



**HAL**  
open science

## SDHI : ces pesticides agricoles qui inquiètent les scientifiques

Jean-Marc Bonmatin, Camille Pasquet, François Chamaraux, Laurence Huc

► **To cite this version:**

Jean-Marc Bonmatin, Camille Pasquet, François Chamaraux, Laurence Huc. SDHI : ces pesticides agricoles qui inquiètent les scientifiques. *Abeille de France et l'Apiculteur*, 2025, 1130, pp.31-33. hal-04890980

**HAL Id: hal-04890980**

**<https://hal.science/hal-04890980v1>**

Submitted on 17 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'ABEILLE

de France et l'Apiculteur



# 2025

BONNE ANNÉE !



- / Évaluation des pesticides
- / Lutte contre le frelon asiatique
- / Conférences apithérapie



## SDHI : ces pesticides agricoles qui inquiètent les scientifiques

Le réseau de scientifiques indépendants Holimitox (<https://holimitox.fr/>) a organisé sa journée de restitution sur les risques des SDHI pour l'environnement, la biodiversité et la santé, le 7 novembre dernier, dans les prestigieux locaux de l'Institut d'Études Avancées de Paris. Holimitox regroupe seize laboratoires de recherches nationaux qui représentent des disciplines aussi variées que la biologie, la chimie, la toxicologie, la neurologie, l'oncologie, les maladies des organes (foie, reins, intestins, etc.) ainsi que l'agronomie, l'économie et la sociologie des sciences.

### Les SDHI, quésaco ?

Les SDHI sont des pesticides, principalement antifongiques, qui inhibent le fonctionnement d'une protéine : la succinate déshydrogénase (d'où leur nom de *Succinate DeHydrogenase Inhibitors* : SDHI). Cette protéine SDH est souvent appelée le complexe II de la chaîne respiratoire des mitochondries. Elle est un rouage essentiel de la respiration et de la production d'énergie des cellules (Figure 1). En agriculture, les SDHI ciblent les champignons ou les moisissures. Leur usage s'est diversifié par le nombre croissant de molécules mises sur le marché, tandis que les indicateurs NODU<sup>1</sup> (nombre de doses unités) sont en forte croissance en France. Ce sont deux premiers éléments d'inquiétude.

Les premiers SDHI sont apparus dans les années 1970-80, mais leur spectre d'action était limité. Les molécules actives étaient la carboxine, l'oxycarboxine, le bénomil, le fenfuram puis le mépronil. Leurs usages principaux visaient la désinfection des semences et les maladies du riz. Ces SDHI ciblaient principalement les champignons de la famille des basidiomycètes (*Puccinia* sp, *Rhizoctonia* sp, *Ustilago* sp, *Thyphula* sp et *Tilletia* sp). Ces molécules ne sont plus autorisées aujourd'hui en France. Les anciens SDHI ont été remplacés par de nouvelles mo-

lécules dont le spectre d'action a été élargi aux ascomycètes (*Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria* sp, *Septoria tritici*, *Monilinia* sp), au-delà des basidiomycètes. Ces nouveaux SDHI répondent à une volonté de diversifier les fongicides pour lesquels des phénomènes de résistance généraient parfois des impasses agronomiques. Ce sont le boscalid, le penthiopyrad, le fluopyram, le penflufen, le sedaxane, le bixafen et l'isopyrazam. Principalement utilisés sur les céréales et le colza, ainsi qu'en maraîchage et viticulture, ces SDHI sont très souvent combinés à d'autres familles de pesticides (triazoles et/ou strobilurines). Ces combinaisons de molécules constituent un troisième élément d'inquiétude. Enfin, certaines substances sont commercialisées comme nématicides

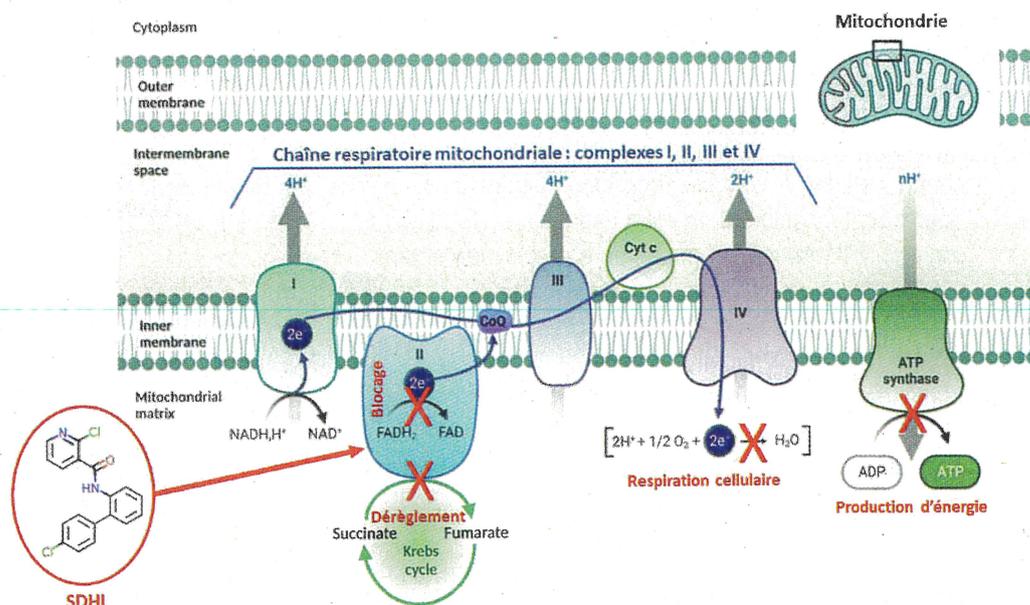


Figure 1 : Mode d'action des SDHI sur la SDH (complexe II) de la chaîne respiratoire des mitochondries. L'inhibition du fonctionnement du complexe II entraîne un dysfonctionnement du cycle de Krebs, de la respiration cellulaire et de la production d'énergie. Cela conduit à la mort du champignon ciblé en agriculture. Schéma adapté de DUARTE HOSPITAL et al., 2023.

<sup>1</sup> <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-le-nodu>

(fluopyram) ou acaricides (cyflumétofen). C'est un quatrième élément d'inquiétude, puisque cela montre que l'action des SDHI n'est pas forcément restreinte aux espèces fongiques. Notons enfin que sur les 23 SDHI enregistrés au niveau mondial, 11 molécules restent encore homologuées en Europe.

## Les SDHI et les abeilles

On pourrait s'attendre à ce que les SDHI n'aient aucun effet direct sur les abeilles puisqu'ils ne sont pas classés comme insecticides. Pourtant, les études d'exposition chronique des abeilles avec du boscalid ont révélé qu'à une dose assez élevée, la totalité des abeilles meurent sous 10 jours. À une dose quatre fois plus faible, le même résultat est atteint en une vingtaine de jours. Enfin, même en divisant la dose par 16, la surmortalité atteint 50% après trente jours d'exposition (SIMON-DELISO *et al.*, 2018). Ce résultat est confirmé lorsqu'on compare le risque toxique pour les abeilles de l'ensemble des fongicides sur le marché français, grâce au logiciel TOXIBEES<sup>2</sup>. Ce logiciel libre a été développé par le *Label Bee Friendly* en collaboration avec le CNRS, l'INRAE et l'ITSAP. En écrivant « boscalid » dans l'onglet des substances actives, vous verrez apparaître son toxiscore : C à la limite du D (zone rouge). Bref, pas du tout sans risque pour les abeilles ! Le boscalid est un SDHI et il se trouve être le pire de tous les fongicides pour les abeilles (Figure 2). C'est un cinquième élément d'inquiétude. Par ailleurs, il a été démontré qu'il peut y avoir des effets synergiques entre fongicides et insecticides ; les premiers pouvant augmenter la toxicité des seconds pour les abeilles. Qu'en est-il des fongicides SDHI en combinaison avec les insecticides largement répandus dans nos campagnes ? C'est un sixième élément d'inquiétude.

## Les SDHI sont partout

Il faut bien comprendre que ce n'est pas seulement la toxicité d'une substance qui établit un risque élevé, mais également l'exposition des abeilles à cette substance, en termes de dose et de durée. Nous avons fait une revue exhaustive de la littérature scientifique à ce sujet pour mieux décrire et comprendre la contamination de l'environnement. Les SDHI ont été mesurés dans les sols à des teneurs très variables selon les conditions de culture et les régions du monde. Les trois principaux contaminants SDHI sont : le boscalid, le fluopyram et le fluxapyroxad, auxquels s'ajoute le thifluzamide hors Union Européenne (traitement du riz). Ici les teneurs vont de la limite de détection ( $10^{-11}$  gramme de substance par gramme de sol) à 100 000 fois plus ( $10^{-6}$  g/g). De cette contamination parfois très élevée dans les sols, découle celle des eaux de surface. Sans surprise, le triste podium est occupé par le boscalid, le flutolanil et le fluopyram. Pour comparaison, ils sont respectivement trouvés dans les eaux de surface jusqu'à 40 000, 5 000 et 300 fois le seuil autorisé pour l'eau potable en France. Hors UE, la situation pour le thifluzamide est comparable à celle du boscalid. Un troisième compartiment de l'environnement reste très peu étudié : l'air. Une fois de plus, le boscalid se distingue des autres SDHI avec des teneurs jusqu'à plus de  $10^{-6}$  gramme de substance par m<sup>3</sup> d'air, soit près de  $10^{-9}$  g/g d'air. Et on ne connaît pas les effets sur la santé par inhalation. Cet ensemble de données environnementales constitue un septième élément d'inquiétude.

## Les SDHI sont dans la ruche

Les SDHI sont présents dans les fleurs, pollens et nectars de plantes traitées. Ce n'est donc pas étonnant de les retrouver dans les matrices apicoles. Le boscalid arrive en tête, tant en termes de matrices contaminées (fleur, pollen, nectar, pain d'abeille, cire, miel) que quantitativement. Il est suivi par le penthiopyrad (pollen, pain d'abeille, cire et abeille) et par le fluopyram (pollen). Cette pression des SDHI dans les ruches représente un huitième élément d'inquiétude. Toutefois, si l'on suit les limites maximales de résidus européennes (LMR = 50 ng/g de miel), la qualité du miel ne s'en trouve pas significativement affectée. Mais jusqu'à quand ? C'est un neuvième élément d'inquiétude.

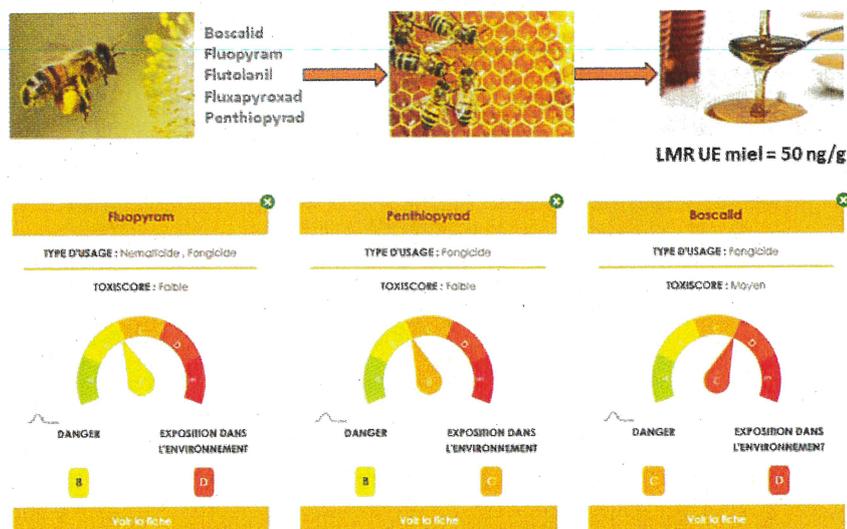


Figure 2 : Haut : Les 5 principaux SDHI contaminant les matrices apicoles et menaçant la santé des colonies et la qualité du miel. La limite maximale de résidus (LMR) fixée par l'Union Européenne est de 50 nanogrammes de SDHI par gramme de miel. Bas : Toxicores obtenus par le logiciel TOXIBEES (<https://toxibeas.certifiedbeefriendly.org/>) pour les trois SDHI principalement présents dans les matrices apicoles (fluopyram, penthiopyrad et boscalid).

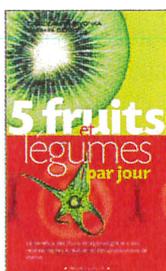
<sup>2</sup> <https://toxibeas.certifiedbeefriendly.org/>

## Cibler la protéine SDH (complexe II), une très mauvaise idée

Nous avons vu précédemment que les SDHI ciblent la protéine SDH (complexe II) de la chaîne respiratoire des mitochondries (Figure 1). Or, au cours de l'évolution, cette protéine SDH est très conservée chez les êtres vivants eucaryotes. Un seul système respiratoire pour les cellules à noyau (eucaryotes) existe sur notre planète Terre, c'est-à-dire pour l'immense majorité des organismes vivants que nous connaissons. Seules les bactéries et les archées (procaryotes) fonctionnent sans noyau, sans mitochondrie ni SDH. En clair, cibler la protéine SDH, c'est cibler un mécanisme fondamental qui assure le fonctionnement et la production d'énergie des cellules biologiques et donc la vie, excepté pour les bactéries. Pour preuve, ceux et celles d'entre nous qui, de par une maladie génétique, ont un fonctionnement altéré de la protéine SDH, développent de graves pathologies comme des neuropathies, encéphalo-myopathies, cancers neuro-endocriniens et diverses autres tumeurs cancéreuses. Les mécanismes de ces pathologies sont connus de longue date, argumentés, démontrés, indiscutables. C'est un dixième élément d'inquiétude.

## Les SDHI et notre santé

Des décennies après la mise sur le marché des SDHI, découvre-t-on leurs effets délétères sur la santé ? Pas vraiment. Il apparaît que les dossiers d'homologation mentionnaient déjà des effets cancérigènes, neurotoxiques, reprotoxiques et de perturbation endocrinienne. Toute l'astuce des agrochimistes consistait alors à montrer aux autorités que ces effets sur les rongeurs ne sont pas significatifs pour notre santé et que les tumeurs observées ne sont pas pertinentes pour les humains.



Oui Madame, mais sans pesticide!

Et il n'y a pas beaucoup à argumenter pour convaincre ceux qui veulent y croire. Bref, vous faites des tests, les souris vont bien, c'est la preuve de l'absence de risque. Vous faites des tests, les souris ont des tumeurs : pas de panique, ce n'est pas pertinent pour l'humain ! Cela ne vous rappelle pas le glyphosate ? Il en résulte une situation pour le moins surprenante : les pesticides SDHI sont des toxiques de la mitochondrie (par construction) mais leur toxicité sur la mitochondrie n'est pas prise en compte par les instances de régulation, car ce n'est pas dans leurs critères. C'est un onzième élément d'inquiétude, même si la plupart des fruits et légumes vendus en France restent en-dessous des LMR choisies par les autorités.

## Retenir les leçons du passé

En matière de pesticides, notre agriculture a développé une addiction alimentée par la concurrence mondiale à laquelle se livrent les pays et par la recherche du plus grand profit pour les producteurs, transformateurs et distributeurs de denrées alimentaires. Cette addiction est aussi indirectement nourrie par la proportion décroissante du pouvoir d'achat que les consommateurs et consommatrices accordent à leur alimentation. La production française de miel, comme d'autres filières, souffre de ces maux auxquels s'ajoute une dégradation évidente de la qualité de l'environnement. Sans revenir aux scandales du DDT et du chlordécone, les turpitudes -toujours d'actualité- des insecticides néonicotinoïdes et de l'herbicide glyphosate montrent que nous n'avons pas encore trouvé l'équilibre entre produire en quantité et produire proprement, entre les intérêts financiers à court terme et la durabilité de notre agriculture. Quant aux instances de régulation que sont les agences qui homologuent ou retirent les pesticides, force est de constater que leurs progrès sont modestes. Ceci est illustré par les recommandations faites par le Conseil Scientifique de l'ANSES en 2022, prenant justement les cas des néonicotinoïdes, du glyphosate et des SDHI comme exemples à corriger (JOLY *et al.*, 2022).

## S'engager toujours

Les pesticides SDHI polluent notre environnement, impactent la santé des abeilles, affectent les espèces aquatiques (BOULY *et al.*, 2024), menacent les vers de terre et notre santé (BÉNIT *et al.*, 2019). Les éléments d'inquiétude sont trop nombreux et ils convergent pour nous exhorter à réduire l'utilisation des SDHI. Et ce n'est pas juste en remplaçant l'indicateur NODU par le nouvel indice de risque harmonisé HRI<sup>3</sup> que nous y arriverons. Il faut contraindre aux alternatives et requérir d'autres modes de production durables. Ici, les apiculteurs gardent un rôle essentiel pour la préservation de l'environnement, des abeilles, des autres pollinisateurs, de la biodiversité, de notre santé et celle de nos enfants. ●

## Références

- ▶ BÉNIT *et al.*, 2019, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0224132>
- ▶ BOULY *et al.*, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117400>
- ▶ DUARTE HOSPITAL *et al.*, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108219>
- ▶ JOLY *et al.*, 2022, <https://www.anses.fr/fr/system/files/AVIS-et-RAPPORT-CS-GT-Credibilite-de-lexpertise.pdf>
- ▶ SIMON-DELISO *et al.*, 2018, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24746-9>

Illustration : Montage J-M BONMATIN © HOLIMITOX

<sup>3</sup> <https://agriculture.gouv.fr/les-indicateurs-de-risque-harmonises-etablis-au-niveau-europeen>