est ouverte, qui pourrait nous en apprendre plus sur les stratégies de reproduction du frelon ; et nous permettre par là d'affiner les moyens à entreprendre pour en maîtriser l'expansion.

### Bibliographie

- Arca M., Mougel E., Guillemaud T., Dupas S., Rome Q., Perrard A. *et al.*, 2015 : Reconstructing the invasion and the demographic history of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Europe, *Biol. Invasions* 17: 2357–2371 ; doi: 10.1007/s10530-015-0880-9.
- Cowan D. P., Stahlhut J. K., 2004 : Functionally reproductive diploid and haploid males in an inbreeding hymenopteran with complementary sex determination. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 101 (28): 10374–10379. PMID: 15232002.
- Darrouzet E., Gévar J., Guignard Q. et Aron S., 2015 : Production of Early Diploid Males by European Colonies of the Invasive Hornet *Vespa velutina nigrithorax*. *PLoS ONE* 10 (9): e0136680 doi: 10.1371/journal.pone.0136680.
- Elias J., Mazzi D., Dorn S., 2009 : No need to discriminate? Reproductive diploid males in a parasitoid with complementary sex determination. *PLoS ONE* 2009; 4 (6): e6024. doi: 10.1371/journal.pone.0006024 PMID: 19551142.
- Frankham R., 2005 : Genetics and extinction, *Biol. Cons.* 126 (2): 131–140.
- Heimpel G. E. et de Boer J. G., 2008 : Sex determination in the *Hymenoptera*. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 209–230. PMID: 17803453.
- Tsutsui N. D., Suarez A. V., Holway D. A., and Case T. J., 2000 : Reduced genetic variation and the success of an invasive species, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97 (11): 5948–5953. PMID: 118539.
- Wright L. L., Tregenza T., Hosken D. J., 2008 : Inbreeding, inbreeding depression and extinction, *Cons. Genet.* 9: 833–843. ■