

NEONICOTINOÏDES

Dernière mise à jour : 30/03/2016

RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : JEAN-MARC.BRIGNON@INERIS.FR

EXPERT AYANT PARTICIPÉ A LA RÉDACTION

A.GOUZY : AURELIEN.GOUZY@INERIS.FR

Veillez citer ce document de la manière suivante :
INERIS, 2015. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France :
Néonicotinoïdes, DRC-15-136881-07690B, p. 43 (<http://www.ineris.fr/rsde/> ou
<http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

NEONICOTINOÏDES

RESUME

Les néonicotinoïdes constituent un ensemble de substances chimiques exclusivement utilisées pour leur action insecticide dans le domaine agricole et pour leur action biocide dans les domaines domestiques et professionnels.

Sept substances néonicotinoïdes sont (ou ont été) exploitées depuis leur introduction sur le marché dans les années 90 : l'acétamipride, la clothianidine, le dinotéfurane, l'imidaclopride, le nitenpyrame, le thiaclopride et le thiaméthoxame.

En France, plusieurs législations limitent le recours à ces substances (notamment dans le domaine agricole).

Au niveau mondial, les ventes de substances néonicotinoïdes représentent un quart des ventes totales d'insecticides. Ces tonnages sont principalement dédiés à la protection des cultures de maïs.

En France, sur les 5 dernières années, les ventes de néonicotinoïdes en tant que produits phytosanitaires se sont accrues.

Malgré la persistance environnementale de ces substances dans les eaux douces et les sols, peu de données sont disponibles permettant de qualifier l'imprégnation des milieux.

Enfin, il semble difficile d'identifier un unique produit de substitution pour remplacer les substances néonicotinoïdes et ce, sur l'ensemble de leurs usages identifiés. En revanche, pratique par pratique, des traitements à même visée phytosanitaire ayant recours à d'autres molécules ou bien à des techniques alternatives semblent pouvoir être proposés sans entraîner d'importants surcoûts.

NEONICOTINOÏDES

ABSTRACT

Neonicotinoids are a class of chemicals exclusively used for their insecticidal action in agriculture and for their biocidal action in domestic and professional fields.

Seven neonicotinoids are (or have been) used since their introduction on the market in the 1990s: acetamiprid, clothianidin, dinotefuran, imidacloprid, nitenpyram, thiacloprid and thiamethoxam.

In France, several laws restrict the use of these substances (particularly in agriculture).

Globally, sales of neonicotinoids represent a quarter of total sales of insecticides. These sales are mainly dedicated to the protection of maize crops.

In France, over the past five years, sales of neonicotinoids as plant protection products increased.

Despite the environmental persistence of these substances in freshwater and soils, few environmental data are available.

It seems difficult to identify a single substitute to replace all neonicotinoids uses. However, practice by practice, equivalent treatments employing other pesticides or alternative techniques could be proposed without causing significant extra costs.

NEONICOTINOÏDES

SOMMAIRE

RESUME	2
ABSTRACT	3
1 GENERALITES	5
1.1 DEFINITION ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	5
1.2 SOURCES D'INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES	9
1.3 REGLEMENTATIONS	9
1.4 VALEURS ET NORMES APPLIQUEES EN FRANCE	14
1.5 AUTRES TEXTES.....	14
1.6 CLASSIFICATION ET ETIQUETAGE.....	14
1.7 SOURCES NATURELLES DE NEONICOTINOÏDES	17
1.8 SOURCES NON-INTENTIONNELLES DE NEONICOTINOÏDES	17
2 PRODUCTION ET UTILISATIONS	18
2.1 PRODUCTION ET VENTE	18
2.2 UTILISATIONS	23
3 REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT.....	31
3.1 EMISSIONS ANTHROPIQUES TOTALES	31
3.2 POLLUTIONS HISTORIQUES ET ACCIDENTELLES	31
4 DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT	32
4.1 COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT	32
4.2 PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT.....	34
5 PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS	36
5.1 REDUCTION DES EMISSIONS DE NEONICOTINOÏDES.....	36
5.2 ALTERNATIVES AUX USAGES DE NEONICOTINOÏDES.....	36
6 CONCLUSION	40
7 REFERENCES.....	41
7.1 SITES INTERNET CONSULTES.....	41
7.2 BIBLIOGRAPHIE	41

NEONICOTINOÏDES

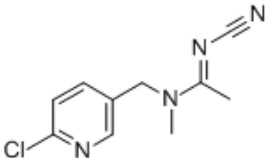
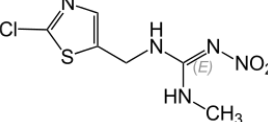
1 GENERALITES

1.1 DEFINITION ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Le terme « néonicotinoïdes » désigne une classe d'insecticides comportant plusieurs substances employées dans le domaine agricole et par les particuliers. Le Tableau 1 présente les sept substances actives de cette famille étant ou ayant été disponibles sur le marché mondial pour un usage phytosanitaire ou biocide (Rao *et al.*, 2012).

Ces substances ont été mises sur le marché pour la première fois entre 1991 et 2002 (The Pesticides Manual, 2006).

Tableau 1. Caractéristiques générales des substances désignées sous le terme « néonicotinoïdes », d'après le portail substance chimique de l'INERIS¹, le Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau², AGRITOX³, the Pesticide Manual (2006) et sigma-aldrich⁴.

Substances chimiques	N°CAS	N°EINECS	Synonymes	Formes physiques
<p>Acétamipride C₁₀H₁₁ClN₄</p> 	<p>135410-20-7 160430-64-8</p>	<p>Non référéncée (SANDRE : 5579)</p>	<p>Acetamiprid (E)-N-[(6-Chloro-3-pyridinyl)méthyl]- N'-cyano-N-méthyléthanimidamid</p>	<p>Solide blanc</p>
<p>Clothianidine* C₆H₈ClN₅O₂S</p> 	<p>210880-92-5</p>	<p>Non référéncée (SANDRE : 6389)</p>	<p>Clothianidin 3-[(2-chloro-1,3-thiazol-5-yl)méthyl]-2- méthyl-1-nitro-guanidine</p>	<p>Solide incolore</p>

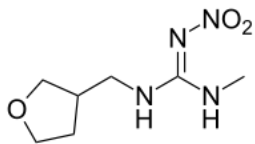
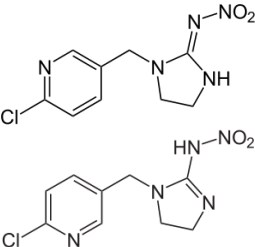
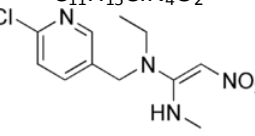
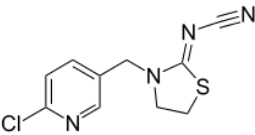
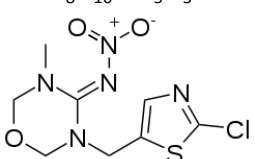
¹ <http://www.ineris.fr/substances/fr/> (consulté en aout 2015).

² <http://www.sandre.eaufrance.fr/search/site/nitenpyrame?filter-status=0> (consulté en aout 2015).

³ <http://www.agritox.anses.fr/> (consulté en aout 2015).

⁴ <https://www.sigmaaldrich.com/france.html> (consulté en aout 2015).

NEONICOTINOÏDES

Substances chimiques	N°CAS	N°EINECS	Synonymes	Formes physiques
<p>Dinotéfurane C₇H₁₄N₄O₃</p> 	165252-70-0	Non référéncée (SANDRE : non référéncé)	Dinotéfuran 2-méthyl-1-nitro-3-(tétrahydrofuran-3-ylméthyl)guanidine	Solide blanc
<p>Imidaclopride (2 isomères) C₉H₁₀ClN₅O₂</p> 	105827-78-9 138261-41-3	Non référéncée (SANDRE : 1877)	Imidacloprid 1-(6-chloro-3-pyridylméthyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylidèneamine	Solide incolore ou beige
<p>Nitenpyrame C₁₁H₁₅ClN₄O₂</p> 	150824-47-8	Non référéncée (SANDRE : non référéncé)	Nitenpyram (E)-N-[(6-chloropyridin-3-yl)méthyl]-N-éthyl-N'-méthyl-2-nitroéthène-1,1-diamine	Solide jaune clair
<p>Thiaclopride C₁₀H₉ClN₄S</p> 	111988-49-9	Non référéncée (SANDRE : 5671)	Thiacloprid (Z)-3-(6-chloro-3-pyridylméthyl)-1,3-thiazolidin-2-ylidèncyanamide	Solide
<p>Thiaméthoxame C₈H₁₀ClN₅O₃S</p> 	153719-23-4	428-650-4 (SANDRE : 6390)	Thiamethoxam (EZ)-3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylméthyl)-5-méthyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidène(nitro)amine	Solide

* la clothianidine est à la fois une substance active employée en tant que telle et un métabolite d'un autre néonicotinoïde : le thiaméthoxame (Morissey et al., 2015).

NEONICOTINOÏDES

Ces substances appartiennent à la classe des insecticides systémiques : c'est-à-dire qu'après traitement, elles pénètrent dans les végétaux (via leurs systèmes racinaire ou foliaire) et sont transportées dans l'ensemble de l'organisme de la plante (Hopwood *et al.*, 2012).

Lors de l'utilisation de ces substances en plein champs, certains néonicotinoïdes peuvent se dégrader et donner naissance à des métabolites : ces métabolites ne seront pas étudiées dans le cadre de la rédaction de cette fiche mais sont présentées dans le tableau suivant à titre d'illustration.

Tableau 2. Métabolites des substances néonicotinoïdes répertoriés par le site internet AGRITOX⁵.

Substances néonicotinoïdes	Métabolite(s) associé(s)
Acétamipride C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄	Méthylamine (6-chloro-3-pyridyl) methanol N-carbamoyl-N'-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N-methylacetamidine N-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N-methylacetamide N'-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N-cyanoacetamidine N-[(6-chloro-3-pyridyl)méthyl]-acetamide métabolite IS-1-1 : N2-cyano-N1-méthylacétamidine N-cyanoacétamidine 6-chloronicotinique acide N-methyl (6-chloro-3-pyridyl)methylamine N2-cyano-N1-methyl-N1-[(2-aza-3-oxobicyclo-[2,2,0]hex-5-en-6-yl)-acetamidine N-(6-chloropyridin-3-ylmethyl)-N-methyl-acetamidine

⁵ AGRITOX est une base de données créée en 1986 par l'INRA sur les propriétés physiques et chimiques, la toxicité, l'écotoxicité, le devenir dans l'environnement et les données réglementaires des substances actives phytopharmaceutiques.

Seules les données jugées valides par les experts des instances officielles d'évaluation au niveau français et/ou européen sont présentées, elles proviennent des dossiers de substances actives et/ou de demande d'autorisation de mise sur le marché soumis par les industriels et des données publiées dans la littérature scientifique.

<http://www.agritox.anses.fr/php/fiches.php> (consulté en aout 2015).

NEONICOTINOÏDES

Substances néonicotinoïdes	Métabolite(s) associé(s)
Clothianidine C ₆ H ₈ ClN ₅ O ₂ S	thiazolynitroguanidine (TZNG)⁶ thiazolyméthylurée (TZMU)⁷ méthylnitroguanidine (MNG)⁸ thiazolynitroguanidine (TZNG) méthylnitroguanidine (MNG)
Dinotéfurane C ₇ H ₁₄ N ₄ O ₃	Non renseigné
Imidaclopride C ₉ H ₁₀ ClN ₅ O ₂	NTN33893-olefine⁹ NTN33893-ring-open-nitro-guanidine imidacloprid-desnitro
Nitenpyrame C ₁₁ H ₁₅ ClN ₄ O ₂	Non renseigné
Thiaclopride C ₁₀ H ₉ ClN ₄ S	thiaclopride amide¹⁰ thiaclopride acide sulfonique diurée¹¹ (Z)-[3-[(6-chloro-3-pyridinyl)méthyl]-2-thiazolidinylidène]-urée) 2-[1-(6-chloropyridine-3-ylmethyl)-3-carbamoyl-uréo] 2-[(aminocarbonyl)[(6-chloro-3-pyridinyl)méthyl]-amino] (Z)-[3-[(6-chloro-3-pyridinyl)méthyl]-2-thiazolidinylidène]-urée)
Thiaméthoxame C ₈ H ₁₀ ClN ₅ O ₃ S	clothianidine CGA355190 NOA407475 CGA355190 CGA 322704 NOA459602 SYN 501006

Les métabolites en gras sont les métabolites identifiés par University of Hertfordshire (2013) comme métabolites principaux lors de la dégradation de la substance considérée (base de données consultée en septembre 2015).

⁶ TZNG ou N-(2-chlorothiazol-5-ylmethyl)-N'-nitroguanidine.

⁷ TZMU ou N-(2-chlorothiazol-5-ylmethyl)-N-methylurea.

⁸ MNG ou N-methyl-N-nitroguanidine.

⁹ NTN33893-olefin ou 1-[(6-chloro-3-pyridinyl)méthyl]N-nitro-1H-imidazol-2-amine ou imidacloprid M06 ou imidacloprid-olefin.

¹⁰ thiaclopride Amide ou thiaclopride M02.

¹¹ thiacloprid acide sulfonique diurée ou thiacloprid M30.

NEONICOTINOÏDES

1.2 SOURCES D'INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Ce document n'a pas pour objectif de présenter des informations sur la toxicité des substances, néanmoins, des compilations bibliographiques de telles données sont disponibles sur internet, par exemple sur les sites :

- Portail Substances Chimiques géré par l'INERIS pour certaines substances (<http://www.ineris.fr/substances/fr/>) ;
- AGRITOX (Base de données française sur les substances actives phytopharmaceutiques) gérée par l'ANSES (<http://www.agritox.anses.fr/>) ;
- Pesticide Properties DataBase (Base de données anglaise sur les substances phytopharmaceutiques) gérée par l'Université du Hertfordshire (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>) ;
- ...

Notons qu'un grand nombre de travaux scientifiques sur la toxicologie de ces substances vis-à-vis des abeilles a été mené suite aux observations à l'échelle mondiale du déclin des populations d'insectes pollinisateurs : pour la France, citons à titre d'exemple l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'appui scientifique et technique dans la perspective de la publication de l'article "A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees"¹².

1.3 REGLEMENTATIONS

1.3.1 TEXTES GENERAUX

Néonicotinoïdes pour leurs usages phytosanitaires : interdiction

La mise sur le marché et le suivi post-homologation des produits phytosanitaires et des substances actives qui les composent sont strictement encadrés et harmonisés au niveau européen par le règlement (CE) n° 1107/2009¹³.

¹² Avis disponible à l'adresse suivante : <https://www.anses.fr/fr/system/files/DPR2012sa0092.pdf> (consulté en octobre 2015).

¹³ Règlement (du Parlement Européen et du Conseil) du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytosanitaires.

NEONICOTINOÏDES

Pour les néonicotinoïdes, le Tableau 3 synthétise les informations issues de l'annexe 1 de cette directive qui liste les substances possédant une autorisation de mise sur le marché au niveau européen.

Tableau 3. Statut des substances désignées sous le terme « néonicotinoïdes » quant à leur usage en tant que phytosanitaire en Europe.

Substances chimiques	CAS	Statut quant au règlement phytosanitaire	Date d'expiration de l'inscription
Acétamipride $C_{10}H_{11}ClN_4$	135410-20-7 160430-64-8	Inscrit à l'annexe I	30/04/2017
Clothianidine $C_6H_8ClN_5O_2S$	210880-92-5	Inscrit à l'annexe I	31/01/2018
Dinotéfurane $C_7H_{14}N_4O_3$	165252-70-0	<i>Non inscrit à l'annexe I</i>	
Imidaclopride $C_9H_{10}ClN_5O_2$	105827-78-9 138261-41-3	Inscrit à l'annexe I	31/07/19
Nitenpyrame $C_{11}H_{15}ClN_4O_2$	150824-47-8	<i>Non inscrit à l'annexe I</i>	
Thiaclopride $C_{10}H_9ClN_4S$	111988-49-9	Inscrit à l'annexe I	30/04/17
Thiaméthoxame $C_8H_{10}ClN_5O_3S$	153719-23-4	Inscrit à l'annexe I	30/04/18

Ainsi, en la France, seules cinq substances néonicotinoïdes sont autorisées d'usage en tant que produit phytosanitaire : l'acétamipride, la clothianidine, l'imidaclopride, le thiaméthoxame et le thiaclopride (cf. § 2.2 pour plus de détails sur les usages autorisés en France pour ces substances).

Néonicotinoïdes pour leurs usages phytosanitaires : restrictions temporaires

Le règlement 485/2013¹⁴ restreint l'usage de trois substances néonicotinoïdes (imidaclopride, clothianidine et thiaméthoxame) à l'enrobage de certaines semences pour une utilisation en

¹⁴ Règlement d'exécution (UE) n° 485/2013 de la Commission du 24 mai 2013 modifiant le règlement d'exécution (UE) n° 540/2011 en ce qui concerne les conditions d'approbation des substances actives clothianidine, thiaméthoxame et imidaclopride et interdisant l'utilisation et la vente de semences traitées avec des produits phytopharmaceutiques contenant ces substances actives.

NEONICOTINOÏDES

pleine terre (par exemple, leur utilisation est autorisée pour l'enrobage des semences de céréales d'hiver), aux traitements foliaires post-floraison, ...

Ce règlement est entré en vigueur fin 2013 pour une durée de 2 ans.

Néonicotinoïdes pour leurs usages biocides

Le règlement sur les produits biocides (RPB, règlement (UE) n° 528/2012) concerne la mise sur le marché et l'utilisation des produits biocides, qui sont utilisés pour protéger l'homme, les animaux, les matériaux ou les articles contre les organismes nuisibles, tels que les animaux nuisibles et les bactéries, par l'action des substances actives contenues dans le produit biocide. Seuls les produits biocides pour lesquels une autorisation de mise sur le marché est délivrée (AMM) sont ainsi autorisés à la vente : cette autorisation est délivrée par le Ministère en charge de l'environnement après un travail d'évaluation conduit par l'ANSES.

Le service en ligne SIMMBAD¹⁵ permet au public de consulter les AMM délivrées et d'accéder à la liste des produits recensés. Le

¹⁵ Selon le site « Grand public » de SIMMBAD (SIMMBAD ou Système Informatique pour la Mise sur le Marché des Biocides : Autorisations et Déclarations) qui répertorie l'ensemble des produits biocides qui ont été déclarés et dont la déclaration a été acceptée ainsi que les produits bénéficiant d'une AMM 98/8/CE (<https://simmbad.fr/public/servlet/accueilGrandPublic.html>).

NEONICOTINOÏDES

Tableau 4 synthétise les informations issues de SIMMBAD pour les substances actives désignées comme néonicotinoïdes.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 4. Statut des substances désignées sous le terme « néonicotinoïdes » quant à leur usage en tant que biocide¹⁶.

Substances chimiques	CAS	Statut quant au règlement biocide
Acétamipride $C_{10}H_{11}ClN_4$	135410-20-7 160430-64-8	Inscrit à l'inventaire
Clothianidine $C_6H_8ClN_5O_2S$	210880-92-5	Inscrit à l'inventaire
<i>Dinotéfurane</i> $C_7H_{14}N_4O_3$	165252-70-0	Absent de l'inventaire
Imidaclopride $C_9H_{10}ClN_5O_2$	105827-78-9 138261-41-3	Inscrit à l'inventaire
<i>Nitenpyrame</i> $C_{11}H_{15}ClN_4O_2$	150824-47-8	Absent de l'inventaire
Thiaméthoxame $C_8H_{10}ClN_5O_3S$	153719-23-4	Inscrit à l'inventaire
<i>Thiaclopride</i> $C_{10}H_9ClN_4S$	111988-49-9	Absent de l'inventaire

Ainsi, en France, seules quatre substances néonicotinoïdes sont autorisées d'usage en tant que produit biocide : l'acétamipride, la clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame (cf. § 2.2 pour plus de détails sur les usages autorisés en France pour ces substances).

Produits phytosanitaires dans les eaux potables

Le code de la santé publique édicte les dispositions réglementaires en matière d'eau potable, en application des directives européennes 98/83/CE et 75/440/CEE. Pour les pesticides, des limites de qualité sont fixées dans les eaux brutes et dans l'eau au robinet du consommateur. Le Tableau 5 reprend ainsi les valeurs concernant les néonicotinoïdes : précisons que ces valeurs ne sont pas spécifiques aux néonicotinoïdes mais sont communes à la quasi-totalité des produits phytosanitaires.

¹⁶ Selon le site « Grand public » de SIMMBAD qui répertorie l'ensemble des produits biocides qui ont été déclarés et dont la déclaration a été acceptée ainsi que les produits bénéficiant d'une AMM 98/8/CE (<https://simmbad.fr/public/servlet/accueilGrandPublic.html>).

NEONICOTINOÏDES

Tableau 5. Valeurs limites de qualité dans les eaux et delles destinées à la consommation humaine pour les substances désignées sous le terme « néonicotinoïdes ».

Substances chimiques	Dans les ressources en eau	Au robinet du consommateur
Acétamipride $C_{10}H_{11}ClN_4$	2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ * (par substance)	0,10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (par substance)
Clothianidine $C_6H_8ClN_5O_2S$		
Dinotéfurane $C_7H_{14}N_4O_3$		
Imidaclopride $C_9H_{10}ClN_5O_2$		
Nitenpyrame $C_{11}H_{15}ClN_4O_2$		
Thiaméthoxame $C_8H_{10}ClN_5O_3S$		
Thiaclopride $C_{10}H_9ClN_4S$	5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ *	0,50 $\mu\text{g.L}^{-1}$
Somme des concentrations de l'ensemble des produits phytosanitaires quantifiées dans l'eau		

* Au-delà des ces concentrations dans les ressources en eaux, l'eau brute ne peut pas être utilisée pour produire de l'eau potable (sauf autorisation exceptionnelle).

Directive Cadre sur l'eau

Aucune des sept substances néonicotinoïdes n'est listée par la Directive cadre Eau (directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 ou DCE) : ces substances ne sont ainsi pas soumises à ce texte établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Autre texte

Le thiaclopride est listé par Règlement d'exécution (UE) n° 2015/408 du 11/03/15¹⁷ : ce texte identifie les substances phytosanitaires à ce jour autorisées (c.à.d. inscrites à l'annexe I du règlement (CE) n° 1107/2009) dont la Commission envisage la substitution.

Le thiaclopride est associé à ce texte du fait de ses potentielles propriétés de perturbation du système endocrinien humain.

¹⁷ Règlement relatif à l'application de l'article 80, paragraphe 7, du règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil.

NEONICOTINOÏDES

1.3.2 SEUILS DE REJETS POUR LES INSTALLATIONS CLASSEES

Les néonicotinoïdes ne sont pas suivis dans le cadre du suivi des rejets des installations classées pour l'environnement.

1.4 VALEURS ET NORMES APPLIQUEES EN FRANCE

Aucune limite d'exposition professionnelle dans l'air des lieux de travail n'a été établie pour la France (INRS, 2015).

1.5 AUTRES TEXTES

1.5.1 ACTION DE RECHERCHE RSDE

Les néonicotinoïdes ne sont pas concernés par l'Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux (RSDE), ni pour l'action dédiée aux sites industrielles, ni pour l'action dédiée aux stations de traitement des eaux usées.

1.5.2 REGLEMENTATION EXTRA EUROPEENNE

Hors Union Européenne, au début des années 2010, les substances néonicotinoïdes étaient autorisées dans plus de 100 pays (Jeschke *et al.*, 2011). Néanmoins, en France, que ce soit à l'échelle de la réglementation nationale ou bien européenne, ainsi que dans de nombreux autres pays, des initiatives sont en cours afin d'évaluer les risques liés à l'utilisation de ces substances voire d'en interdire l'usage. Lors de la rédaction de cette fiche, aucun texte législatif n'a néanmoins été adopté de façon définitive.




1.6 CLASSIFICATION ET ETIQUETAGE

Seules 4 substances néonicotinoïdes (l'acétamipride, la clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame) sont citées dans l'annexe VI du règlement 1272/2008¹⁸ dit règlement CLP, qui leur associe les classifications et étiquetage ci-après.

¹⁸ Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 6. Classification et pictogrammes associés à la clothianidine, à l'imidaclopride et au thiaméthoxame par l'annexe VI du règlement 1272/2008.




Clothianidine, Imidaclopride et Thiaméthoxame			
Classification	H302 Nocif en cas d'ingestion	H400 Très toxique pour les organismes aquatiques	H410 Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets à long terme
Pictogramme(s)	GHS07 	GHS09 	Wng Warning
Acétamipride			
Classification	H302 Nocif en cas d'ingestion	H412 Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets à long terme	
Pictogramme(s)	GHS07 	Wng Warning	

Les autres substances néonicotinoïdes ne sont pas inscrites dans l'annexe V de ce règlement. Néanmoins certains distributeurs de substances chimiques leur associent volontairement une classification, le Tableau 7 ci-après présente par exemple la classification affichée par la société Sigma-aldrich¹⁹.

¹⁹ Sigma-aldrich est une société de production et de commercialisation de produits chimiques <http://www.sigmaldrich.com/france.html> (consulté en août 2015).

NEONICOTINOÏDES

Tableau 7. Classification, mentions de danger et pictogrammes associés à l'acétamipride ; source : site internet de sigma-aldrich.

Dinothéfurane				
Classification	H302 Nocif en cas d'ingestion			
Pictogramme(s)	GHS07 	Wng Warning		
Nitenpyrame				
Classification	H302 Nocif en cas d'ingestion	H315 Provoque une irritation cutanée	H 319 Provoque une sévère irritation des yeux	H335 Peut irriter les voies respiratoires
Pictogramme(s)	GHS07 	Wng Warning		
Thiaclopride				
Classification	H302 Nocif en cas d'ingestion	H332 Nocif par inhalation		
Pictogramme(s)	GHS07 	Wng Warning		

NEONICOTINOÏDES

1.7 SOURCES NATURELLES DE NEONICOTINOÏDES

Les néonicotinoïdes sont exclusivement des substances d'origine anthropique issues de la recherche sur les insecticides menée depuis le milieu des années 70 (Jeschke et Nauen, 2005) : il n'y a donc pas de source naturelle pour ces produits phytosanitaires ou biocides.

1.8 SOURCES NON-INTENTIONNELLES DE NEONICOTINOÏDES

Les substances néonicotinoïdes ne sont (ou n'ont été) employées que pour leur propriétés phytosanitaires ou bien biocides : il n'y a donc pas de source non-intentionnelle de néonicotinoïdes à l'environnement.

NEONICOTINOÏDES

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

2.1 PRODUCTION ET VENTE

2.1.1 DONNEES ECONOMIQUES

Selon Bass *et al.* (2015), au niveau mondial en 2014, la vente de substances néonicotinoïdes représentait 25 % des sommes générées par les ventes totales d'insecticides.

Selon ces mêmes auteurs, en 2012 sur la totalité des ventes mondiales de substances néonicotinoïdes à usage phytosanitaire, 85 % (soit 2,7 milliards de dollars) étaient liés aux ventes de thiaméthoxame, imidaclopride et clothianidine).

Plus en détail, toujours selon ces mêmes auteurs, le marché européen des néonicotinoïdes à usage phytosanitaire représentait en 2012 11,3 % du marché total des néonicotinoïdes destinés à la protection des cultures, soit plus de 350 millions de dollars.

A l'échelle mondiale, cinq producteurs différents sont à l'origine de la mise sur le marché des substances néonicotinoïdes (d'après Bass *et al.*, 2015) :

- Bayer CropSciences pour l'imidaclopride, la clothianidine et le thiaclopride ;
- SumiTake pour le nitenpyrame et la clothianidine ;
- Nippon Soda pour l'acétamipride ;
- Syngenta pour le thiaméthoxame ;
- Mitsui Chemicals pour le dinotéfurane.

Au cours de cette étude, nous n'avons pas identifié de données économiques concernant les usages des néonicotinoïdes en tant que produits biocides. Néanmoins sachant que, en 2009, l'ensemble du marché mondial des biocides représentait moins de 10 milliards de dollars²⁰ (contre plus de 3 000 milliards de dollars pour le chiffre d'affaire des produits phytosanitaires à l'échelle mondiale en 2012), il semble cohérent d'émettre l'hypothèse qu'au niveau global, la très grande majorité du marché des substances néonicotinoïdes est liée aux usages phytosanitaires de ces substances.

²⁰ Selon le site « infochimie » <http://www.industrie.com/chimie/biocides-isp-rachete-le-francais-progIVEN,17982> (consulté en août 2015 citant le cabinet de conseil Freedonia).

NEONICOTINOÏDES

2.1.2 PROCÉDE DE PRODUCTION

Lors de l'étude ayant donné lieu à la rédaction de cette fiche il n'a pas été possible d'identifier des informations quant aux procédés industriels de production des substances néonicotinoïdes : en effet, les producteurs de ces substances ne communiquent pas d'information afin de préserver leur propriété intellectuelle.

Néanmoins, selon Shiokawa *et al.* (1986, cité par Sheets, 2010) l'imidaclopride, lors de sa découverte, a été synthétisé par l'introduction d'un groupe 3-pyridylmethyl sur une structure hétérocyclique nitrométhylène.

De même l'introduction d'une fraction 6-chloro-3-pyridylmethyl sur une structure hétérocyclique nitrométhylène débouche sur la synthèse d'acetamipride, de nitenpyrame et de thiaclopride (Takahashi *et al.*, 1992 ; Minamida *et al.*, 1993 ; Yamada *et al.*, 1999 ; cités par Sheets, 2010).

Enfin, de façon similaire, le remplacement de la fraction chloropyridinyl par un groupe chlorothiazolyl débouche sur la synthèse de clothianidine et de thiaméthoxame (Maienfisch *et al.*, 1999 ; cités par Sheets, 2010).

2.1.3 NOMS COMMERCIAUX DES SUBSTANCES NEONICOTINOÏDIENNES

Des insecticides néonicotinoïdiens sont autorisés dans plus de 120 pays (Jeschke *et al.*, 2011) sous de nombreuses appellations commerciales. Il sera donc impossible d'être exhaustif au sujet des noms commerciaux de ces substances, néanmoins, le Tableau 8 ci-après, présente les principales dénominations des préparations insecticides autorisées en France en 2015.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 8. Noms commerciaux associés aux substances néonicotinoidiennes autorisées en France en 2015 en tant que produits phytosanitaires ; source : site internet e-phy²¹.

Nom de la substance néonicotinoïde	Noms commerciaux des spécialités phytosanitaires autorisées en France en 2015
Acétamipride	ACEPLAN SG BAMBI CAZOGAZE EQUINOXE HOREME (HOREME 20 SG et HOREME V200) INSYST (INSYST 20 SG et INSYST V200) POLYSECT ULTRA (POLYSECT ULTRA AE, POLYSECT ULTRA AEROSPRAY, POLYSECT ULTRA AL, POLYSECT ULTRA BATONNET, POLYSECT ULTRA PR, POLYSECT ULTRA SL et POLYSECT ULTRA SPRAY) ROSECLEAR ULTRA et ROSECLEAR ULTRA GUN SUPREME et SUPREME 20 SG
Imidaclopride	COBOY 350 CONFIDOR (CONFIDOR J et CONFIDOR VERT) FERIAL et FERIAL DUO FS GAUCHO (GAUCHO 350, GAUCHO 600 FS et GAUCHO DUO FS) IMPRIMO MERIT FOREST NUPRID (NUPRID 200 et NUPRID 70) PROVADO (PROVADO BATONNET et PROVADO COMPACT) SUXON FOREST
Thiaméthoxame	ACTARA AXORIS, AXORIS B, AXORIS EASY +, AXORIS G et AXORIS TRIPLE CALINDO CAZOTARA WG CRUISER (CRUISER 350, CRUISER 600 FS, CRUISER FS et CRUISER SB) FLAGSHIP (FLAGSHIP B, FLAGSHIP GR et FLAGSHIP PRO) ILIUM (ILIUM 350 et ILIUM FS) KORION LUZINDO OTANA REASON RIVOXAM 25 WG TARA 25 WG VOLIAM FLEXI

²¹ <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> (consulté en juillet 2015).

NEONICOTINOÏDES

Nom de la substance néonicotinoïde	Noms commerciaux des spécialités phytosanitaires autorisées en France en 2015
Thiaclopride	ALANTO BISCAYA CALYPSO CAZOLIPO COUSTO ECAIL EXEMPTOR PROTEUS SONIDO ZYPSO

De même un grand nombre de produits biocides néonicotinoïdiens est autorisé au niveau mondial sous de nombreuses appellations commerciales. Il serait donc impossible d'être exhaustif au sujet des usages commerciaux de ces substances. Le Tableau 9 ci-après, présente néanmoins le nombre et le type de préparations biocides autorisées en France en 2015.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 9. Nombre de produits commerciaux associés aux substances néonicotinoidiennes autorisées en France en 2015 en tant que produits biocides ; source : site internet SIMMBAD²².

Nom de la substance néonicotinoïde	Nombre de produits commerciaux biocides autorisés en France en 2015	Type de produits
Acétamipride	171 ²³	Insecticides, acaricides et produits utilisées pour lutter contre les autres arthropodes.
Clothianidine	3 ²⁴	Insecticides, acaricides et produits utilisées pour lutter contre les autres arthropodes. Répulsifs et appâts.
Imidaclopride	51 ²⁵	Insecticides, acaricides et produits utilisées pour lutter contre les autres arthropodes. Répulsifs et appâts.
Thiaméthoxame	3 ²⁶	Insecticides, acaricides et produits utilisées pour lutter contre les autres arthropodes.

Les noms commerciaux des spécialités biocides autorisées en France sont accessibles à partir du site internet SIMMBAD.

²² <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> (consulté en juillet et octobre 2015).

²³ Du fait du grand nombre de préparations contenant le biocide « acétamipride », ces produits sont présentés sous la forme d'un tableau situé en fin de document.

²⁴ « Sticker anti mouches fenêtres » par JASOL SAS, « MAXFORCE PLATIN » par BAYER SAS et « Pesguard CT 2.6 » par Sumitomo Chemical (UK) PLC.

²⁵ « Boites Fourmis Gel », « Fourmilières », « MAXFORCE FUSION », « Maxforce Prime », « Maxforce Quantum », « Premise Gel Blattes », « QUICK BAYT », « QUICK BAYT SPRAY » et « Tubes Fourmis Gel » de Bayer SAS ; « CATCH TECHNO contaminateurs cafards » de CT Diffusion SAS ; « ANTI CAFARDS ET BLATTES SERINGUE » de EAU ECARLATE SAS ; « FLYGUARD PRO ECO » de LAB Snc ; « ECOGEL CAFARDS », « ECOGEL CAFARDS IGR », « ECOGEL CAFARDS PIEGE IGR », « ECOGEL FOURMIS », « ECOGEL FOURMIS IGR » et « ECOGEL FOURMIS PIEGE IGR » de Laboratorio Econovar ; « Digrain gel blattes IGR » et « GEL AUROUZE IGR » de LODI SAS ; « ANTI CAFARDS GEL », « ANTI CAFARDS PIÈGE », « ANTI FOURMIS GEL », « ANTI FOURMIS PIÈGE », « Magnum Gel cafards », « Magnum Gel Cafards IGR », « Magnum Gel fourmis » et « Magnum Gel Fourmis IGR » de Mylva SA ; « NF GEL MITCHELL » de PROVETO ; « BAYGON ANTI-MOUCHES STICKERS VITRE - FORME ABSTRAITE », « Paral RAID ? AUTOCOLLANT ANTI-MOUCHES (Forme Soleil) » et « RAID Anti-Mouches - Forme fleur » de SC JOHNSON S.A.S. ; « imidafast », « imidaforte gel ants », « imidajet », « Imidasect », « Imidasect ants », « KELT FLY BAIT », « roaches », « SOFAST », « sofast », et « SOJET » de SHARDA EUROPE BVBA ; « GEL KING 2010 anti blattes » de « SICO » ; « KA TUE Gel Anti-Cafards » et « KA TUE GEL ANTI-CAFARDS » de SOTASBAG ; « Gel Micro-Mouches » et « Gel Tue-Mouche » de SPRING ; « AEDES Gel Blattes », « AEDEX Gel Blattes », « AEDEX GEL PRO » et « KELT FLY BAIT PLUS » de ZAPI S.p.A.

²⁶ « AGITA A1 WG » et « AGITA 1 GB » par Novartis Santé Animale S.A.S et « Xylophène Professionnel T 2000 » par Dyrup SAS.

NEONICOTINOÏDES

2.2 UTILISATIONS

2.2.1 DIVERSITE D'UTILISATIONS DES SUBSTANCES NEONICOTINOÏDES

En France, les néonicotinoïdes sont exclusivement employés pour leurs propriétés phytosanitaires et biocides²⁷. Lors de cette étude, aucune autre utilisation de ces substances n'a été identifiée : par exemple, en France, les substances néonicotinoïdes ne sont pas répertoriées comme produit pharmaceutique.

Depuis le début des années 1990, les différentes substances actives néonicotinoïdes ont été introduites graduellement sur le marché (cf. Tableau 10 ci-après). De plus, les réglementations (nationales ou européennes en ce qui concerne la France) ont évolué depuis la mise sur le marché de ces substances : des retraits d'autorisation de mise sur le marché ont notamment été prononcés. Par conséquent, les utilisations de ces molécules ont changé depuis leur mise sur le marché.

Les paragraphes ci-après présentent ainsi l'état actuel des utilisations de ces substances.

Tableau 10. Date d'introduction sur le marché mondial des substances néonicotinoïdiennes ; d'après Bass *et al.*, 2015.

Substance	Année d'introduction de la substance sur le marché
Imidaclopride	1991
Nitenpyrame	1995
Acétamipride	1995
Thiaméthoxame	1998
Thiaclopride	2000
Clothianidine	2001
Dinotéfurane	2002

²⁷ Selon la réglementation exposée au §1.3.1, en France seules trois substances néonicotinoïdes ont à la fois des utilisations biocide et phytosanitaire : l'acétamipride, l'imidaclopride et le thiaméthoxame.

NEONICOTINOÏDES

2.2.2 PRODUITS PHYTOSANITAIRES

- **Au niveau international**

Selon Bonmatin *et al.* (2015) les néonicotinoïdes sont employés pour leurs propriétés insecticides en utilisant une grande variété de méthodes allant des pulvérisations foliaires au traitement des semences et des sols. Cependant, il est estimé qu'environ 60 % de toutes les applications de néonicotinoïdes dans le monde sont des traitements de semences ou de sol (Jeschke *et al.*, 2011 cité par Bonmatin *et al.*, 2014).

De même, Casida et Durkin (2013) avancent qu'au niveau mondial, en 2010, les néonicotinoïdes étaient principalement utilisés pour la culture du maïs.

- **Au niveau français**

Concernant les usages phytosanitaires des néonicotinoïdes, un grand nombre de produits (68) sont autorisés en France (cf. Tableau 11) : ces produits sont essentiellement destinés à la destruction des ravageurs des cultures.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 11. Principales cultures et cibles des traitements phytosanitaires autorisés en France par les substances néonicotinoïdes ; source : site internet e-phy²⁸.

Substances chimiques	Cultures	Cibles du traitement	Nombre de produits
Acétamipride C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄	<p>Agrumes Arbres et arbustes Artichaut Asperge Cerisier Choux pommés Choux Concombre Crucifères oléagineuses Cultures florales et plantes vertes Cultures ornementales Figuier Fines Herbes Laitue Melon Pêcher Plantes d'intérieur et balcons Poivron Pomme de terre Pommier Porte graine - Betterave industrielle et fourragère Porte graine - Légumineuses fourragères Porte graine - PPMC (Plante à Parfum, Aromatiques, Médicinales, Condimentaires), Florales et Potagères Porte graine Plante à Parfum, Aromatiques, Médicinales, Condimentaires Prunier Rosier Tabac Tomate</p>	<p>Chenilles phytophages Pucerons Acariens Cochenilles Oidium(s) Ravageurs divers Rouille(s) Coléoptères phytophages Mouches Aleurodes Acariens, phytoptes et tarsonèmes Cicadelles Thrips Mouches des fruits Pourritures du système racinaire Ravageurs des parties aériennes Chenilles foreuses des fruits Lixus Ravageurs du feuillage Maladies des taches noires</p>	19

²⁸ <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> (consulté en juillet 2015).

NEONICOTINOÏDES

Substances chimiques	Cultures	Cibles du traitement	Nombre de produits
Imidaclopride $C_9H_{10}ClN_5O_2$	Arbres et arbustes Avoine Betterave industrielle et fourragère Blé Céréales à paille Forêt Orge Pêcher Plantes d'intérieur et balcons Prunier Rosier Seigle	Hylobes des conifères Champignons autres que pythiacées Mouches Ravageurs des parties aériennes Ravageurs du sol Insectes xylophages et sous-corticaux Insectes du sol Pucerons	15
	Agrumes Arbres et arbustes Betterave industrielle et fourragère Concombre Cultures florales et plantes vertes Cultures ornementales Laitue Maïs doux Maïs Pêcher Plantes d'intérieur et balcons Pois Poivron Pomme de terre Pommier PPAMC Rosier Sorgho Tabac Tomate Vigne	Pucerons Acariens Cochenilles Maladies diverses Oïdium(s) Ravageurs divers Rouille(s) Ravageurs du sol Mouches Ravageurs des parties aériennes Aleurodes Acariens, phytoptes et tarsonèmes Chenilles phytophages Cicadelles Thrips Mouches des racines et des bulbes Ravageurs des parties aériennes Coléoptères phytophages Psylle(s) Puceron lanigère Maladies des taches noires Tordeuses de la grappe	
Thiaméthoxame $C_8H_{10}ClN_5O_3S$			24

NEONICOTINOÏDES

Substances chimiques	Cultures	Cibles du traitement	Nombre de produits
Thiaclopride C ₁₀ H ₉ ClN ₄ S	Amandier Arbres et arbustes Asperge Betterave industrielle et fourragère Cassissier Céréales à paille Cerisier Chataignier Crucifères oléagineuses Cultures florales et plantes vertes Cultures fruitières Cultures ornementales Figuier Fraisier Framboisier Fruits à coque Maïs Melon Noyer Olivier Pêcher Pois écosés frais Pois Pomme de terre Pommier Porte graine Prunier Rosier Traitements généraux	Pucerons Ravageurs du sol Coléoptères phytophages Mouches Chenilles phytophages Cochenilles Insectes xylophages Chenilles foreuses des fruits Ravageurs divers Mouches des fruits Aleurodes Balanin Mouche de l'olive Coléoptères phytophages Cicadelles, cercopides et psylles	10

Ce tableau des utilisations possible des néonicotinoïdes illustre une grande variété tant au niveau des cultures traitées que des ravageurs ciblés, néanmoins rappelons que, comme déjà indiqué précédemment, le principal usage phytosanitaire des substances néonicotinoïdes est lié à leur action insecticide pour la protection des grandes cultures (maïs, oléagineux, ...).

NEONICOTINOÏDES

La Figure 1, ci-après, résume les informations disponibles dans la BNV-d²⁹ quant aux usages phytosanitaires des substances néonicotinoïdes.

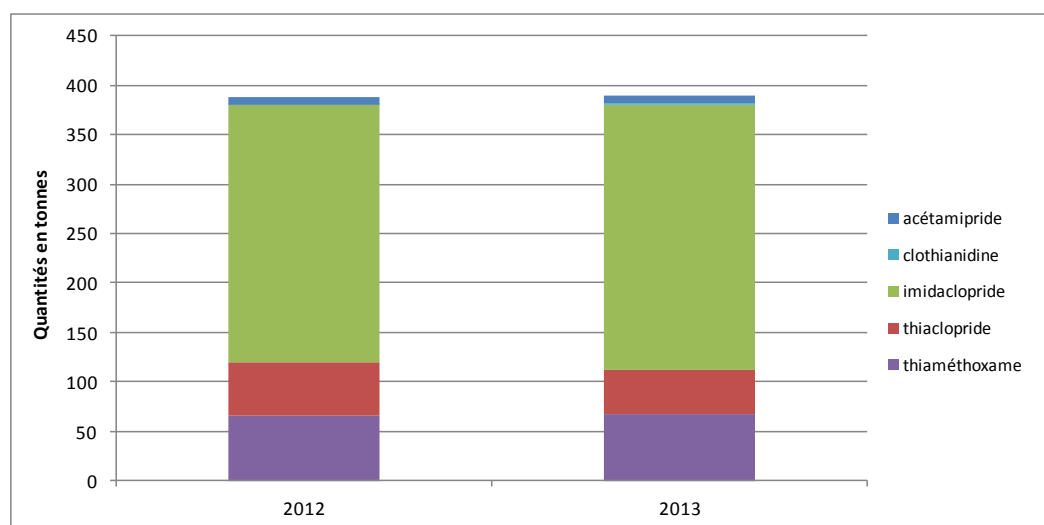


Figure 1. Quantités annuelles de substances néonicotinoïdes distribuées en France pour leurs usages phytosanitaires (exprimées en tonnes) ; source des données : BNV-d.

D'autre part, les substances néonicotinoïdes sont efficaces sur un grand nombre de ravageurs et présentent, pour certaines d'entre elles une bonne persistance environnementale (cf. Tableau 12), y compris pour les semences traitées (Borde *et al.*, 2010 ; Rouas *et al.*, 2005).

²⁹ Mise en place en 2009, la BNV-d (Banque nationale des ventes de produits phytosanitaires pour les distributeurs) est la base de données qui rassemble les informations déclarées par les distributeurs de produits phytosanitaires suite à la mise en place de la redevance pour pollutions diffuses. Cette redevance répond aux exigences de la loi sur l'eau de décembre 2006. Les données utilisées ici ont été extraites le 24/02/2015.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 12. Persistance environnementale des néonicotinoïdes exprimée par leur DT₅₀³⁰ dans les sols, d'après Morissey *et al.* (2015) reprenant des données du Pesticide Products Database (PPDB).

Substance :	Persistance de la substance dans le sol (DT50 en jours) :
Acétamipride	2-20
Clothianidine	13-1386
Dinotéfurane	50-100
Imidaclopride	104-228
Nitenpyrame	1-15
Thiaclopride	9-27
Thiaméthoxame	7-72

A titre d'illustration, en 2013, la somme des quantités de substances néonicotinoïdes vendues à visée phytosanitaire représentait plus de 14 % de l'ensemble des quantités de phytosanitaires employées en France pour un usage insecticide³¹ contre plus de 5 % en 2010.

2.2.3 PRODUITS BIOCIDES

Concernant les usages biocides des néonicotinoïdes, un grand nombre de produits (228) sont autorisés en France (cf. Tableau 13) : ces produits sont essentiellement destinés à la destruction/répulsion d'insectes et autres arthropodes.

Lors de cette étude, il n'a pas été identifié de chiffres concernant les quantités de biocides néonicotinoïdes produites ou employées en France. Néanmoins, SIMMBAD, l'inventaire des produits et des quantités commercialisées existe mais n'est pas librement disponible à la consultation.

³⁰ La DT50 correspond à la durée au bout de laquelle la moitié de la quantité initiale d'une substance utilisée a été détruite.

³¹ La somme totale des quantités de substances actives vendues en France en 2013 pour l'ensemble des insecticides+acaricides est issue de la BNV-d et atteint 2 689 tonnes et 2 038 tonnes en 2010 (Le Gall *et al.*, 2015).

NEONICOTINOÏDES

Tableau 13. Principaux types de produits et cibles des traitements biocides autorisés en France par les substances néonicotinoïdes ; source : site internet SIMMBAD³².

Substances chimiques	Type de produits	Cibles du traitement	Nombre de produits
Acétamipride C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄	Gel Appât Sticker fenêtre Granulés Spray ...	Fourmis Mouches Cafards Blattes Cloporte Insectes Araignées Mites Moustiques Chenilles Lépidoptères ...	164
Clothianidine C ₆ H ₈ ClN ₅ O ₂ S	Sticker fenêtre Gel Pâte	Mouches Blattes	3
Imidaclopride C ₉ H ₁₀ ClN ₅ O ₂	Gel Appât Sticker fenêtre Granulés Spray ...	Fourmis Mouches Blattes Cafards ...	48
Thiaméthoxame C ₈ H ₁₀ ClN ₅ O ₃ S	Granulés à disperser dans l'eau Appât en granulés Xylophène	Mouches Termites Insectes Champignons	3

³² Selon le site « Grand public » de SIMMBAD qui répertorie l'ensemble des produits biocides qui ont été déclarés et dont la déclaration a été acceptée ainsi que les produits bénéficiant d'une AMM 98/8/CE (<https://simmbad.fr/public/servlet/accueilGrandPublic.html?>).

NEONICOTINOÏDES

3 REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT

Pour les néonicotinoïdes, aucune source naturelle n'a été identifiée. Les rejets dans l'environnement sont donc localisés aux zones d'utilisation de ces substances et potentiellement, mais dans une bien moindre mesure, aux sites de formulation, d'emballage et/ou de stockage.

3.1 EMISSIONS ANTHROPIQUES TOTALES

En première estimation, les émissions anthropiques totales peuvent être approchées par les utilisations phytosanitaires de ces substances (près de 400 tonnes en 2013, cf. §2.2.2). Néanmoins, mêmes si ces usages sont principalement dirigés vers les sols et les plantes, il est difficile d'identifier le ou les milieu(x) récepteur(s) de ces émissions (atmosphère, eaux ou sols).

3.2 POLLUTIONS HISTORIQUES ET ACCIDENTELLES

Lors de cette étude, aucune information sur une éventuelle pollution historique et/ou accidentelle n'a été identifiée.

NEONICOTINOÏDES

4 DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

4.1 COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

4.1.1 DANS L'ATMOSPHERE

Selon Bonmatin *et al.* (2015) les néonicotinoïdes se distinguent des autres pesticides systémiques par des pressions de vapeur³³ peu élevées, ce qui indique une très faible propension à la volatilisation post-traitement de ces molécules.

Néanmoins, selon Greatti *et al.* (2003) l'utilisation de semences enrobées de nicotinoïdes pourrait générer l'émission atmosphérique de poussières contaminées (par des phénomènes d'abrasion lors de l'enrobage se déroulant à l'intérieur des semoirs pneumatiques) et ainsi des teneurs notables de ces substances dans la phase particulaire aérienne à proximité des lieux de production et d'utilisation des semences enrobées.

4.1.2 DANS LE MILIEU AQUATIQUE

Selon Anderson *et al.* (2015) les néonicotinoïdes présentent une faible volatilité. De plus, selon Morrissey *et al.* (2015) ces substances présentent simultanément une forte solubilité et de faibles coefficients de partage organique/eau : sans pouvoir la quantifier, ces données suggèrent néanmoins une pénétration préférentielle post-traitement de ces substances dans le milieu aquatique.

Armbrust et Peeler (2002) soulignent quant à eux le rôle du ruissellement après des événements pluvieux, relatif à l'introduction de ces substances dans les eaux de surface.

Lorsque ces substances atteignent le milieu aquatique, leur comportement peut être déduit de leurs propriétés physico-chimiques (cf. Tableau 14 ci-après).

³³ La pression de vapeur correspond à la pression qu'exercent, à une température donnée, les vapeurs d'un liquide d'un récipient clos qui le contient : plus cette valeur est importante, plus le liquide s'évapore facilement et se diffuse dans l'atmosphère.

NEONICOTINOÏDES

Tableau 14. Propriétés physico-chimiques des substances néonicotinoïdes en lien avec leur comportement dans le compartiment aquatique (d'après le site web PPDB).

Substances néonicotinoïdes	Solubilité et DT50 _{eau} ³⁴
Acétamipride C ₁₀ H ₁₁ ClN ₄	Forte solubilité DT50 _{eau} : modérément rapide
Clothianidine C ₆ H ₈ ClN ₅ O ₂ S	Solubilité modérée DT50 _{eau} : stable
Dinotéfurane C ₇ H ₁₄ N ₄ O ₃	Forte solubilité DT50 _{eau} inconnue
Imidaclopride C ₉ H ₁₀ ClN ₅ O ₂	Forte solubilité DT50 _{eau} : stable
Nitenpyrame C ₁₁ H ₁₅ ClN ₄ O ₂	Forte solubilité DT50 _{eau} : inconnue
Thiaclopride C ₁₀ H ₉ ClN ₄ S	Solubilité modérée DT50 _{eau} : modérément rapide
Thiaméthoxame C ₈ H ₁₀ ClN ₅ O ₃ S	Forte solubilité DT50 _{eau} : stable

De façon générale, les substances néonicotinoïdes semblent présenter des solubilités importantes et une persistance élevée dans le compartiment aquatique.

Suite aux traitements foliaires de culture par ces substances et à l'occasion d'épisodes pluvieux, il est donc possible qu'une part significative des quantités employées soit lessivée et entraînée vers les eaux.

4.1.3 DANS LE MILIEU TERRESTRE

Le Tableau 12, déjà présenté au §2.2.2, illustre la persistance importante dans les sols des substances néonicotinoïdes.

³⁴ La persistance dans le milieu aquatique ou temps de demi-vie (DT50) est évaluée par le temps de dégradation ou la dissipation de 50 % de la substance active présente dans le milieu.

NEONICOTINOÏDES

4.2 PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

4.2.1 DANS LE MILIEU AQUATIQUE

En France, des recherches de substances néonicotinoïdes dans les eaux de surface ont été entreprises ces dernières années, notamment par les Agences de l'Eau. Globalement, parmi les substances néonicotinoïdes recherchées seul l'imidaclopride semble observé avec une fréquence de détection de l'ordre de quelques pourcents (Eau Adour-Garonne, 2013 ; Pacteau et Sudraud, non daté).

Néanmoins, selon le Commissariat Général au Développement Durable (2015), l'année 2013 (dernière année pour laquelle les données ont été exploitées à la date de la rédaction de la note de synthèse en question) se démarque des années précédentes par la présence plus marquée dans les cours d'eau de France métropolitaine d'imidaclopride (en 2013, cette substance apparaît ainsi pour la première fois dans la liste des 15 substances les plus détectées dans les cours d'eau de France métropolitaine).

A titre d'exemple, citons le site internet de l'observatoire de l'eau de Bretagne³⁵ qui donne accès aux informations quant à la présence de pesticides dans les cours d'eau bretons. Sur ce territoire, on dénombre plusieurs centaines d'analyses dédiées aux substances néonicotinoïdes par an : parmi les néonicotinoïdes recherchés, seul l'imidaclopride est ainsi quantifié à des concentrations supérieures à 0,1 µg.L⁻¹.

4.2.2 DANS LE MILIEU TERRESTRE

Lors de la rédaction de cette fiche, il n'a pas été possible d'identifier des mesures de concentration de substances néonicotinoïdes dans le milieu terrestre.

4.2.3 DANS L'ATMOSPHERE

En France, des recherches de substances néonicotinoïdes dans le compartiment aérien ont été entreprises à titre expérimental ces dernières années par certaines AASQA³⁶.

A l'occasion de la rédaction de ce document, il n'a pas été possible d'identifier des données pouvant prétendre à la généralisation des valeurs observées à l'échelle du territoire français.

³⁵ <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/Tableaux-de-bord-interactifs/Eaux-de-surface/Pesticides> (consulté en octobre 2015).

³⁶ Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air.

NEONICOTINOÏDES

Néanmoins, des valeurs, de l'ordre de quelques nano grammes par mètre cube d'air, ont été rapportées pour l'imidaclopride en région PACA en 2012 (AirPACA, 2013). De même, des valeurs de l'ordre de quelques dixièmes de nano grammes par mètre cube d'air ont également été rapportées pour le thiaclopride en région Rhône-Alpes en 2012 (Air Rhône-Alpes, 2013).

NEONICOTINOÏDES

5 PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS

5.1 REDUCTION DES EMISSIONS DE NEONICOTINOÏDES

L'usage principalement agricole des substances néonicotinoïdes limite les possibilités de réduction des rejets a posteriori. En effet, en plein champ, les eaux de ruissellement ne sont généralement pas récupérées (aucun traitement n'est donc envisageable).

L'essentiel des possibilités de réduction des rejets passe donc par la réduction à la source ou de meilleures conditions pour l'utilisation des substances et/ou leur substitution.

5.2 ALTERNATIVES AUX USAGES DE NEONICOTINOÏDES

5.2.1 PRODUITS PHYTOSANITAIRES ET STRATEGIES DE SUBSTITUTION

Il semble difficile de trouver un unique produit de substitution pour remplacer les néonicotinoïdes et ce, sur l'ensemble des cultures et des usages concernés. En revanche, pratique par pratique, des traitements équivalents ayant recours à d'autres produits phytosanitaires peuvent être proposés : les correspondances sont listées, par exemple, dans l'index phytosanitaire (publication ACTA remise à jour annuellement).

Ainsi, pour lutter contre le taupin³⁷ du maïs, Wilde *et al.* (2004) et Ferro et Furlan (2012) ont, par exemple, observés que les insecticides pyréthriñoïdiens et organophosphorés peuvent être employés en remplacement des néonicotinoïdes.

Ainsi, la substitution des substances néonicotinoïdes par d'autres molécules ne semble pas poser de problème technique. En revanche, il convient de veiller à ce que la substitution d'un néonicotinoïde donné n'implique pas un recours accru à une autre substance néonicotinoïde, ou à une substance présentant des risques équivalents (voire plus élevés) pour la santé et pour l'environnement.

D'autre part, d'autres stratégies de protection des cultures (listées par European Parliament 2012 et Furlan et Kreutzweiser, 2014) peuvent également être employées afin de réduire, voire de substituer, le recours à des traitements phytosanitaires, notamment :

- La lutte biologique par exemple à travers l'emploi de nématodes³⁸ contre la chrysomèle³⁹;

³⁷ Selon le site www.gerbeaud.com (consulté en septembre 2015), le taupin désigne un insecte coléoptère dont les larves causent des dommages aux cultures.

NEONICOTINOÏDES

- La rotation des cultures afin de limiter la pression des insectes ravageurs (par exemple, la chrysomèle des racines du maïs étant spécifique de cette culture, écarter sa source alimentaire revient à l'éradiquer³⁹) ;
- La surveillance de la pression de ravageurs afin de mettre en place au cas par cas des cultures peu sensibles⁴⁰ ;
- La modification du calendrier de traitement des sols afin de mettre en place les cultures lorsque la pression de ravageurs est moins forte (en fonction des spécificités du cycle de vie de ces derniers) ;
- L'utilisation de culture et/ou d'espèces végétales peu sensibles aux ravageurs ;
- ...

Certains auteurs (notamment Furlan et Kreuzweiser, 2014) proposent, sur la base de retours d'expériences issus de l'observation de quelques cas concrets, une approche originale « d'assurance récolte », où les producteurs pourraient contracter une assurance en lieu et place de l'utilisation des insecticides dans le sol : cette assurance leur offrirait une compensation financière lorsque les pertes de rendement liées aux ravageurs seraient avérées. Néanmoins, lors de la rédaction de cette fiche, la réalité de la mise en place d'un tel système de prévoyance à grande échelle n'a pas été identifiée.

Néanmoins, comme souligné par Furlan et Kreuzweiser (2014), l'adoption de ces techniques alternatives à l'utilisation de substances néonicotinoïdes nécessite un renforcement de l'effort de formation des agriculteurs par les organismes publics ou interprofessionnels. Ceci pourrait par exemple se traduire par l'abandon des cultures à risque dans les zones où le professionnel a identifié les signes d'un risque d'infestation.

De plus, une évolution réglementaire pourrait également encourager un plus large recours aux solutions alternatives.

³⁸ Selon le site http://www.gerbeaud.com/jardin/jardinage_naturel/nematodes-auxiliaires-lutte-biologique,1435.html (consulté en septembre 2015), les nématodes sont employés en lutte biologique contre les insectes ravageurs qui vivent dans le sol : c'est au stade larvaire que les nématodes infestent leurs proies provoquant la mort par septicémie.

³⁹ Selon le site http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/inv_le_maïs/insecticides_1/la_chrysomele_ravageur_du_maïs.html (consulté en septembre 2015), la chrysomèle est un coléoptère ravageur des cultures (notamment de maïs pour *Diabrotica virgifera virgifera* dit chrysomèle des racines du maïs) : ses larves s'attaquent aux racines des végétaux pour se nourrir.

⁴⁰ En fonction du ravageur rencontré, selon Furlan et Kreuzweiser (2014) et Furlan *et al.* (2001) des pièges à phéromones pour le taupin et le ver-gris noir de la noctuelle baignée ou selon Schaub *et al.* (2011) des pièges collant pour la chrysomèle des racines du maïs peuvent être employés pour cette surveillance. De plus, cette observation peut également être couplée avec un modèle informatique de développement des ravageurs afin d'accroître encore la qualité de la prévision.

NEONICOTINOÏDES

5.2.2 PRODUITS BIOCIDES ET STRATEGIES DE SUBSTITUTION

Il semble difficile de trouver un unique produit de substitution pour remplacer les néonicotinoïdes et ce, sur l'ensemble des usages biocides concernés. En revanche, pratique par pratique, des traitements équivalents ayant recours à d'autres produits biocides peuvent être proposés.

Par exemple, pour combattre les moustiques adultes, CNEV (2014) indique que la substance active spinosad ($C_{41}H_{65}NO_{10}$ + $C_{42}H_{67}NO_{10}$) présente la même action biologique que les substances néonicotinoïdes.

D'autre part, Tetreau (2012) rapporte également l'utilisation de Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) pour contrôler les populations de moustiques : l'utilisation de cette bactérie illustre donc l'existence d'alternatives « non-chimiques » à certaines utilisations des néonicotinoïdes en tant que biocide.

5.2.3 COUTS DE LA SUBSTITUTION

Du fait du grand nombre de substituts (voire de techniques alternatives) possibles à l'usage à visées phytosanitaires ou biocides des néonicotinoïdes il apparaît difficile de chiffrer le coût de la substitution.

Au sujet de la lutte phytosanitaire contre le taupin du maïs, en 2013, Arvalis indiquait par exemple que des produits alternatifs à un produit contenant la substance néonicotinoïde thiaclopride étaient disponibles à des coûts proches voire moindres (produits basés sur les substances pyréthriodiennes tefluthrine et cyperméthrine ou sur la substance organo-phosphorée chlorpyrifos-éthyl⁴¹).

Néanmoins d'autres sources, indiquent que l'interdiction des néonicotinoïdes entraînerait des baisses de rendement pour les cultures concernées⁴² ; notamment pour les oléagineux⁴³.

⁴¹ A ce jour et depuis 2013, les produits contenant du chlorpyrifos-éthyl ne sont plus autorisés à la vente en France.

⁴² Site internet agriculture et environnement (<http://www.agriculture-environnement.fr/a-la-une/nouvelle-offensive-contre-les>) consulté en septembre 2015.

⁴³ Site internet (<http://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/appros-phytosanitaire/article/une-baisse-de-la-production-europeenne-en-2015-216-107803.html>) consulté en septembre 2015.

NEONICOTINOÏDES

Sur quelques cas concrets (notamment le cas de la lutte contre le taupin sur des cultures de maïs en Italie) certains auteurs (Furlan *et al.*, 2014 ; van der Sluijs *et al.*, 2014) ont calculé que le coût des traitements généralisés sur l'ensemble des parcelles cultivées à l'aide de substances néonicotinoïdes est souvent supérieur aux coûts des dommages supportés par les cultures (réensemencement nécessaire, retard et perte de rendement des cultures, ...). Comme déjà exposé au § 5.2.1, face à cette situation, Furlan et Kreuzweiser (2014) proposent la mise en place d'un programme « d'assurance récolte ». Rappelons néanmoins que, lors de la rédaction de cette fiche, la réalité de la mise en place d'un tel système de prévoyance à grande échelle n'a pas été identifiée.

NEONICOTINOÏDES

6 CONCLUSION

A ce jour, en France, les substances néonicotinoïdes sont principalement employées dans le domaine agricole pour protéger les cultures contre certains insectes. Dans ce secteur, la faible diversité des utilisations de ces molécules constitue donc un critère facilitant une éventuelle substitution de ces substances par d'autres produits phytosanitaires (voire par des techniques alternatives de traitements des cultures).

Néanmoins, l'abandon de l'utilisation de ces substances pourrait avoir des conséquences en termes de baisse de rendement des cultures. Face à cette situation, un recours plus systématique à la surveillance de la pression des ravageurs pourrait apporter des éléments de décision quant à une gestion des cultures plus fine basée sur une approche coûts/bénéfices des solutions agronomiques déployées.

NEONICOTINOÏDES

7 REFERENCES

7.1 SITES INTERNET CONSULTÉS

ARVALIS Institut du végétal, l'institut technique au service des agriculteurs et des filières (www.arvalisinstitutduvegetal.fr/).

Gerbaud Site éditorial centré sur l'univers du jardin (http://www.gerbeaud.com/jardin/jardinage_naturel/nematodes-auxiliaires-lutte-biologique,1435.html).

PPDB Pesticide Properties DataBase (Base de données anglaise sur les substances phytopharmaceutiques) gérée par l'Université du Hertfordshire (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>).

SANDRE Le portail eaufrance sur la normalisation et les données de références sur l'eau (www.sandre.eaufrance.fr).

7.2 BIBLIOGRAPHIE

ACTA, Association de Coordination Technique Agricole, 2015. Index phytosanitaire ACTA 2015, 51^{ème} édition, 984 p.

AirPACA, 2013. Observatoire des Résidus de Pesticides en PACA : Année 2012, 74 p. (http://www.atmopaca.org/files/et/131031_AIRPACA_ORPPACA_pesticides_2012_AA.pdf).

Air Rhône-Alpes, 2013. Etude des concentrations de pesticides liées aux épandages contre la mouche du brou de noix, 36 p. (http://www.air-rhonealpes.fr/sites/ra/files/publications_import/files/2012_concentrations_pesticides_mouche_brou_noix.pdf).

Anderson, J.C., Dubetz, C., Palace V.P., 2015. Neonicotinoids in the Canadian aquatic environment: A literature review on current use products with a focus on fate, exposure, and biological effects, Science of The Total Environment, Volume 505, 1 February 2015, Pages 409-422, ISSN 0048-9697, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.090>.

Armbrust, K. et Peeler, H., 2002. Effects of formulation on the run-off of imidacloprid from turf. Pest Manag Sci. 58, Pages 702-706.

Arvalis, 2013. Protection du Maïs contre les ravageurs. Présentation Arvalis, Institut du végétal, http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.jspz?id=23672&prop=file.

Bass, C., Denholm, I., Williamson, M., Nauen, R., 2015. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides, Pesticide Biochemistry and Physiology, Volume 121, June 2015, Pages 78-87, ISSN 0048-3575, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>.

NEONICOTINOÏDES

- Bonmatin, J.-M., Giorio C., Girolami V., Goulson D., Kreuzweiser D. P., Krupke C., Liess M., Long E., Marzaro M., Mitchell E. A. D., Noome D. A., Simon-Delso N., Tapparo A., 2015. Environmental Science and Pollution Research, January 2015, Volume 22, Issue 1, pp 35-67, <http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3332-7#>.
- Borde, O., Cannaert, F., Gobert, L., Laporte, J.M., Rambach, O., 2010. Le thiaméthoxame, insecticide en protection des semences. Phytoma n°632, mars 2010.
- Casida, J.E., Durkin, K.A., 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. Annu Rev Entomol 58:99- 117.
- Commissariat Général au Développement Durable, 2015. Les pesticides dans les cours d'eau français en 2013. Chiffres et statistiques n°697, 12 p. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CS697.pdf>).
- CNEV, 2014. Utilisation des insecticides et gestion de la résistance. Centre National d'Expertise sur les Vecteurs, 70 p. (http://bioinfo-web.mpl.ird.fr/cnev/images/pdf/notes_et_avis/2014%2002%2025%20cnev%20utilisation%20des%20insecticides%20et%20gestion%20de%20la%20resistance.pdf).
- Eau Adour-Garonne, 2013. Qualité des eaux et produits phytosanitaires sur le bassin Adour-Garonne : Situation 2012, 12 p. (<http://www.eau-adour-garonne.fr/fr/toute-l-actualite/annee-2013/e-trimestre-2013/contamination-pesticides.html>).
- European Parliament, 2012. Existing Scientific Evidence of the Effects of Neonicotinoid Pesticides on Bees, document PE 492.465 (ISBN 978-92-823-4667-9), 28 p, http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/JOIN/2012/492465/IPOL-ENVI_NT%282012%29492465_EN.pdf.
- Ferro, G., Furlan, L., 2012. Mais: strategie a confronto per contenere glielateridi. L'Informatore Agrar 42(Supplemento Difesa delle Colture):63-67.
- Furlan, L., Benvegnu', I., Cecchin, A., Chiarini, F., Fracasso, F., Sartori, A., Manfredi, V., Frigimelica, G., Davanzo, M., Canzi, S., Codato, F., Bin, O., Nadal, V., Giacomel, D., 2014. Difesa integrata del mais: come applicarla in campo. L'Informatore Agrar 9 (Supplemento Difesa delle Colture):11-14.
- Furlan, L., Kreuzweiser, D.P., 2014. Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. Environ Sci Pollut Res (Environ Sci Pollut Res (2015) 22:1-4.
- Furlan, L., Zangheri, S., Barbieri, S., Lessi, S., Delillo, I., Barbi, A., Brichese, F., 2001. Black cutworm alert programme in Italy. Proceedings of XXI IWGO Conference, Legnaro Italia, 27 ottobre - 3 Novembre 2001:407-412.
- Greatti, M., Sabatini, A.G., Barbattini, R., Rossi, S., Stravisi, A., 2003. Risk of environmental contamination by the active ingredient imidacloprid used for corn seed dressing. Preliminary results. Bull Insectol 56:69-72.
- Hopwood, J., Vaughn, M., Shepherd, M., Biddinger, D., Mader, E., Black, S.H., Mazzacano C., 2012. Are Neonicotinoids Killing Bees? A Review of Research into the Effects of Neonicotinoid Insecticides on Bees, with Recommendations for Actions. 32p. The Xerces Society for In vertebrate Conservation, http://www.xerces.org/wp-content/uploads/2012/03/Are-Neonicotinoids-Killing-Bees_Xerces-Society1.pdf.
- INRS, 2015.Fiche toxicologique FT 309 : Imidaclopride, www.inrs.fr/dms/inrs/FicheToxicologique/TI-FT-309/ft309.pdf.
- Jeschke, P. et Nauen, R., 2005. 5.3 - Neonicotinoid Insecticides, In Comprehensive Molecular Insect Science, edited by Lawrence I. Gilbert, Elsevier, Amsterdam, 2005, Pages 53-105, ISBN 9780444519245, <http://dx.doi.org/10.1016/B0-44-451924-6/00069-7>.
- Jeschke, P., Nauen R., Schindler, M., Elbert, A., 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. J Agric Food Chem, 59 (2011), pp. 2897-2908, <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf101303g>.

NEONICOTINOÏDES

- Le Gall, A.C., Chatelier, J.Y., Jouglet, P., Chavane, L., 2015. Analyse des données de la BNV-D sur la période 2008-2013. Rapport ONEMA/INERIS, N° DRC-15-136869-07538A, 99 p.
- Ministère en charge de l'agriculture ; 2014. Note de suivi 2014 : Tendances du recours aux produits phytosanitaires de 2008 à 2013, 22p. (<http://www.ecophytozna-pro.fr/documents/detail/400>).
- Morrissey, C., Mineau, P., Devries, J., Sanchez-Bayo, F., Liess, M., Cavallaro, M., Liber, K., 2015. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review, *Environment International*, Volume 74, January 2015, Pages 291-303, ISSN 0160-4120, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.024>.
- Rouas G., Destombes M., Hulin, L., 2005. L'acétamipride ? Insecticide systémique pour arbres fruitiers ; cultures légumières et tabac. *Phytoma* n° 581, avril 2005.
- Pacteau, C. et Sudraud, J., non daté. Aspects partiels de la contamination par l'imidaclopride en France, 7 p. (http://files.biolovision.net/www.migraction.net/pdf/files/news/ACONTAMINATION_par_L-IMIDACLOPRIDE_en_FRANCE2011-7962.pdf).
- Schaub, L., Furlan, L., Toth, M., Steinger, T., Carrasco, L.R., Toepfer, S., 2011. Efficiency of pheromone traps for monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *OEPP/EPPO Bull* 41:189-194. Sheets, L., 2010. Chapter 95 - Imidacloprid: A Neonicotinoid Insecticide. *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition)*, 2010, Pages 2055-2064.
- Tetreau, G., 2012. Devenir du bioinsecticide Bti dans l'environnement et impact sur le développement de résistances chez le moustique. Thèse d'université (Université de Grenoble) soutenue le 30 Mai 2012, 378 p. (<http://www.cnev.fr/index.php/publications-et-outils/base-documentaire/category/11-biocides-produits-de-lav>).
- Thèse d'université (Université de Grenoble) soutenue le 30 Mai 2012 par Guillaume TETREAU.
- The Pesticide Manual, 2006. 14th edition, edited by Clive Tomlin, BCPC November 2006, 1349 p
- University of Hertfordshire, 2013. The Pesticide Properties DataBase (PPDB) developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU), University of Hertfordshire, <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm>.
- Rao, Q., Xu, Y., Luo, C., Zhang, H., Jones, C., Devine, G., Gorman, K., Denholm, I. Characterisation of Neonicotinoid and Pymetrozine Resistance in Strains of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from China, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 11, Issue 2, February 2012, Pages 321-326, ISSN 2095-3119, [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60016-1](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60016-1).
- Van der Sluijs, J., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L., Bijleveld van Lexmond, M., Bonmatin, J.-M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D., Krupke, C., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E., Morrissey, C., Noome, D., Pisa, L., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J., Tapparo, A., van Dyck, H., van Praagh, J., Whitehorn, P., Wiemers, M., 2014. Conclusions of the worldwide integrated assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environ Sci Pollut Res*.
- Wilde, G., Roozeboom, K., Claassen, M., Janssen, K., Witt, M., 2004. Seed treatment for control of early-season pests of corn and its effect on yield. *Agric Urban Entomol* 21(2):75-85.