

# Etude CANEPA

Estimation de l'exposition aux pesticides des personnes travaillant dans les vergers de pommes

Note d'information – Février 2020

## Contexte du projet

La question des effets des pesticides sur la santé est un sujet de préoccupation croissant pour les professionnels et pour la population générale. Pourtant, les connaissances sur ces expositions (niveaux, variations) sont très limitées. Dans le secteur agricole français, le nombre de professionnels exposés aux pesticides est très élevé (environ un million). Il est donc essentiel de mieux comprendre les circonstances des expositions de manière à pouvoir les diminuer et à en étudier les effets sur la santé. L'étude CANEPA s'inscrit comme la poursuite du programme PESTEXPO, mis en place en Gironde et en Normandie en 2000, dans lequel des études d'observation en champ dans les conditions habituelles de travail sont réalisées. Au cours des années passées, les études ainsi menées ont porté sur les traitements fongicides et herbicides sur vigne, blé, maïs et cultures maraîchères sous serres et en plein champ.



**La phase de terrain de l'étude CANEPA a été menée entre 2016 et 2018 dans le but de renseigner les expositions aux pesticides des personnes travaillant dans les vergers de pommes en France.** Les observations ont porté sur deux molécules phares des traitements fongicides sur pomme, le dithianon et le captane, tous deux utilisés contre la tavelure du pommier, principale maladie des pommes. L'étude comportait trois volets :

- **Exposition Professionnelle**, consistant à analyser les situations de travail et à mesurer la contamination du travailleur lors de journées de traitement, de réentrée et de récolte dans 3 régions de production de pommes (Normandie, Rhône-Alpes et Grand Sud-Ouest) en 2016 et 2017. L'approche ergonomique enrichit les observations caractérisant finement certains déterminants de l'exposition (matériels et outils utilisés, types de postures et de contacts de zones du corps avec des surfaces potentiellement contaminées, EPI portés, survenue d'incidents, etc.). – *Equipe EPICENE de l'Université de Bordeaux et Equipe Anticipe de l'Université de Caen-Normandie* ;
- **Volet agronomique**, déployé en 2017, visant à décrire les systèmes de production et à étudier les mécanismes de prise de décision en matière de protection par les pesticides dans les vergers de pommes du Sud-Ouest ainsi que les pratiques de production qui en découlent (résultats présentés dans la note de décembre 2017). – *Equipe ETBX de l'INRAE de Bordeaux* ;
- **Exposition Environnementale**, volet déployé en 2017, et plus ponctuellement en 2018, visant à obtenir des données originales complémentaires destinées *i)* à caractériser les expositions dues à l'environnement de travail (contact, air ambiant et indicateurs d'imprégnation) et *ii)* à caractériser la contamination environnementale aux abords des exploitations. – *Equipe EPOC-LPTC de l'Université de Bordeaux*.

## Situation de l'étude

Le volet Exposition professionnelle a été déployé sur **3 régions de production** de pommes à savoir la Normandie, le Rhône-Alpes et le Grand Sud-Ouest. Au total, **24 exploitations ont participé** au cours des trois années d'observations, dont 15 dans le Grand Sud-Ouest. Compte tenu de la superficie de cette région, elle a été divisée en deux zones d'études : « Vallée de la Garonne » et « Limousin-Poitou ».

Les mesures d'exposition environnementale ont été réalisées dans **4 exploitations du Sud-Ouest** : 2 dans la zone « Limousin-Poitou » et 2 dans la zone « Vallée de la Garonne ».

Enfin, **14 exploitants du Sud-Ouest** ont été rencontrés dans le cadre du volet agronomique. Parmi eux, 4 ont également participé au volet exposition professionnelle et 4 autres aux trois volets du projet. Deux exploitations sont en production biologique.

## Volet Exposition professionnelle

### Bilan général et avancées

Au cours des années 2016 et 2017, **156 journées d'observation** ont été menées : **30** lors de **traitements** (17 avec du captane, 13 avec du dithianon), **68** lors de **travaux de réentrée** et **58** lors de **récoltes**. Au total, plus de **3 800 échantillons** ont été collectés sur les deux saisons et envoyés au laboratoire d'analyse Labéo Frank Duncombe à Caen pour l'analyse de deux pesticides : le dithianon et le captane. Ces analyses ont débuté en 2017 et se sont poursuivies jusqu'en 2019, du fait de la grande quantité des échantillons et de leur diversité.

**Plus de 400 variables** ont été saisies à partir des données collectées sur le terrain, afin d'identifier les déterminants de l'exposition par le biais d'une analyse statistique. Cette dernière a d'abord porté sur les traitements. Par la suite, les déterminants des tâches de réentrée et de récolte seront également étudiés.

### Valeurs d'exposition journalières

*Les tableaux de résultats sont présentés en annexe.*

De manière générale, **les quantités de captane mesurées sont plus élevées que celles de dithianon** (Tableaux 1 et 2). Le captane étant épandu en plus grande quantité que le dithianon lors des traitements, il est probable qu'il y ait davantage de résidus présents dans l'environnement du travailleur.

**Les niveaux d'exposition au dithianon les plus élevés ont été mesurés lors de traitements. A l'inverse, vis-à-vis du captane, ce sont les journées de réentrée qui présentent les niveaux d'exposition les plus importants** : la médiane\* de la réentrée est presque 5 fois plus importante que celles des récoltes et des traitements. Les journées de traitement étant souvent bien plus courtes, la contamination par heure est plus élevée lors des traitements que lors des récoltes, mais elle reste tout de même inférieure à celle des réentrées.

### Exposition lors des traitements

#### Description des observations

**30 traitements ont été observés** (8 en 2016 et 22 en 2017) : 4 en Normandie, 23 dans le Grand Sud-Ouest et 4 en Rhône-Alpes. Les 27 participants (26 hommes et 1 femme) avaient 45 ans en moyenne. 57% étaient des exploitants, 40% des salariés permanents et 3% des aides familiaux. Les participants étaient généralement expérimentés dans la culture de pomme et l'utilisation des pesticides (20 ans en moyenne).

\*Médiane : si les valeurs observées sont classées de la plus petite à la plus grande, la médiane correspond à la valeur qui se situe à la moitié du classement, c'est-à-dire qu'il y a autant d'individus qui ont des valeurs supérieures à la médiane que d'individus aux valeurs inférieures.

La durée effective des traitements était de 40 min à 6h30, avec une moyenne de 2h30. La très grande majorité des tracteurs observés possédaient une cabine fermée, climatisée et avec des filtres (27 sur 30). Différents types de pulvérisateur ont été observés : 15 trainés à 1 turbine, 9 trainés à 2 turbines, 5 portés et 1 automoteur.

Sur les 30 traitements, 17 utilisaient du captane (Sigma©, Merpan©) et 13 du dithianon (Delan pro©, Delan WG©, Delan©). Au total, 52 préparations de cuve, 52 applications sur les parcelles et 14 nettoyages du matériel ont été observés.

Lors des préparations, le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI) était fréquent : dans 83% des préparations, l'opérateur portait un masque et des gants, et 42% des travailleurs portaient une combinaison, une blouse ou un tablier. En revanche, ces fréquences de port d'EPI diminuent fortement lors des nettoyages : seulement 33% des opérateurs portaient un masque, 75% des gants et 33% une combinaison, un tablier ou une blouse. Une très faible part des travailleurs portaient des EPI lors des applications, il n'est donc pas possible d'évaluer leur efficacité dans cette phase.

#### Exposition pendant les différentes phases du traitement

La préparation et l'application présentent des niveaux d'exposition similaires (voir Tableau 3 en annexe), mais les durées moyennes diffèrent : 15 min pour la préparation, 77 min pour l'application et 9 minutes pour le nettoyage. Ainsi, **la préparation et le nettoyage** sont les phases associées aux niveaux d'exposition les plus élevés. **Les mains représentent en moyenne 32 à 43 %** de l'exposition cutanée totale.

#### Déterminants majeurs de l'exposition lors de la préparation

Les mains étant la zone du corps la plus exposée lors des préparations, le **port de gants de protection** permet de réduire de façon importante l'exposition globale. Il en va de même pour les autres EPI (combinaison, blouse, tablier). A l'inverse, les opérateurs ayant des zones du corps dénudées (avant-bras, mollets) sont plus exposés. L'exposition du travailleur augmente également avec la **quantité de produit versée et le nombre de transvasements** de celui-ci (exemple : pesée dans un récipient intermédiaire). Enfin, l'exposition augmente également avec **l'ancienneté du pulvérisateur**.

L'âge et l'expérience du travailleur ne sont pas associés à l'exposition. De même, ni le volume d'eau versé dans la cuve, ni la durée de la préparation ne sont déterminants.

## Déterminants majeurs de l'exposition lors de l'application

Les **caractéristiques du matériel** jouent un rôle prépondérant dans l'exposition. Les **tracteurs et les pulvérisateurs plus anciens** (plus de 5 ans) apparaissent ainsi plus exposants, tout comme les **pulvérisateurs portés**, du fait possiblement de la distance réduite entre la cabine et les turbines. Les **caractéristiques du verger** (espacement des rangs, hauteur des arbres...) sont également importantes : ainsi, les **vergers plein vent** sont plus exposants que les haies fruitières. Le fait de **traiter seulement un rang sur deux** est également moins exposant que de traiter tous les rangs. Enfin, les **descentes du tracteur et les interventions sur le pulvérisateur** dans la parcelle entraînent une exposition plus forte.

De même que pour la préparation, l'âge et l'expérience du travailleur ne sont pas déterminants, tout comme la durée de l'application. Les vêtements portés ne semblent pas influencer l'exposition.

## Exposition Environnementale

### Bilan général et avancées

Ce volet, mené dans 4 exploitations volontaires du Sud-Ouest en 2017 et 2018, a permis l'observation de **32 journées : 4 lors de traitements, 24 lors de travaux de réentrée et 4 lors de récoltes**. Durant ces journées, plus de **600 échantillons** ont été collectés pour 1) caractériser les **sources potentielles de contamination externe** des travailleurs et 2) évaluer le **transfert des 2 pesticides ciblés dans l'environnement** (eau, air, sol aux abords des exploitations).

Plus précisément, il s'agit d'échantillons :

- de **frottis de surface** à l'aide de **lingettes** sur de nombreux **équipements** et **matériels** manipulés lors des **traitements** ou des travaux de **réentrée** (balance, volant de tracteur, filets ...);
- de **feuilles et de pommes** : respectivement prélevés à l'aide de poinçons et de frottis lors de journées d'éclaircissage et de récolte ;
- des **prélèvements atmosphériques en intérieur** à l'aide d'échantillonneurs passifs et actifs qui ont été utilisés pour analyser la teneur en pesticides pendant le temps de travaux dans la salle de stockage et/ou de préparation, dans la cabine du tracteur durant l'application, au domicile des exploitants... ;
- des **mèches de cheveux recueillies** sur des travailleurs volontaires pour rechercher la présence de marqueurs potentiels d'exposition ;
- des prélèvements **d'air, d'eau et de sol** aux abords des exploitations durant une année.

Les pesticides ont été analysés par le LPTC (EPOC, Université de Bordeaux) avec des méthodologies ultra-traces développées et validées pour chaque matrice. Les analyses des échantillons environnementaux (air extérieur, sols et eaux) sont encore en cours en 2020, du fait du suivi d'un grand nombre de pesticides dans ces matrices.

## Caractérisation des sources de contamination de l'environnement de travail lors du traitement

Seules 4 journées de traitement ont été suivies (dont une au dithianon et trois au captane), on ne peut donc pas appliquer de traitements statistiques permettant de tirer des conclusions à partir de ce nombre restreint d'observations (volet exploratoire) ; néanmoins ces données sont informatives et permettent de conforter les zones à risque identifiées par le volet Exposition professionnelle.

En observation globale, les résidus de **dithianon** (solution liquide) sur le matériel de préparation et dans l'air intérieur sont **bien plus faibles** que ceux observés pour le captane (produit sous forme solide ; et épandu en plus grande quantité).

### Résidus de captane sur le matériel (lingettes) (exposition potentielle par contact cutané)

Les niveaux de résidus retrouvés sur les lingettes (utilisées pour frotter la surface des matériels touchés par les opérateurs) sont exprimés en masse de captane rapportée à la surface de matériel frotté (en ng/cm<sup>2</sup>, 1 ng = 0,000001 mg).

Des résidus de pesticides se retrouvent sur la quasi-totalité des objets touchés par les travailleurs. De façon générale, les résidus de captane sont **1000 fois plus élevés** sur le matériel utilisé **pour la préparation** (sac de captane et autres ustensiles de pesée, extérieur de la cuve du pulvérisateur et bouchon de cuve) **comparativement à celui utilisé pour l'application** (poignées de porte et volant du tracteur), avec des niveaux de captane de l'ordre de 1 000 - 150 000 ng/cm<sup>2</sup> pour la préparation et de 1 - 30 ng/cm<sup>2</sup> pour l'application).

La **pesée des pesticides**, puis la **préparation de la cuve**, semblent ainsi être des tâches **très exposantes par contact** avec le matériel, ce qui pourrait expliquer que les **mains** représentent 32 à 43% de l'exposition cutanée totale durant la **préparation** (voir volet Exposition professionnelle).

La **phase de nettoyage** du matériel (pulvérisateur) (niveaux de résidus de captane de l'ordre de 20 000 - 40 000 ng/cm<sup>2</sup> après application), élimine une **majorité des résidus** mais n'est pas optimale car il reste encore **10 à 25% sur le pulvérisateur** (cuve et

bouchon de cuve). Ces données sont en accord avec celles du volet Exposition professionnelle montrant que la phase de nettoyage est également une phase **déterminante** pour l'exposition des opérateurs.

### **Résidus de captane dans l'air intérieur (salle de préparation et cabine du tracteur) (exposition potentielle par inhalation)**

Les niveaux de captane dans l'air de la salle de préparation et dans la cabine du tracteur ont été obtenus après échantillonnage actif à l'aide de préleveurs bas-débit (Microvol et Chemcomb) qui permettent d'échantillonner les pesticides en phase gazeuse et particulaire dans l'atmosphère.

Les concentrations totales (gazeuse et particulaire) vont de l'ordre **du  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à la dizaine de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  dans ces deux ambiances de travail (niveaux relativement similaires). Dans la salle de préparation (manipulation des produits, pesées...), la **quantité de produit manipulé** et le **temps de préparation** semblent **déterminants** (concentrations dans l'air 10 fois plus élevées lorsqu'un grand nombre de cuves est préparé dans la journée). Dans la cabine du tracteur (lors de l'application), **l'ouverture de la porte** (ou fenêtre) durant l'application semble **déterminante** (concentrations dans l'air 10 fois plus élevées dans ces cas-là) et probablement aussi **l'état du matériel** (entretien, changement de filtre).

La partition gaz/particule du captane dans l'air intérieur a également été déterminée : le captane se retrouve très **majoritairement sur la phase particulaire fine** (plus de 80% de la concentration totale se retrouve en phase particulaire), donnée importante à prendre en considération pour l'évaluation des risques sanitaires (incidence sur l'assimilation et la biodisponibilité des contaminants par inhalation).

## Perspectives

Une grande diversité de situations d'exposition et de pratiques a été observée. Ce volume conséquent de données permet de comparer les niveaux d'exposition selon les tâches et d'identifier les déterminants de ces expositions. En parallèle, une étude ergonomique est également réalisée afin de renforcer la compréhension de ces déterminants.

Par l'analyse du matériel et des surfaces touchés par les travailleurs, des données de contamination de l'environnement de travail ont donc été obtenues. En lien avec l'analyse ergonomique, elles permettent de documenter plus finement l'exposition professionnelle des travailleurs agricoles lors des traitements.

L'analyse des déterminants de l'exposition et la caractérisation des sources de contamination lors des journées de réentrée et de récolte seront finalisées au cours de l'année 2020 et seront discutées dans la prochaine Note d'Information.

**INSERM U 1219**  
**Equipe EPICENE**  
**Université de Bordeaux**  
Isabelle Baldi  
Alain Garrigou  
Béatrix Béziat  
Mathilde Bureau  
Xavier Schwall  
Mireille Canal-Raffin

05.57.57.15.55  
[mathilde.bureau@u-bordeaux.fr](mailto:mathilde.bureau@u-bordeaux.fr)

**INSERM UMR 1086**  
**Equipe Anticipe**  
**Centre François BACLESSE de Caen**  
Pierre Lebaillly  
Yannick Lecluse

02.31.45.52.16  
[y.lecluse@baclesse.unicancer.fr](mailto:y.lecluse@baclesse.unicancer.fr)

**LABÉO Frank DUNCOMBE**  
Valérie Bouchart  
Gaelle Riou  
Charlotte Cid

02.31.47.19.34  
[valerie.bouchart@laboratoire-labeo.fr](mailto:valerie.bouchart@laboratoire-labeo.fr)

**CNRS UMR 5805 EPOC/LPTC**  
**Université de Bordeaux**  
Marie-Hélène Dévier  
Geoffroy Duporté  
Emmanuelle Barron  
Hélène Budzinski

05.40.00.69.98  
[helene.budzinski@u-bordeaux.fr](mailto:helene.budzinski@u-bordeaux.fr)

**INRAE - ETBX**  
Francis Macary  
Hélène Gambier  
Justine Le Net

05.57.89.08.45  
[francis.macary@inrae.fr](mailto:francis.macary@inrae.fr)

Tableau 1 : Valeurs journalières d'exposition au captane pour les traitements, réentrées et récoltes (N=143)

Tâche	Médiane* (mg)	Moyenne (mg)	Min (mg)	Max (mg)
Traitement au captane (N=17)	5,50	12,53	1,09	65,75
Réentrée (N=68)	24,39	49,20	0,23	284,49
Récolte (N=58)	5,33	14,12	0,20	230,16

Tableau 2 : Valeurs journalières d'exposition au dithianon pour les traitements, réentrées et récoltes (N=139)

Tâche	Médiane* (mg)	Moyenne (mg)	Min (mg)	Max (mg)
Traitement au dithianon (N=13)	3,33	6,36	0,19	32,99
Réentrée (N=68)	1,84	4,11	0,09	21,80
Récolte (N=58)	0,67	1,59	0,09	9,75

Tableau 3 : Niveaux d'exposition au captane et au dithianon pour les différentes phases de traitement (N=30)

Matière active utilisée	Phase	Effectif	Médiane* (mg)	Moyenne (mg)	Min (mg)	Max (mg)
Captane	Préparation	28	0,86	2,14	0,30	16,51
	Application	29	0,81	1,93	0,22	13,54
	Nettoyage	6	2,15	10,01	0,51	45,29
Dithianon	Préparation	18	0,25	1,84	0,09	12,14
	Application	18	0,17	2,44	0,09	31,30
	Nettoyage	7	0,41	0,78	0,00	2,69

\*Médiane : si les valeurs observées sont classées de la plus petite à la plus grande, la médiane correspond à la valeur qui se situe à la moitié du classement, c'est-à-dire qu'il y a autant d'individus qui ont des valeurs supérieures à la médiane que d'individus aux valeurs inférieures.