HAL
open science

Comprendre le devenir des phytos dans l'atmosphère

Laëtitia Prevost, Eve Chretien, Frédéric Pierlot, Emma Soulé, Christian Bockstaller, Carole Bedos

To cite this version:

Laëtitia Prevost, Eve Chretien, Frédéric Pierlot, Emma Soulé, Christian Bockstaller, et al.. Comprendre le devenir des phytos dans l'atmosphère. Phytoma , 2022, 751, pp.42-46. hal-03562504

HAL Id: hal-03562504

https://hal.science/hal-03562504v1

Submitted on 9 Feb 2022

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.

N° 751 FÉVRIER 2022 PHYTOMA

Comprendre le devenir des phytos dans l'atmosphère

Pendant quatre ans, les mécanismes de transferts de produits phytosanitaires dans l'air ont été étudiés afin de sensibiliser la profession agricole aux bonnes pratiques.

LAËTITIA PRÉVOST[1], EVE CHRÉTIEN[2], FRÉDÉRIC PIERLOT[1] [3], EMMA SOULE[3] [4], CHRISTIAN BOCKSTALLER[4], CAROLE BEDOS[5]

(1) Chambre régionale d'agriculture Grand-Est. (2) Atmo Grand-Est. (3) Scara - Arcis-sur-Aube. (4) Inrae, UMR Université Lorraine-Inrae, UMR LAE Nancy-Colmar. (5) Université Paris-Saclay, Inrae, AgroParisTech, UMR Ecosys

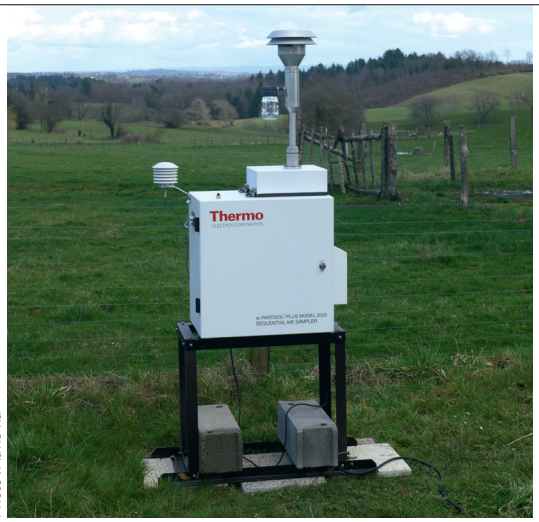


Photo : Atmo na

Dispositif de prélèvement moyen débit Partisol, conforme à la norme Afnor, utilisé lors des essais entre 2017 et 2019.

La présence des produits phytosanitaires dans l'air est une thématique complexe et récente pour le monde agricole. La situation s'accélère avec une volonté certaine d'avancer sur la problématique au niveau national. Il est donc primordial de disposer de connaissances techniques, scientifiques et d'outils pour appréhender les mécanismes de transferts de produits dans l'air et pouvoir accompagner la profession vers des solutions limitant les risques tout en garantissant les productions : c'est l'objectif du projet Repp'Air.

RÉSUMÉ

CONTEXTE - Exacerbée par les débats autour de la protection des riverains, la problématique de la présence des produits phytosanitaires dans l'air fait l'objet d'une attention accrue, alors que les études se sont longtemps concentrées sur le devenir dans les eaux et le sol.

ÉTUDE - Le projet RePP'Air visait à mieux appréhender les processus de transferts de produits phytosanitaires dans l'air *via* la mise en place d'un réseau de sept dispositifs de mesures sur des espaces agricoles français. Il a permis une analyse des concentrations mesurées dans l'air en lien avec les pratiques agricoles sur chaque site.

RÉSULTATS - Après quatre années d'étude (2017-2020), RePP'Air a permis de mieux comprendre les mécanismes influençant les transferts dans l'air, de sensibiliser la profession grâce à la réalisation de fiches précisant notamment les leviers d'actions susceptibles de limiter les risques.
Des pistes de travail ont été identifiées. Par ailleurs les sous indicateurs volatilisation et dérive aérienne de l'indicateur de risque I-Phy ont été améliorés.

MOTS-CLÉS - Mesures, pratiques agricoles, volatilisation, transferts dans l'air, dérive, indicateur.

Sept sites pour suivre les émissions dans l'air

Le projet Repp'Air, initié en 2017 pour une période de quatre ans, soutenu par le CasDar et porté par la chambre régionale d'agriculture Grand-Est et 25 partenaires (Encadré 1), vise à mieux comprendre les mécanismes de transfert de produits phytosanitaires dans l'air grâce à un dispositif expérimental inédit, et dont l'objectif est d'apporter des connaissances nouvelles à valoriser auprès du secteur agricole. En effet, les connaissances relatives aux émissions de produits phytosanitaires dans le compartiment

1 – Les partenaires du projet Repp'Air

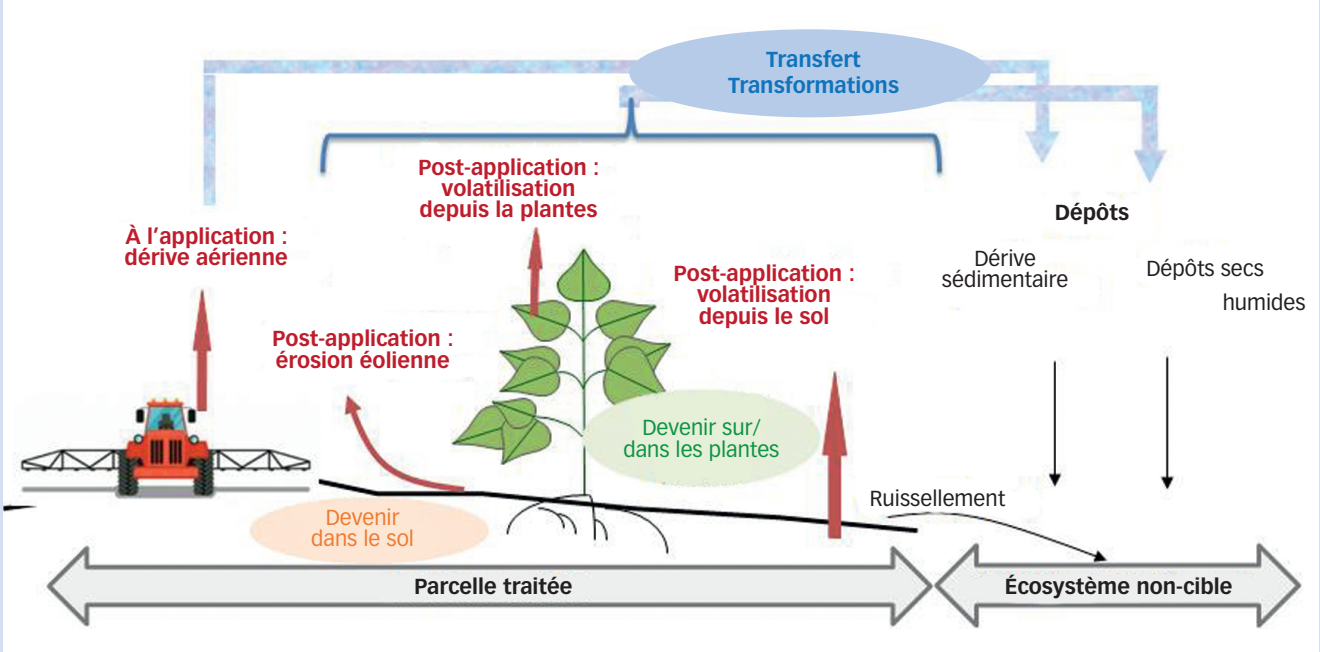
Neuf chambres d'agriculture régionales et départementales : Grand-Est, Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle-Aquitaine, Charente, Centre-Val de Loire, Cher, Auvergne-Rhône-Alpes, Drôme.

Six associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQAs) : Atmo Grand-Est, Air Breizh, Air Pays de la Loire, Atmo Nouvelle-Aquitaine, Lig'Air, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Trois organismes de recherche : Inrae Colmar et Paris-Grignon, Ineris.

Huit lycées agricoles : Obernai-Erstein, Metz-Courcelles-Chaussy, Le Rheu, Briacé, L'oisellerie d'Angoulême, Subdray, MFR d'Anneyron, Alpa-IS4A.

2 – Les principales voies de transfert des produits phytosanitaires dans l'air



Les produits phytosanitaires peuvent être émis vers l'atmosphère :
– pendant l'application par dérive aérienne des gouttelettes de pulvérisation ;
– en post-application par volatilisation depuis la surface traitée, que cela soit la plante ou le sol ;
– par érosion éolienne (voir figure).

Une fois émis vers l'atmosphère, les produits vont subir des réactions chimiques, être transportés et se déposer soit par dérive sédimentaire (lorsque l'on parle des gouttelettes de pulvérisation), soit par dépôts secs ou humides. Ils contribuent alors à une éventuelle contamination d'écosystèmes non-cibles.

Il faut noter que la temporalité des processus de dérive et de volatilisation est différente : la dérive a lieu pendant l'application alors que la volatilisation peut durer plusieurs jours à quelques semaines après l'application. Par ailleurs, l'état des composés diffère : lors des transferts pendant l'application, le composé sera sous forme de gouttelettes, voire de gaz ; il sera essentiellement sous forme de gaz, voire sous forme particulaire lors des transferts après l'application. Ainsi, les concentrations que l'on observe en un lieu donné et ponctuellement dépendent des processus d'émission, de devenir et de transport dans l'atmosphère, de dépôt, ainsi que de la configuration spatiale locale en aval de la parcelle traitée.

aérien restent incomplètes. Les références relatives aux leviers d'action pour limiter ces transferts portent plus sur l'émission par dérive, que l'émission par volatilisation (Encadré 2), même si certains leviers permettant d'agir sur la dérive peuvent également bénéficier à la limitation de la volatilisation.

Le projet s'appuie sur sept sites expérimentaux répartis dans six régions de France métropolitaine aux contextes pédoclimatiques variés. Sur ces sites, différents systèmes agricoles sont suivis : grandes cultures, viticulture, arboriculture, polyculture-élevage, et des sites « mixtes », par exemple grandes cultures/arboriculture (Figure 1).

Une méthodologie commune à l'ensemble des sites suivis

Un dispositif de mesures harmonisé

Les associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ont réalisé les mesures de produits phytosanitaires dans l'air durant trois campagnes entre 2017 et 2019, et selon un protocole harmonisé sur *a minima* vingt semaines par an et par site. Un préleveur moyen débit (Partisol avec un débit de 1 m^3/h ; photo 1), conforme à la norme Afnor (ISO X43-058), a été utilisé. En parallèle, une station météorologique a été installée sur chacun des sites pour mesurer des paramètres tels que les températures, précipitations, vitesses des vents, humidités relatives.

Sélection des substances actives recherchées

La sélection des substances actives a été réalisée selon plusieurs étapes successives :

• classement de 276 substances en fonction des quantités vendues issues de la banque nationale des ventes réalisées par les distributeurs de produits phytosanitaires (BNV-D) dans un rayon de 5 km autour des sites de mesure et de leur potentialité à se retrouver dans l'air ; ce classement a été effectué par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) grâce à l'outil Sph'Air (Gouzy *et al.*, 2005) ;

• à partir de ce classement, une sélection locale a été réalisée grâce à une expertise combinant approche agronomique, connaissance des itinéraires techniques et données sur la qualité de l'air (historique des mesures) pour chacune des régions par les chambres d'agriculture et les AASQAs ;

• les substances actives préconisées par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)[1] pour la surveillance des produits phytosanitaires dans l'air

(1) https://tinyurl.com/49h8xvj3

ont ensuite été comparées à la liste, et si elles n'étaient pas présentes, intégrées ;
• enfin, la liste de substances régionales ainsi créée (le nombre moyen de substances analysées par site est présenté en Figure 2) a été transmise aux laboratoires d'analyse Ianesco et Micropolluants pour validation de la faisabilité métrologique.

Des enquêtes de pratiques agricoles associées aux mesures

Des enquêtes de pratiques agricoles ont été réalisées durant les trois campagnes de suivi et pour chaque site, afin de comparer les pratiques aux données de mesures dans l'air. Ces enquêtes se sont déroulées sur un rayon de 1 km autour du préleveur d'air installé sur chacun des sites. Le choix du rayon de 1 km constituait le compromis entre faisabilité technique (notamment en zone viticole) et surface suffisante pour expliquer les mesures. Elles portaient sur les pratiques couvrant l'ensemble de la période de traitement (produits, doses, dates, matériels, etc.).

> Le **transfert** dans l'air de certaines substances actives peut **varier** selon la formulation.

Une majorité des molécules utilisées non présentes dans l'air

Les trois campagnes de mesures ont permis de dresser un premier constat pour les sites étudiés : la majorité des molécules utilisées ne se retrouvent pas dans l'air (Figure 3).
Dans cette étude, quatre cas de figures sont observés :
• des substances actives utilisées régulièrement mais jamais retrouvées dans l'air ;
• des substances actives utilisées régulièrement et quantifiées uniquement en périodes de traitement ; il s'agit d'un transfert rapide, qui peut être de la dérive (lors de la réalisation du traitement) ou de la volatilisation rapide ;
• des substances actives utilisées et retrouvées au-delà de la période de traitement ; il s'agit alors d'un transfert plus lent, qui correspond au phénomène de volatilisation ;
• des substances actives quantifiées ponctuellement à de faibles teneurs ou simplement détectées, mais non recensées dans les enquêtes de pratiques sur la zone d'étude ; ce cas de figure peut correspondre à des substances actives appliquées au-delà du périmètre d'enquête ou provenir de parcelles qui n'ont pas été enquêtées sur la zone.

Fig. 1 : Sites expérimentaux suivis dans le cadre du projet Repp'Air et partenaires du projet

Identification des facteurs d'influence

Analyse statistique

Pour tenter de mieux comprendre les processus impliqués dans les transferts de produits phytosanitaires dans l'air observés dans l'étude Repp'Air, une analyse statistique a été réalisée à partir de vingt substances actives utilisées et/ou mesurées sur les trois campagnes du projet et sur les différents sites. Parmi ces vingt substances, douze correspondent au cas de figure de transferts par volatilisation, huit sont des molécules appliquées mais peu ou pas mesurées dans l'air.

L'influence des caractéristiques physico-chimiques confirmée

En analysant statistiquement l'influence des caractéristiques physico-chimiques des vingt molécules (dix fongicides, neuf herbicides et un insecticide), il a été constaté une tendance selon laquelle les fongicides les plus fréquemment retrouvés dans l'air ont une pression de vapeur saturante et une constante de Henry plus élevées que ceux moins ou peu quantifiés. Plus ces deux caractéristiques ont des valeurs élevées, plus les molécules sont volatiles.
L'analyse a également montré que les herbicides les plus fréquemment retrouvés avaient généralement un caractère hydrophobe (LogKow élevé), donc sont peu solubles dans l'eau, et une valeur élevée de la constante de Henry, ce qui corrobore la bibliographie sur le sujet. Dans notre étude, il s'agit d'herbicides appliqués à des stades précoces des cultures qui ont principalement un mode d'action racinaire.

Des liens entre usages et substances actives mesurées dans l'air

Pour certaines des vingt substances actives analysées statistiquement, une corrélation est constatée entre les quantités appliquées et les flux mesurés (voir tableau).

Une influence de la formulation des produits identifiée

L'analyse statistique a montré que, pour certaines substances actives, leur transfert dans l'air pouvait varier selon la formulation du produit. Notre jeu de données, n'a pour autant pas permis de déterminer de manière précise le type de formulation réduisant la

volatilisation. Des travaux de recherche supplémentaires sont nécessaires pour analyser le comportement de chaque molécule selon la formulation.

Une influence des conditions météorologiques déjà démontrée

Dans l'analyse statistique de Repp'Air, l'influence des conditions météorologiques n'a pas pu être démontrée statistiquement (seulement quelques tendances) car les mesures de concentrations ont été réalisées à l'échelle hebdomadaire, ce qui lisse tous les événements climatiques et ne nous a pas permis d'exploiter cette donnée. Toutefois, les liens entre conditions météorologiques et mesures de substances actives dans l'air ont déjà été démontrés par de précédentes études bibliographie : de fortes températures, des vents forts ou un sol humide peuvent favoriser les transferts vers l'air (Bedos *et al.,* 2002 ; Lichiheb *et al.,* 2015). Pour étudier plus finement le lien avec la météorologie, il faudrait envisager des suivis plus fins (journaliers par exemple).

Résultats de l'analyse statistique sur l'influence des usages sur les flux de substances actives mesurés

Nombre de substances actives (SA) selon la corrélation mise en évidence	Perspective
• Deux SA sont appliquées et jamais retrouvées dans l'air	
• Quatre SA sont appliquées et peu retrouvées dans l'air	
• Cinq SA retrouvées dans l'air présentent une corrélation statistique entre quantité appliquée et flux mesurés	➔ Pour ces molécules, un conseil et des pratiques permettant la réduction d'usage à l'échelle du territoire peut être un bon levier pour réduire les transferts dans l'air
• Cinq SA présentent une tendance de corrélation entre quantité appliquée et flux mesurés	
• Quatre ne présentent pas de lien statistique entre quantités appliquées et flux mesurés	➔ Pour ces molécules, le jeu de données du projet est trop faible pour expliquer les mécanismes de transfert : un besoin de recherche pour préciser et proposer des solutions est identifié

Évaluer le risque de contamination de l'air

L'indicateur I-Phy (issu de la méthode Indigo développée par l'Inrae) permet d'estimer le risque de transfert de produits phytosanitaires vers l'environnement (eau, air) en fonction des pratiques agricoles appliquées du milieu.

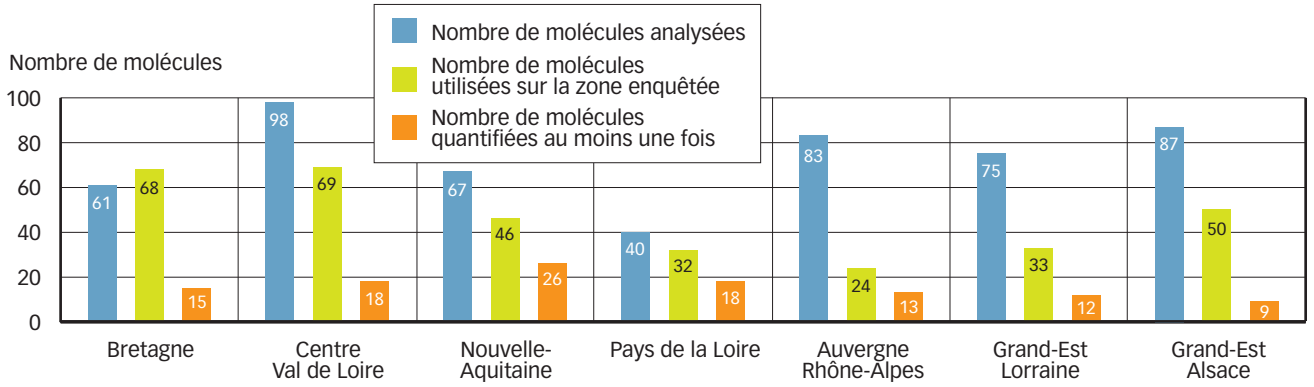
Le projet a permis de revoir totalement le mode de calcul de l'indicateur I-Phy pour le risque air. Dans la version d'origine développée par van der Werf et Zimmer (1998), l'indicateur reposait sur un arbre de décision utilisant la logique floue et agrégeant la constante de Henry, une variable prenant en compte l'incorporation de la substance active, la demi-vie (DT50 labo) et la dose journalière admissible (DJA) avec un poids prépondérant donné à la première variable. Dans cette nouvelle version, deux sous-indicateurs évaluant respectivement le risque de contamination de l'air par volatilisation (R. Cairvol) et par dérive aérienne ont été développés et améliorés. L'évaluation du risque de volatilisation a été basée sur des équations empiriques de Woodrow *et al.* (1997) et avec des facteurs d'abattement tenant compte de l'environnement de la parcelle (présence de haies hautes et denses pouvant limiter la propagation), et au niveau de la plante (mode d'action de la substance, pénétration de la substance dans la plante, etc.). Le second sous-indicateur évaluant le risque de dérive aérienne permet de prendre en compte cinq variables choisies selon des données bibliographiques (Bahrouni *et al.,* 2010) : le type de pulvérisateur (classique, antidérive, etc.), la vitesse du tracteur, la hauteur de la rampe, l'utilisation de buse antidérive et la pression de l'air.

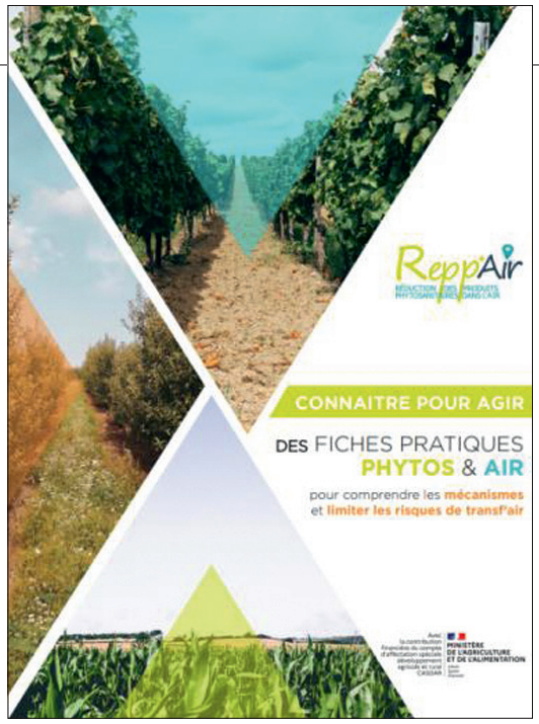
Ainsi, l'outil I-Phy permet d'apporter une réponse au risque de transfert selon les pratiques et a pour objectif, à terme, d'accompagner le conseil agricole, en permettant d'évaluer et de comparer les risques associés à différents itinéraires techniques.

Des références valorisées auprès du secteur agricole

L'ensemble des résultats acquis sont valorisés dans un recueil de « Fiches pratiques phytos & air pour

Fig. 2 : Moyennes sur trois campagnes par site du nombre de molécules analysées, du nombre de molécules utilisées sur la zone enquêtée et du nombre de molécules quantifiées au moins une fois





Des « Fiches pratiques phytos & air » sont mises à destination du secteur agricole.

comprendre les mécanismes et limiter les risques de transf'air » à destination du secteur agricole (voir ci-contre). Les 25 fiches ont pour objectifs d'apporter les bases de connaissances sur les liens entre l'agriculture et l'air, les produits phytosanitaires, les résultats du projet, et de présenter des pratiques agricoles (adaptation du matériel de pulvérisation, méthodes alternatives, reconception de systèmes, aménagements, etc.) permettant de réduire les transferts de produits phytosanitaires dans le compartiment aérien pour les filières grandes cultures, viticulture et arboriculture. Les fiches (ainsi que la vidéo du webinaire de restitution du projet) sont disponibles sur le site internet de la chambre régionale d'agriculture du Grand-Est.

Perspectives

Repp'Air a permis d'améliorer les connaissances sur les mécanismes de transferts de produits phytosanitaires dans l'air et une appropriation des enjeux par le secteur agricole. Il a mis en exergue l'influence de certains facteurs sur la volatilisation, et l'intérêt de développer un indicateur de risque de transfert I-Phy. La richesse du projet réside dans le partenariat entre les acteurs agricoles, les acteurs de l'air, de la recherche agronomique et de l'enseignement agricole. Repp'Air a permis d'identifier des besoins complémentaires : évaluer finement en condition réelle au champ des leviers d'action pour limiter les transferts, notamment par volatilisation, pour différents systèmes agricoles et dans différents contextes pédoclimatiques ; répondre à des questions levées par l'analyse statistique sur les processus de transfert, tel que par exemple l'influence de la formulation sur les mécanismes de transferts par volatilisation ; et enfin faciliter l'appropriation des connaissances acquises pour la prise en compte du compartiment aérien dans le conseil phytosanitaire et les pratiques agricoles.

POUR EN SAVOIR PLUS

CONTACT : laetitia.prevost @grandest.chambagri.fr

LIEN UTILE : https://tinyurl.com/mvtmjs6h

BIBLIOGRAPHIE : - Bahrouni H., Sinfort C., Hamza E., 2010. An approach for pesticide loss estimation adapted to field crops in Mediterranean conditions. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Quebec, Canada. 10 p. hal-00563196.

Bedos C., Cellier P., Calvet R., Barriuso E., Gabrielle B., 2002. Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview. Agronomie 22, Inra, EDP Sciences. p. 21-33.

Gouzy A., Farret R., 2005. Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation. Synthèse du comité de pilotage. Ineris, Verneuil en Halatte, 141 p.

Lichiheb N., Bedos C., Personne E., Barriuso E., 2015. Synthèse des connaissances sur le transfert des pesticides vers l'atmosphère par volatilisation depuis les plantes. *Pollution atmosphérique* n° 224, janvier-mars 2015. En ligne : http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=4732 12p.

Van der Werf H. M. G., Zimmer C., 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* n° 36, p. 2225–2249.

Woodrow J. S. E., Sieber J. S. N., Baker L., 1997. Correlation techniques for estimating pesticide volatilization flux and downwind concentrations. Environ. Sci. Technol. n° 31, p. 523–529.