

Jérôme Pouey, Stéphanie Rivière

Évaluation quantitative des risques sanitaires liés aux épandages de phytosanitaires utilisés dans la lutte contre la pyrale du maïs

Étude de faisabilité

Vallée de l'Adour – départements du Gers
et des Hautes-Pyrénées



Drass Midi-Pyrénées
Cire Midi-Pyrénées



1	Contexte - Objectifs	p. 5
2	Méthodes	p. 6
	2.1 Identification de la zone d'étude	p. 6
	2.2 Démarche de l'évaluation des risques	p. 6
3	Définition de la zone d'étude	p. 7
	3.1 Identification des sites et des périodes d'épandages aériens	p. 7
	3.2 Description de la zone d'étude	p. 11
4	Identification des substances utilisées et aspects toxicologiques	p. 13
	4.1 Substances visées par l'étude	p. 13
	4.2 État des connaissances : deltaméthrine	p. 14
	4.3 État des connaissances : lambda-cyhalothrine	p. 14
	4.4 État des connaissances : propylène glycol	p. 15
	4.5 État des connaissances : phosphate de tributyle	p. 16
	4.6 État des connaissances : solvants naphta et aromatiques	p. 17
	4.7 Synthèse des données toxicologiques	p. 18
5	Estimation des expositions aux composés étudiés	p. 19
	5.1 Campagne de mesures	p. 19
	5.2 Estimations des immissions	p. 24
	5.3 Scénarios d'exposition envisagés	p. 26
6	Caractérisation des risques sanitaires	p. 28
	6.1 Principe du calcul des indicateurs de danger	p. 28
	6.2 Risques sanitaires induits par l'exposition ponctuelle aux traitements	p. 28
	6.3 Risques sanitaires induits par l'exposition chronique aux traitements	p. 31

7	Synthèse des résultats	p. 35
7.1	Traitements par tracteurs	p. 35
7.2	Traitements par enjambeurs	p. 35
7.3	Traitements par hélicoptères	p. 35
8	Discussion sur les limites de la démarche retenue	p. 36
8.1	Substances retenues pour l'étude	p. 36
8.2	Connaissances scientifiques disponibles	p. 36
8.3	Calcul des expositions	p. 37
8.4	Caractérisation des risques	p. 37
9	Recommandations	p. 39
9.1	Aspects métrologiques	p. 39
9.2	Pertinence et faisabilité d'une surveillance épidémiologique	p. 39
9.3	Recommandations pour la protection de la population	p. 40
10	Références bibliographiques	p. 41
11	Annexes	p. 42
Annexe 1	Liste des communes situées sur les deux zones d'intérêt (RPG 1999, Insee)	p. 42
Annexe 2	Cartes de localisation des sites de mesures	p. 45
Annexe 3	Résultats détaillés des calculs de quotients de danger (QD) du tableau 11 au tableau 26	p. 48

Évaluation quantitative des risques sanitaires liés aux épandages de phytosanitaires utilisés dans la lutte contre la pyrale du maïs

Remerciements

Pour leur aide à la réalisation de cette étude, nous tenons tout particulièrement à remercier :

Les coopératives agricoles Euralis et Valdour, le Service régional de la protection des végétaux de la région Midi-Pyrénées, l'Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées, la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt de la région Midi-Pyrénées, la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales de la région Midi-Pyrénées, les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales des départements du Gers et des Hautes-Pyrénées.

Pour leur aide à la relecture :

Valérie Schwoebel (Cire Midi-Pyrénées), Claire Baudinat (Drass Midi-Pyrénées), Florence Coignard (InVS/DSE), Daniel Eilstein (InVS/DSE), Florence Laubier (Draf/SRPV Midi-Pyrénées), Claude Simonutti (Ddass 32), Philippe Maudet (Ddass 65).

Acronymes

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CASRN	Chemical Abstracts Service Registry Number
Circ	Centre international de recherche sur le cancer
Cire	Cellule interrégionale d'épidémiologie
Ddass	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DJA	dose journalière admissible
DJE	dose journalière d'exposition
Draf	Direction régionale de l'agriculture et de la forêt
Drass	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
DSENO	dose sans effet nocif observé
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
MRL	Minimal Risk Level
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
Oramip	Observatoire régional de la qualité de l'air en Midi-Pyrénées
QD	quotient de danger
RA	recensement agricole
RGP	recensement général de la population
SRPV	Service régional de la protection des végétaux
VLE	valeur limite d'exposition
VME	valeur limite de moyenne d'exposition
VTR	valeur toxicologique de référence

Résumé

Au cours du mois d'octobre 2002, la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Midi-Pyrénées a été saisie par deux Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) suite aux inquiétudes de la population concernant les épandages de produits phytosanitaires par voie aérienne. Ces épandages concernaient la vallée de l'Adour et les cultures visées étaient des champs de maïs doux traités contre la pyrale et la sésamie (insectes ravageurs). La période de traitement de ce type de culture est généralement la période estivale, de juin à septembre. Ces inquiétudes étaient liées au fait que des personnes résidant à proximité de parcelles agricoles concernées par ces épandages se plaignaient de troubles divers et peu spécifiques, notamment respiratoires.

L'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires et d'en discuter la pertinence au regard des connaissances disponibles. L'objectif secondaire de cette étude est de décrire la variabilité des expositions en fonction du type de traitement, par tracteur, enjambeur ou hélicoptère ainsi qu'en fonction des périodes de traitement.

Pour cela, une campagne de mesure des expositions a été réalisée au cours de l'année 2004 par l'Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées (Oramip). Des prélèvements atmosphériques ont été réalisés en limite immédiate de parcelles traitées mais également en zone de fond, à l'endroit où l'effectif de population est le plus important.

L'évaluation des risques sanitaires reprend les quatre étapes de la démarche ci-dessous :

- l'identification des dangers (effets sanitaires) correspondant aux substances utilisées (substances actives mais également solvants/adjuvants) ;
- la recherche des données toxicologiques pertinentes concernant les substances retenues dans l'étude et la sélection de valeurs toxicologiques de référence (VTR) ;

- l'estimation des expositions par l'intermédiaire de scénarios d'exposition basés sur la campagne de mesures réalisée par l'Oramip ;

- la caractérisation des risques sanitaires pour les populations potentiellement exposées.

Les résultats de la campagne métrologique montrent globalement que les concentrations liées aux épandages par tracteurs sont plus élevées que celles liées aux enjambeurs ; toutefois, la plupart des concentrations mesurées se situant en dessous des limites de quantification de la méthode (spécifiques à chaque produit phytosanitaire), il est difficile de se prononcer sur une différence entre les différentes pratiques.

En ce qui concerne la démarche d'évaluation des risques sanitaires, les résultats ne suggèrent pas de risque sanitaire lié à l'exposition aux deux substances étudiées, la lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine, quel que soit le type de traitement utilisé. Cependant, des réserves doivent être faites quant aux VTR disponibles, qui ne concernent pas la voie respiratoire et ne sont donc pas adaptées à l'exposition par voie aérienne. De plus, l'évaluation des risques sanitaires à l'égard des solvants utilisés n'a pu être menée à son terme par manque de données toxicologiques et de mesures suffisamment précises.

Enfin, les produits utilisés pour les cultures avoisinantes n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

Les recommandations suivantes peuvent être proposées :

- une meilleure information des populations riveraines sur les traitements phytosanitaires réalisés à proximité de leur résidence ;
- l'utilisation des techniques adéquates permettant de minimiser la dérive des particules ou leur remise en suspension ;
- sur un plan scientifique, le développement de VTR adaptées pour la voie respiratoire.

Contexte

La Cire Midi-Pyrénées a été saisie en octobre 2002 par les Ddass des départements du Gers (32) et des Hautes-Pyrénées (65) afin d'apporter une aide méthodologique concernant l'investigation d'effets sanitaires potentiellement induits par des épandages aériens de pesticides en population générale et localisés sur la vallée de l'Adour.

En effet, les Ddass des deux départements ont été interrogées courant 2002 par :

- le maire de la commune de Goux (Gers, 32) qui s'interroge sur les risques sanitaires associés à ces épandages, d'un point de vue écologique et sanitaire ;
- l'Union fédérale des consommateurs "Que choisir" qui rapporte le cas d'une personne résidant sur la commune de Pujo (Hautes-Pyrénées, 65) témoignant de problèmes allergiques et de toux ; à cette période (fin été 2002), un journal local avait également publié un article concernant plusieurs personnes qui souffriraient elles aussi de symptômes similaires.

Ces épandages aériens concernent principalement le traitement contre la pyrale et la sésamie (insectes ravageurs) et sont destinés aux cultures de maïs mais également à certains autres types de cultures (haricots verts...) ; les cultures de maïs représentent à elles seules environ 10 % de la surface agricole utilisée en Midi-Pyrénées.

Ils sont soumis à des procédures d'autorisation spécifiques, d'une part, concernant les substances utilisées (substances actives homologuées uniquement) et d'autre part,

concernant la période et le lieu d'épandage. Les procédures d'autorisation sont instruites au niveau régional par le Service régional de la protection des végétaux de la région Midi-Pyrénées (SRPV, Direction régionale de l'agriculture et de la forêt (Draf)).

Les premières investigations menées par les Ddass avaient montré l'utilisation de deux substances actives : la lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine.

Pour répondre à ces interrogations, compte tenu des données disponibles (produits phytosanitaires concernés, types de plaintes et communes d'origine, zone concernée par les épandages en 2003), quatre types d'études ont été envisagés :

- surveillance épidémiologique ;
- études épidémiologiques de type "exposés – non exposés" ;
- études épidémiologiques de type "cas-témoin" ;
- évaluation des risques sanitaires.

Il a finalement été décidé de tester la faisabilité d'une évaluation des risques sanitaires. Ce choix était plus particulièrement guidé par le fait qu'il n'existait localement que peu d'éléments disponibles quant à la survenue d'effets sanitaires spécifiques et que le contexte local a été, pour des raisons de faisabilité, non propice à la réalisation d'une étude épidémiologique ou la mise en place d'un système de surveillance.

Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de réaliser, en première approche, une évaluation quantitative des risques sanitaires et d'en discuter la pertinence au vu des données disponibles, afin de déterminer si cette approche peut constituer une réponse aux interrogations de la population concernant les risques associés aux épandages de phytosanitaires utilisés sur les cultures de maïs.

L'objectif secondaire est de décrire la variabilité de ces risques sanitaires estimés en fonction de l'équipement de traitement utilisé, que ce soit par tracteur, enjambeur ou hélicoptère.

2 Méthodes

2.1 | Identification de la zone d'étude

Une zone d'étude correspondant à une zone dans laquelle la population est potentiellement exposée aux épandages a été définie.

Les pratiques visées par l'étude concernent tout type d'épandage de produits phytosanitaires sur des cultures de maïs doux ; d'après les informations recueillies auprès des Ddass, les inquiétudes de la population concernent deux communes localisées dans la vallée de l'Adour, zone sur laquelle ces types de cultures sont fréquemment rencontrés.

Préalablement à la mise en place de l'évaluation des risques sanitaires, il a été vérifié que les épandages visés concernaient également d'autres communes de ce secteur, afin d'être le plus exhaustif et le plus représentatif dans notre démarche.

Cette étape a été menée en partenariat avec les professionnels du secteur agricole (coopératives agricoles) mais également les acteurs institutionnels tels que le SRPV et le service des statistiques de la Draf de la région Midi-Pyrénées.

2.2 | Démarche de l'évaluation des risques

La démarche d'évaluation des risques sanitaires se décompose classiquement en quatre étapes :

- identification des dangers (effets toxiques potentiels des substances visées) ;
- recherche des VTR (pour déterminer à partir de quel niveau d'exposition l'effet visé peut survenir ou bien sa probabilité de survenue) ;

- estimation des expositions de la population (en s'appuyant sur les données environnementales disponibles) ;
- caractérisation des risques (afin de juger si, en l'état actuel des connaissances, les populations exposées peuvent potentiellement développer un effet sanitaire non désirable).

3 Définition de la zone d'étude

3.1 | Identification des sites et des périodes d'épandages aériens

Les informations figurant ci-après ont été obtenues auprès des différents interlocuteurs et sont applicables pour l'année 2003.

3.1.1 | Données du SRPV de la région Midi-Pyrénées

Les épandages aériens de produits phytosanitaires sont réglementés et, à ce titre, le SRPV est tenu de recenser les sites et les périodes d'épandages, ainsi que les substances actives utilisées.

Les sites concernés correspondent principalement à des cultures de maïs doux ; ils sont localisés dans les départements du Gers et des Hautes-Pyrénées,

majoritairement sur la vallée de l'Adour (hormis deux communes), et les périodes d'épandage déclarées en 2003 s'étalent sur l'été (principalement sur les mois d'août et septembre). La figure 1 présente la localisation géographique des sites d'épandages déclarés sur cette période et le tableau 1 renvoie à la liste des communes concernées.

3.1.2 | Données de la Draf de la région Midi-Pyrénées

Le service statistique de la Draf tient à jour un registre des exploitations agricoles concernant différents types de cultures. Une extraction de leur base de données a permis de mettre en évidence les communes sur lesquelles des

exploitations de maïs doux existent et sur lesquelles des traitements contre la pyrale peuvent donc potentiellement être réalisés. La figure 2 présente la localisation géographique des communes concernées par ce type de cultures.

3.1.3 | Données fournies par les coopératives agricoles

Les données récupérées auprès du SRPV ont mis en évidence que les épandages aériens réalisés sur la vallée de l'Adour à cette période (été 2003) avaient majoritairement été réalisés par le groupe Euralis, notamment en ce qui concernait la commune de Pujo (65). Les services de la Ddass 32 ont, par conséquent, demandé à celui-ci de collaborer à notre étude en précisant de manière plus claire

la liste des parcelles concernées par des épandages aériens sur ces deux départements. La figure 3 présente la localisation géographique des communes sur lesquelles des cultures de maïs doux sont susceptibles d'être traitées contre la pyrale, et ce par épandage aérien. Le tableau 2 en donne la liste détaillée.

Tableau 1 - Liste des communes concernées par des épandages aériens au cours des mois de juillet, août et septembre 2003 (source : SRPV, Draf Midi-Pyrénées)

Département	Commune	Code Insee
Gers (32)	BARCELONNE-DU-GERS	32027
	CAHUZAC-SUR-ADOUR	32070
	CALLIAN*	32072
	IZOTGES	32161
	TARSAC	32439
	TASQUE	32440
	VIELLA	32463
	VILLECOMTAL-SUR-ARROS	32464
Hautes-Pyrénées (65)	ARTAGNAN	65035
	BAZILLAC	65073
	CAMALES	65121
	ESCONDEAUX	65161
	LACASSAGNE	65242
	LIAC	65273
	MAUBOURGUET	65304
	PUJO	65372
	RABASTENS-DE-BIGORRE	65375
	SAINT-LEZER	65390
	SARIAC-MAGNOAC*	65404
	SARRIAC-BIGORRE	65409
	SEGALAS	65414
	VIC-EN-BIGORRE	65460

* Communes non situées sur la Vallée de l'Adour

Tableau 2 - Liste des communes potentiellement concernées, selon Euralis, par des épandages aériens au cours de l'été 2003 (source : groupe Euralis – Coop de Pau)

Département	Commune	Code Insee
Gers (32)	BARCELONNE-DU-GERS	32027
	CAHUZAC-SUR-ADOUR	32070
	CAUMONT	32093
	IZOTGES	32161
	RISCLE	32344
	TARSAC	32439
	TASQUE	32440
	VERLUS	32461
	VIELLA	32463
	VILLECOMTAL-SUR-ARROS	32464
Hautes-Pyrénées (65)	ANDREST	65007
	ANSOST	65013
	ARTAGNAN	65035
	AURENSAN	65048
	BAZET	65072
	BAZILLAC	65073
	CASTELNAU-RIVIERE-BASSE	65130
	ESCONDEAUX	65161
	LACASSAGNE	65242
	LAFITOLE	65243
	LIAC	65273
	MADIRAN	65296
	MAUBOURGUET	65304
	NOUILHAN	65330
	PUJO	65372
	RABASTENS-DE-BIGORRE	65375
	SAINT-LANNE	65387
	SAINT-LEZER	65390
	SARRIAC-BIGORRE	65409
	TOSTAT	65446
VIC-EN-BIGORRE	65460	

Parmi les autres coopératives intervenant également sur la zone, la coopérative MaisAdour – Valdour possédait

également des parcelles traitées par épandages aériens et localisées sur la commune de Camalès.

Figure 1 - Localisation géographique des sites d'épandages aériens déclarés au SRPV sur la période août-septembre 2003 (source : SRPV, Draf Midi-Pyrénées)

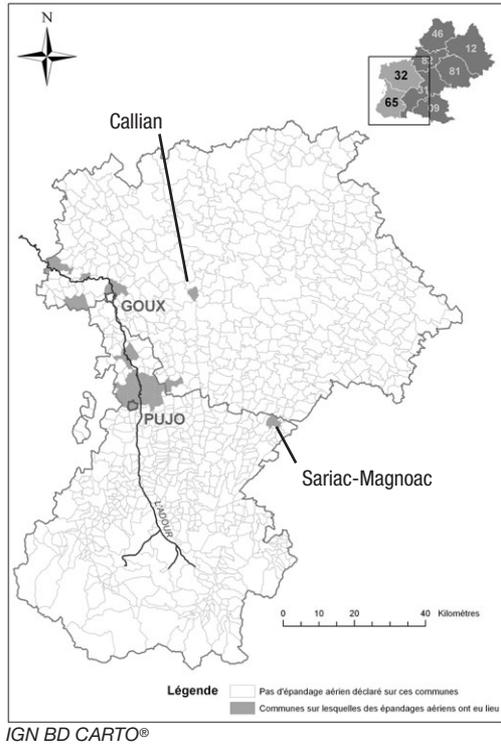


Figure 3 - Communes potentiellement concernées, selon l'exploitant, par des épandages aériens au cours de l'été 2003 (source : groupe Euralis – Coop de Pau)

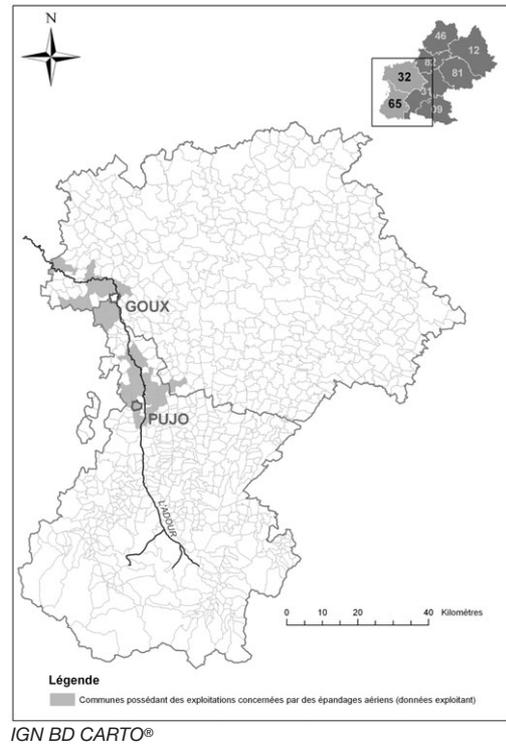
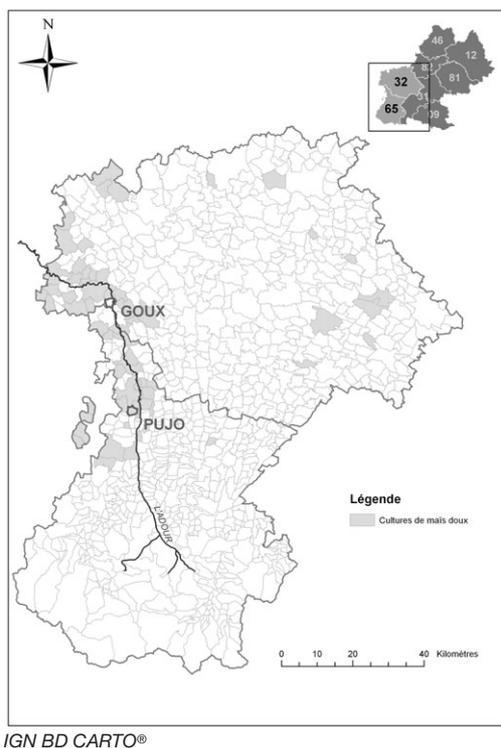


Figure 2 - Localisation géographique des communes concernées par des cultures de maïs doux (source : service statistiques Draf, 2003)



3.2 | Description de la zone d'étude

3.2.1 | Étendue géographique de la zone d'étude

Le croisement des données obtenues par le SRPV et l'exploitant permet de définir un ensemble de communes pour lesquelles il existe potentiellement une exposition de la population. Les données montrent que les lieux d'origine des plaintes (ou inquiétudes de la population) sont effectivement situés sur cette zone ou sur des communes directement limitrophes.

La majorité des épandages déclarés et sites d'épandages sont localisés le long de la vallée de l'Adour, à partir de son aval de la commune de Tarbes (65). Notre étude se focalisera donc sur cette zone en excluant deux communes excentrées de cette zone (Callian dans le 32 et Saria-Magnoac dans le 65) (voir figure 1).

La figure 4 représente la localisation des communes les plus exposées, c'est-à-dire sur lesquelles des épandages aériens ont eu lieu en 2003 ou sur lesquelles peut être

réalisé ce type d'épandage (hors Callian et Saria-Magnoac). Ces communes sont au nombre de 33, dont 10 localisées dans le département du Gers et 23 dans le département des Hautes-Pyrénées.

Lors de ces épandages aériens, les aérosols peuvent être propagés sur des distances qui dépassent effectivement les limites administratives des communes ; ces paramètres de dispersion dépendent du mode opératoire utilisé, mais surtout des conditions météorologiques du jour même et des jours suivants. Pour prendre en compte ces différents phénomènes, une zone tampon de 2 kilomètres de part et d'autre de chaque commune a été appliquée pour finaliser cette zone d'étude (figure 5). Le nombre de communes concernées par cette zone est de 118, dont 49 dans le département du Gers et 69 dans le département des Hautes-Pyrénées.

3.2.2 | Description de la population de la zone d'étude

Deux zones d'intérêt ont été identifiées : la première est une zone géographique réduite comprenant les communes sur lesquelles des épandages aériens pouvaient être réalisés et une seconde, tenant compte, de façon arbitraire, de la dispersion des substances épandues, compte tenu notamment des variabilités météorologiques. Cette dernière zone regroupe 118 communes, dont la préfecture

des Hautes-Pyrénées, Tarbes, qui, de surcroît, est largement surreprésentée dans l'effectif total de la population concernée par ces épandages (environ 47 % de l'effectif total).

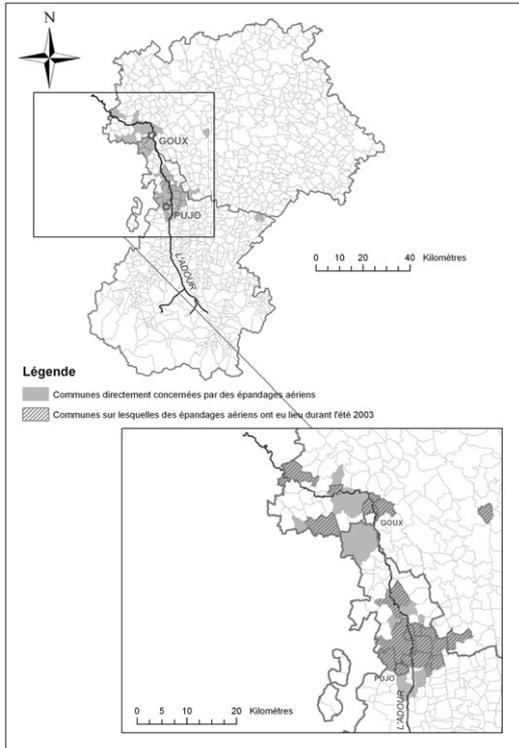
Le tableau 3 résume les effectifs de population concernés sur ces deux zones d'intérêt. La liste exhaustive de ces communes est présentée en annexe 1.

Tableau 3 - Descriptif général de la population sur les zones d'intérêt (source : RGP1999, Insee)

Zone d'étude*	118 communes soit 98 520 habitants* dont : - 49 communes dans le 32 soit 13 703 habitants - 69 communes dans le 65 soit 84 817 habitants*
Communes les plus exposées	33 communes soit 22 135 habitants dont : - 10 communes dans le 32 soit 5 103 habitants - 23 communes dans le 65 soit 17 032 habitants

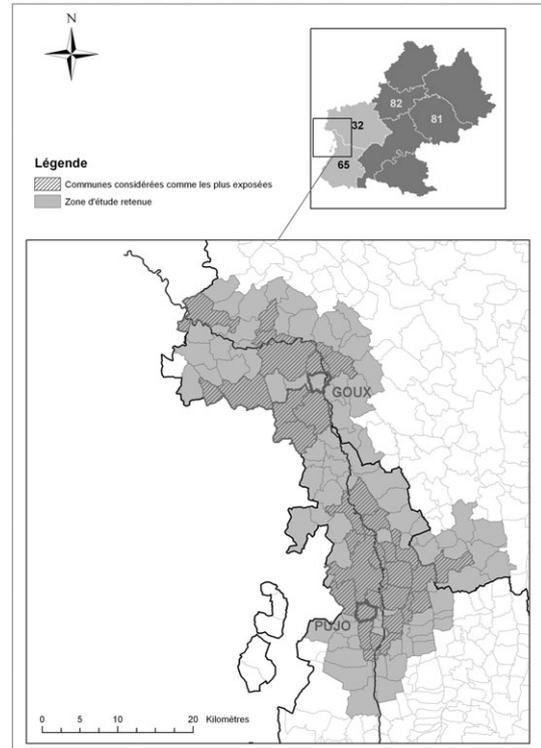
* Inclut la commune de Tarbes (65) soit un effectif de 46 275 habitants.

Figure 4 - Localisation des communes les plus exposées (source : groupe Euralis – Coop de Pau, 2003)



IGN BD CARTO®

Figure 5 - Définition de la zone d'étude (sources : SRPV et groupe Euralis – Coop de Pau, 2003)



IGN BD CARTO®

Identification des substances utilisées et aspects toxicologiques

4.1 | Substances visées par l'étude

Dans le cadre des traitements phytosanitaires contre la pyrale et la sésamie visés par notre étude (épandages aériens déclarés sur la zone d'étude au SRPV de la région Midi-Pyrénées pour la période août-septembre 2003), deux produits homologués¹ avaient été utilisés sur la zone d'étude ; il s'agit, sous leurs appellations commerciales :

- du Karaté avec technologie Zéon ;
- du Decis Micro.

Ces deux composés ont été utilisés lors des épandages par tracteur et par enjambeur. Par contre, seul le Karaté Zéon a été utilisé lors des épandages par hélicoptère en 2004. La composition de ces produits figure dans le tableau 4.

Tableau 4 - Composition du Karaté Zéon et du Decis Micro (données des fiches de données sécurité accompagnant les produits)

	Karaté Zéon (Syngenta)	Decis Micro (Bayer)
Substances actives :	Lambda-cyhalothrine (100 g/l) CASRN n° 91465-08-6	Deltaméthrine (6 %) CASRN n° 52918-63-5
Solvants :	Solvants naphta et aromatiques CASRN n° 64742-94-5	Solvants naphta et aromatiques (5-25 %)
	Propane-1,2-diol (propylène glycol) (< 500 g/l) CASRN n° 57-55-6	Phosphate de tributyle (25 %) CASRN n° 126-73-8

Les substances actives appartiennent à la famille des pyréthriinoïdes² qui sont des insecticides synthétiques considérés comme relativement rémanents et puissants mais non bio-accumulables ; ils sont rapidement efficaces à doses modérées et ne présentent qu'une toxicité faible pour l'utilisateur et l'environnement.

Cinq composés ont donc été retenus pour cette étude : 2 substances actives (la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine) et 3 solvants (les solvants naphta et aromatiques, le propylène glycol et le phosphate de tributyle).

¹ La Directive européenne concernant la mise sur le marché des produits phytosanitaires (91/414/CEE) a été adoptée en 1991 et est entrée en vigueur le 25/07/1993. Cette directive a pour but d'harmoniser la procédure d'évaluation et d'autorisation de mise sur le marché des produits phytosanitaires dans les Etats membres de l'Union européenne. La Commission européenne décide de l'admission ou du refus d'anciennes ou de nouvelles substances actives pour l'ensemble de l'Union européenne. Les substances actives sont inscrites à l'annexe 1 de la directive avec leurs caractéristiques (degré de pureté, teneurs maximales en certaines impuretés) et les restrictions d'emplois éventuelles.

L'inscription d'une matière active sur l'annexe 1 suppose que celle-ci ait franchi avec succès toutes les étapes prévues par la directive, notamment en matière d'études de toxicologie pour le manipulateur, le consommateur, mais aussi l'environnement.

² Les pyréthriinoïdes sont à distinguer des pyréthrines qui sont des insecticides naturels issus de la fleur du pyrèthre facilement dégradés par la lumière et la chaleur.

4.2 | État des connaissances : deltaméthrine

Les références bibliographiques relatives à cette substance sont présentées dans la partie bibliographie [1-4].

4.2.1 | Synthèse des expérimentations animales

Les signes d'intoxication aiguë à la deltaméthrine (CASRN n° 52918-63-5) notés chez l'animal sont : incoordination motrice, hypersalivation, tremblements généralisés, mouvements choréathétosiques (troubles du déroulement des mouvements), spasmes toniques et convulsions.

Des effets cardio-vasculaires ont également été mis en évidence chez le chien anesthésié après une administration intraveineuse.

Les tests de sensibilisation cutanée et d'irritations oculaires réalisés chez le lapin ont montré un potentiel d'irritabilité de la substance (légèrement irritante à irritante).

4.2.2 | Données concernant l'homme

Il existe peu de données publiées concernant les expositions aiguës chez l'homme. L'ingestion ou l'inhalation de fortes doses sont susceptibles de générer :

- des troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs digestives) ;
- des irritations des voies aériennes supérieures et des dyspnées ;
- des troubles neurologiques (altération de la conscience, vertiges, myosis myoclonies et convulsions).

Toutefois, ces données restent assez peu fiables étant donné que, lors de ces observations, la deltaméthrine était potentiellement couplée à d'autres solvants organiques.

Dans le cas de projections cutanées, il a été décrit des paresthésies (impressions de picotements sur la peau) qui disparaissent en quelques heures.

Dans le cadre d'expositions subaiguës et chroniques, la littérature ne démontre que des effets pour la plupart

bénins de types nerveux (paresthésies) et respiratoires (sensation d'irritation des voies aériennes avec toux et écoulement nasal). Par ailleurs, aucune atteinte hépatique, rénale ou neurologique majeure pour ce type d'expositions n'a été démontrée à ce jour.

Une dose journalière admissible (DJA) pour les expositions chroniques et aiguës par ingestion a également été établie par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) pour la deltaméthrine ; celle-ci a été fixée à 0,01 mg/kg.jour³ sur la base d'une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 1 mg/kg.jour en appliquant un facteur de sécurité de 100 (études de 90 jours chez les rats, de 1 an chez le chien et de 2 ans chez les chiens et les rats).

Selon le Centre international de recherche sur le cancer (Circ), la deltaméthrine ne peut être classée vis-à-vis de ses caractéristiques cancérogènes (groupe 3).

4.3 | État des connaissances : lambda-cyhalothrine

Les références bibliographiques relatives à cette substance sont présentées dans la partie bibliographie [5-8].

Le dossier de demande d'homologation technique de la lambda-cyhalothrine (CASRN n° 91465-08-6) comporte des études de toxicité sur la lambda-cyhalothrine et la cyhalothrine. Les principales études publiées dans la demande (études de toxicité chronique et d'oncogénicité,

études de toxicité sur plusieurs générations pour la reproduction des rats, études tératologiques chez les rats et les lapins) ne portaient que sur la cyhalothrine et non sur la lambda-cyhalothrine. Toutefois, après examen initial, les experts signalent qu'il y a une similarité des caractéristiques pharmacocinétiques, métaboliques et toxicologiques des deux substances.

³ mg/kg.jour se traduit par milligramme d'une substance X par kilogramme de masse corporelle et par jour (correspond généralement à une dose ingérée).

4.3.1 | Synthèse des expérimentations animales

Lorsqu'elle est administrée par voie orale, la lambda-cyhalothrine a une forte toxicité aiguë pour les rats et la souris. Administrée par voie cutanée ou respiratoire, elle présente une toxicité modérée pour les rats. La lambda-cyhalothrine est légèrement irritante pour les yeux mais elle n'irrite pas la peau des lapins.

Un dosage de 100 g/l de lambda-cyhalothrine est considéré comme un irritant et un sensibilisant cutané. Les différentes études précisent à ce sujet que les pyréthrinoïdes (tels que la deltaméthrine...), dont la structure chimique est semblable à celle de la lambda-cyhalothrine, sont des agents sensibilisants.

Dans toutes les études de toxicités aiguës orale, cutanée ou respiratoire (rats et souris) et chroniques (chiens), les signes de toxicité manifestes étaient caractéristiques des effets neurotoxiques propres aux pyréthrinoïdes synthétiques. Cependant, il n'est reporté aucune lésion pathologique importante au niveau des tissus nerveux. Une étude alimentaire subchronique (90 jours) menée chez les rats observe également des effets hépatiques (changements adaptatifs).

4.3.2 | Données concernant l'homme

Une DJA, dans le cadre d'une exposition chronique par ingestion, a été établie par la FAO pour la lambda-cyhalothrine en vue de la préservation de la santé humaine ; elle fut fixée à 0,005 mg/kg.jour, à partir d'une DSENO de 0,5 mg/kg.jour. Cette DSENO provient d'une étude expérimentale de 52 semaines menée sur le chien et concernant des signes cliniques de neurotoxicité : comportement timide, salivation, tremblements musculaires, forte ataxie et convulsions. Le passage de la DSENO à la DJA s'effectue en appliquant un facteur d'incertitude de 100 (10 pour les variations interspèces – du chien à l'homme – et 10 pour les variations intra-espèces – canidés). Les résultats de l'étude concernant les rats et démontrant des effets sur la fonction hépatique

n'ont pas été retenus ici, puisque la DSENO était plus élevée (2,5 mg/kg.jour).

Une DJA, dans le cadre d'une exposition aiguë, est également fixée à 0,0075 mg/kg.jour, sur la base d'une DSENO de 0,75 mg/kg.jour, en utilisant un facteur de sécurité de 100 (étude chez le chien d'une durée de 6 semaines).

Aucune autre donnée n'est disponible en ce qui concerne l'altération de la santé humaine par inhalation ou par contact cutané avec cette substance.

Le Circ n'a pas réalisé d'évaluation concernant la classification de la lambda-cyhalothrine vis-à-vis de ses caractéristiques cancérogènes.

4.4 | État des connaissances : propylène glycol

Les références bibliographiques relatives à cette substance sont présentées dans la partie bibliographie [9-12].

4.4.1 | Synthèse des expérimentations animales

Selon l'INRS, les études expérimentales menées sur le propylène glycol (CASRN n° 57-55-6) ont montré qu'il ne se révélait toxique qu'à dose élevée (expositions aiguës généralement). Chez le rat, pour des doses de l'ordre de 10 g/kg, des effets neurologiques centraux ont été observés : baisse de l'activité motrice, perte d'équilibre et diminution du tonus corporel, dépression respiratoire, hypothermie ; ceux-ci précèdent, par ailleurs, coma et mort. Les examens montrent aussi une légère atteinte rénale et hépatique. Chez le lapin, l'inhalation pendant

2 heures d'une solution à 10 % stimule la fonction mucociliaire trachéale. Toujours selon l'INRS, et pour la voie orale (ingestion), les études ont mis en évidence une dose maximale sans effet toxique se situant, en fonction des espèces (rat, chien, chat, poussin, agneau et vache), entre 1,2 à 4,8 g/kg.jour pour la nourriture et entre 8,8 g/kg.jour pour l'eau de boisson. Par inhalation, les études sur le rat montrent différents changements histologiques traduisant un effet irritant sur l'épithélium nasal (exposition de l'ordre de 2,2 mg/l.jour).

4.4.2 | Données concernant l'homme

Selon l'INRS, il n'a pas été mis en évidence d'effet significatif dans le cadre d'expositions aiguës mais modérées chez l'homme, que ce soit par ingestion massive ou par inhalation (aérosols contenant 10 % de propylène glycol pendant 1 heure).

Le contact cutané peut entraîner des dermatites dont le mécanisme est vraisemblablement plus irritatif qu'allergique. Un phénomène d'irritation oculaire modérée par cette voie est également observable.

Sur la base des expérimentations animales et dans le cadre d'expositions subchroniques, l'ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) propose un MRL (*Minimal Risk Level*) de 0,028 mg/m³ (0,009 ppm) pour des

effets sur le système respiratoire. Cette VTR a été calculée sur la base d'une dose minimale d'exposition entraînant un effet chez le rat (hémorragie nasale, étude de 1,5 à 365 jours) de 158 mg/m³ (51 ppm).

Dans le cadre d'expositions de courte durée, dans le milieu professionnel, l'ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) préconise une limite d'exposition de 156 mg/m³ (50 ppm) sur 8 heures et de seulement 10 mg/m³ pour ce qui concerne les aérosols.

Le Circ n'a pas réalisé d'évaluation concernant la classification du propylène glycol vis-à-vis de ses caractéristiques cancérogènes.

4.5 | État des connaissances : phosphate de tributyle

Les références bibliographiques relatives à cette substance sont présentées dans la partie bibliographie [13,14].

4.5.1 | Synthèse des expérimentations animales

L'application cutanée ou oculaire de phosphate de tributyle (CASRN n° 126-73-8) sur le lapin provoque une irritation. Chez le rat, l'administration d'une dose orale de 420 mg/kg.jour pendant 2 semaines n'entraîne aucun effet ; toutefois, une exposition de 130 à 460 mg/kg.jour pendant 1 mois peut provoquer une perte de poids et

une mortalité respectivement de 20 à 60 % des sujets. Des réactions diffuses, à type d'hyperplasie de l'épithélium de la vessie, ont été significativement constatées lors d'administrations par ingestion (à partir de 70 mg/kg.jour pendant 3 mois) de même que des anomalies hépatiques et rénales.

4.5.2 | Données concernant l'homme

Chez l'homme, le phosphate de tributyle semble facilement absorbé par les voies cutanée, digestive, respiratoire et oculaire. Il est irritant pour la peau (dermatoses) et les muqueuses oculaires et respiratoires. Toutefois, peu de données sont disponibles, notamment en ce qui concerne les expositions chroniques. Des travailleurs exposés à des concentrations de l'ordre de 15 mg/m³ (1,5 ppm) ont présenté des symptômes de type céphalées et nausées.

En France, la VME⁴ (valeur limite d'exposition pour 8 heures de travail par jour) a été fixée à 2,5 mg/m³ (0,2 ppm) ; la même valeur a également été retenue par le NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*).

Le Circ n'a pas réalisé d'évaluation concernant la classification du phosphate de tributyle vis-à-vis de ses caractéristiques cancérogènes.

⁴ VME : concentration visant à protéger les travailleurs contre des effets résultant d'une exposition prolongée (exposition au cours d'un poste de 8 heures ou sur une semaine de travail de 40 heures). L'équivalent anglo-saxon est soit "Threshold limit value" soit "Time weighted average" (TLV/TWA).

4.6 | État des connaissances : solvants naphta et aromatiques

Les références bibliographiques relatives à ce groupe de substances sont présentées dans la partie bibliographie [15].

La nocivité des solvants naphta et des solvants aromatiques (CASRN n° 64742-94-5) reflète celle de leurs

constituants, notamment les composés aromatiques de la famille des alkylbenzènes formés d'au moins 8 atomes de carbones (C₈ à C₂₀).

4.6.1 | Synthèse des expérimentations animales

La toxicité aiguë des solvants naphta est faible. Les principaux symptômes sont une irritation gastro-intestinale et des diarrhées après exposition par voie orale, une irritation des voies respiratoires et une dépression du système nerveux central (narcose) après une exposition par inhalation.

L'exposition prénatale aux mélanges d'hydrocarbures aromatiques provoque une fœtotoxicité uniquement à des concentrations toxiques pour les mères (observations faites sur des rats) ; la concentration sans effet toxique observé chez les mères et les fœtus est de 100 ppm.

4.6.2 | Données concernant l'homme

La toxicité aiguë des solvants naphta est commune à celle d'autres hydrocarbures pétroliers liquides ; ils sont irritants et déprimeurs du système nerveux central, que ce soit par inhalation, ingestion ou par contact cutané.

L'inhalation de vapeurs entraîne des signes cliniques dont l'intensité dépend de la concentration ; il peut s'agir dans un premier temps d'irritations nasales, oculaires (avec larmoiement et conjonctivite), de difficultés respiratoires et de douleurs gastriques, puis, dans un second temps, d'atteintes neurologiques se traduisant par des sensations d'euphorie, céphalées, vertiges, nausées, fatigue, incoordination, tremblements, confusion, et au stade le plus avancé, coma.

Par ingestion, ils entraînent généralement des signes d'irritations digestives (douleurs abdominales, nausées, vomissements, puis diarrhées), voire des lésions plus sévères dans le cadre d'intoxications massives.

Par contact cutané, ils sont également irritants.

En ce qui concerne leur toxicité chronique, elle est globalement modérée ; ils entraînent des effets communs à d'autres solvants tels que des irritations cutanées, oculaires, respiratoires mais aussi des symptômes variés de type céphalées, perte d'appétit, asthénie, sensation ébrieuse, nausées ; ces symptômes sont, au moins au début, réversibles à l'arrêt de l'exposition.

Toujours dans ce cadre d'expositions (généralement supérieures à 10 ans), les études relatent également un syndrome psycho-organique qui est un effet toxique

chronique caractéristique des mélanges de solvants dont les naphta ; il associe des effets neurologiques centraux de type troubles du sommeil, de la concentration, de la mémoire, de la personnalité, d'irritabilité, voire des diminutions des performances intellectuelles. Ces symptômes ne sont que partiellement réversibles à l'arrêt de l'exposition.

L'INRS précise qu'il est peu probable que les teneurs actuelles de ces mélanges en benzène (inférieures au seuil réglementaire de 0,01 %) soient capables, dans des conditions normales d'emploi (condition de travail), d'induire des expositions susceptibles de provoquer des effets pathologiques chroniques.

En ce qui concerne les aspects cancérogènes de ces mélanges, seule une étude a publié un résultat significatif concernant les cancers du poumon et de la prostate ; celle-ci visait des sujets exposés plus de 20 ans, toutefois, la responsabilité des différents solvants n'a pu être déterminée.

En France, le ministère du Travail a fixé des valeurs limites indicatives dans le cadre d'une exposition professionnelle :

- une VME de 1 000 mg/m³ avec une valeur objectif fixée à 500 mg/m³ ;
- une VLE⁵ de 1 500 mg/m³ pour les hydrocarbures en C6-C12 (tous hydrocarbures confondus, y compris benzéniques) ;
- une VME de 150 mg/m³ pour les hydrocarbures benzéniques.

⁵ VLE (Valeur limite d'exposition à court terme) : concentrations visant à protéger les travailleurs contre des effets aigus ou des effets d'une exposition momentanée estimée préjudiciable à terme (exposition d'une durée au maximum égale à 15 minutes). L'équivalent anglo-saxon est soit "Threshold limit value" soit "short-term exposure limit" (TLV/STEL).

Des valeurs limites spécifiques sont également fixées pour certains hydrocarbures.

Le Circ n'a pas réalisé d'évaluation concernant la classification du groupe des solvants naphta et aromatiques vis-à-vis de ses caractéristiques cancérogènes.

4.7 | Synthèse des données toxicologiques

Le tableau suivant reprend les données toxicologiques relatives aux substances citées précédemment.

Les VME en milieu professionnel figurent dans le tableau à titre indicatif ; en effet, bien que ces valeurs ne soient pas utilisables pour l'évaluation des risques sanitaires, compte

tenu du manque de connaissances sur leur méthode d'élaboration, elles restent une référence plus réglementaire que toxicologique que nous avons préféré mentionner dans ce tableau.

Tableau 5 - Synthèse des données toxicologiques

Substances	Effets par inhalation		Effets par ingestion		Effets par contact cutané	
	VTR	Effets	VTR	Effets	VTR	Effets
Deltaméthrine	ND*	Irritations respiratoires et neurotoxicité	DJA _{chronique} : 0,01 mg/kg.jour DJA _{aiguë} : 0,01 mg/kg.jour	Troubles digestifs et neurotoxicité	ND	ND
Lambda-cyhalothrine	ND	ND	DJA _{chronique} : 0,005 mg/kg.jour DJA _{aiguë} : 0,0075 mg/kg.jour	Neurotoxicité et toxicité hépatique	ND	ND
Propylène glycol	MRL _{chronique} : 0,028 mg/m ³ VME** : 10 mg/m ³	Effets sur le système respiratoire	ND	ND	MRL _{chronique} : 0,028 mg/m ³	Irritations oculaires, dermites
Phosphate de tributyle	VME** : 2,5 mg/m ³	Irritations respiratoires	ND	ND	ND	ND
Solvants naphta et aromatiques	VME** : 500 mg/m ³	Irritations nasales, respiratoires et neurotoxicité	VME** : 500 mg/m ³	Irritations digestives	VME** : 500 mg/m ³	Irritations oculaires, cutanées

* ND pour Non Disponible dans la littérature.

** VME : valeur réglementaire ne correspondant pas forcément aux effets sanitaires présentés dans le tableau.

Estimation des expositions aux composés étudiés

5.1 | Campagne de mesures

5.1.1 | Objectifs de la campagne de mesures

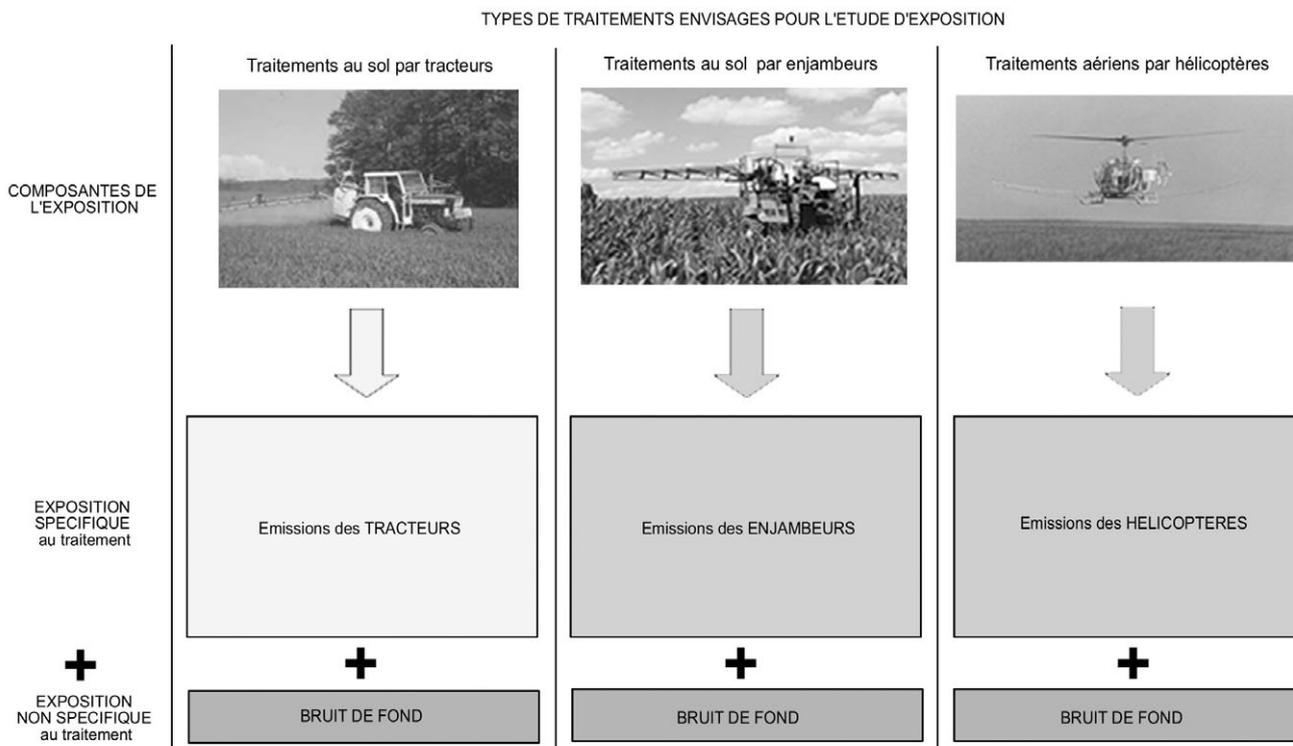
Une campagne de mesure de la qualité de l'air a été organisée, courant été 2004, afin d'estimer principalement l'exposition de la population à la lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine lors des phases d'épandages aériens ; des mesures environnementales d'additifs ont également été réalisées.

L'objectif principal de la campagne est d'estimer les concentrations dans l'air de ces deux substances actives lors des épandages aériens. Pour les niveaux d'exposition à estimer, deux composantes ont été définies dans le cadre du groupe technique de travail :

- le "bruit de fond", c'est-à-dire les teneurs atmosphériques résiduelles de ces substances hors période d'épandage (avant et après) ;
- l'exposition des populations estimée par les teneurs atmosphériques en période d'épandage aérien.

L'objectif secondaire est la comparaison des concentrations atmosphériques liées aux différents traitements, aérien ou au sol (traitements par tracteurs ou par enjambeurs).

Figure 6 - Composantes de l'exposition aux substances mesurées



5.1.2 | Aspects organisationnels de la campagne de mesures

5.1.2.1 | Partenaires

Cette campagne de mesures a été confiée à l'Oramip de la région Midi-Pyrénées, le financeur de l'étude étant la Drass Midi-Pyrénées.

Le SRPV de la Drass Midi-Pyrénées a également été sollicité pour la préparation de la campagne de mesures puisqu'il recense les déclarations d'autorisations d'épandages aériens sur les différentes substances actives.

L'étude a pu être réalisée grâce à la collaboration des professionnels locaux de la filière de production du maïs doux sur la zone de la vallée de l'Adour.

Il s'agit :

- de la coopérative agricole Coop de Pau – société Euralis ;
- de la société Valdour ;
- du groupe Bonduelle – Sud-Ouest Légumes ;
- de l'Association générale des producteurs de maïs branche maïs doux ;
- des sociétés prestataires de services qui réalisent les épandages aériens.

5.1.2.2 | Modalités de prélèvements

L'Oramip a été chargé de la mise en place de la campagne de mesures. Vingt-cinq points de prélèvements devaient initialement être réalisés sur les différents sites. La définition des périodes de mesure a été réalisée sur la base des informations communiquées par le SRPV Midi-Pyrénées mais également les coopératives agricoles (Euralis et Valdour) concernant les traitements devant être réalisés en 2004.

La répartition des points était initialement prévue de la manière suivante :

- 4 points de mesures pour l'estimation du "bruit de fond" : 2 points courant mars-avril 2004 répartis sur la zone d'étude, préalablement à tout type de traitement utilisant ces substances actives, et 2 points de prélèvements courant septembre-octobre 2004 après arrêt des traitements aériens ;
- 23 points de mesures pour l'estimation des composantes "Traitements au sol" et "Traitements aériens" : 17 points en proximité immédiate de parcelles traitées et 6 points localisés aux environs des hameaux/villages les plus exposés au moment du traitement, sous vents dominants au moment de la mesure si possible.

L'estimation de la composante "Traitements au sol par tracteur" s'est faite hors période d'épandages aériens, courant mai-juin 2004 (période de premier traitement de la pyrale où les plants de maïs ne requièrent pas l'intervention d'hélicoptères) ; les composantes "Traitements

au sol par enjambeur" et "Traitements aériens par hélicoptère" ont été estimées courant juillet-août-septembre 2004 (période de deuxième traitement lors de laquelle le traitement au sol est beaucoup plus difficile et appelle donc l'utilisation d'épandages "aériens").

L'échantillonnage a été réalisé par l'Oramip à l'aide d'un préleveur haut débit de type DA80, avec prélèvement des phases particulaire et gazeuse des composés.

Les analyses ont porté sur les substances et composés mentionnés au paragraphe 4.1 "Substances visées par l'étude". Les filtres ont été conservés par le laboratoire afin de pouvoir mener des investigations complémentaires sur d'autres types de composés que ceux initialement retenus dans l'étude si cela était nécessaire.

Pour chaque point de mesure, en proximité de parcelle, les périodes de prélèvements retenues correspondaient au temps spécifique de traitement ; celles-ci sont de l'ordre de quelques heures lorsque les traitements sont faits par tracteurs ou enjambeurs et de quelques dizaines de minutes lorsque l'hélicoptère était utilisé.

Il est important de noter que la campagne de mesures réalisée par l'Oramip a été d'autant plus complexe à mettre en place que le calendrier initial de prélèvements a été revu à de multiples reprises ; cela était dû au caractère particulier de l'année 2004 au cours de laquelle les semis de maïs ont été particulièrement tardifs.

5.1.2.3 | Localisation des sites de prélèvements retenus

Les sites retenus pour l'étude ont été définis grâce à l'aide des coopératives agricoles.

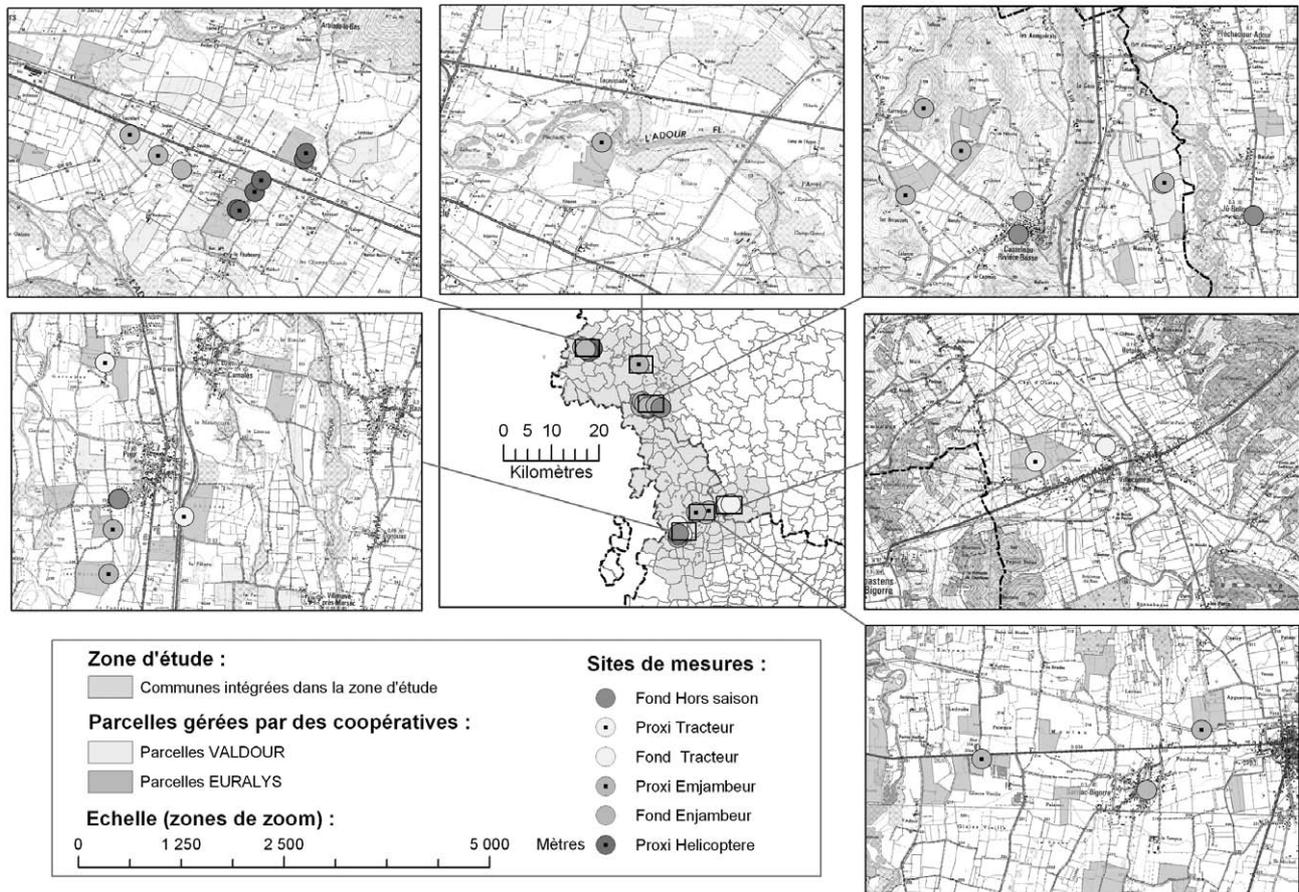
Sur l'ensemble de la zone d'étude et en fonction de la localisation des parcelles traitées, deux secteurs ont été définis : un premier secteur se trouvant au sud-est de la

commune de Barcelonne-du-Gers et un deuxième secteur recouvrant les environs de Vic-en-Bigorre. C'est sur ces zones-là que se trouvait la majorité des parcelles traitées par Euralis et Valdour contre la pyrale et la sésamie.

Le nombre de parcelles destinées à un épandage aérien est relativement faible sur la zone d'étude puisque, compte tenu des contraintes réglementaires associées, cette pratique est remplacée progressivement par le traitement par enjambeurs.

La figure 7 présente succinctement la localisation des sites de prélèvement ; la localisation exacte de ces sites figure dans le rapport de l'Oramip ainsi qu'en annexe 2.

Figure 7 - Localisation des sites de mesures sur la zone d'étude



IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

5.1.3 | Résultats de la campagne de mesures

Les résultats des mesures, traduits en concentrations atmosphériques au niveau du sol (ou immissions), figurent dans le tableau 6. Les résultats bruts sont disponibles dans le rapport de l'Oramip.

Les résultats présentés dans ce tableau doivent être interprétés de la manière suivante :

- les concentrations représentées en police de caractères gras correspondent à une estimation réelle faite au moment de la mesure ;
- les concentrations pour lesquelles le caractère "<" est mentionné correspondent à la limite de quantification de la méthode utilisée pour ce prélèvement (cela signifie que

compte tenu des protocoles de mesures et d'analyses utilisés, il n'a pas été possible de mettre en évidence une concentration significative en substances lors de ce prélèvement).

Les analyses ont prioritairement porté sur les substances actives utilisées lors des différents traitements étudiés.

Concernant les substances actives

Aucune trace de deltaméthrine et de lambda-cyhalothrine n'a été mise en évidence hors période de traitement, que ce soit avant (mi avril) ou après celle-ci (fin octobre).

Les prélèvements en période d'épandages aériens se sont eux aussi révélés inférieurs à la limite de quantification.

Des analyses significatives de composés ont été relevées pour la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine lors des épandages par enjambeurs, mais surtout lors des épandages par tracteurs.

Toutefois, un grand nombre de prélèvements se sont montrés inférieurs à la limite de détection des composés, notamment en limite de parcelles, alors même que ces traitements avaient lieu et que nous pouvions supposer que c'est à ce moment-là que les expositions étaient les plus importantes.

Les prélèvements de deltaméthrine et lambda-cyhalothrine se sont révélés négatifs en phase gazeuse, vraisemblablement en raison des caractéristiques de pulvérisation des produits sur les cultures.

Concernant les autres composés

Les analyses relatives aux solvants/additifs utilisés n'ont également pas permis de mettre en évidence des concentrations plus élevées que la limite de quantification de la méthode utilisée.

Tableau 6 - Résultats de la campagne de mesures menée par l'Oramip (concentrations exprimées en µg/m³)

Commune	Type	Coopérative	Date	Durée	Deltaméthrine		Lambda-cyhalothrine		Solvants naphtha-alcanes (C9-C16)	Propylène glycol	Phosphate de tributyle
					Particules	Gaz	Particules	Gaz			
Castelnau Rivière Basse	Fond Hors Saison	-	19/04/2004	24 h	< 7,2.10 ⁻⁴	< 7,2.10 ⁻⁴	< 7,2.10 ⁻⁵	< 7,2.10 ⁻⁵	-	-	-
Pujol	Fond Hors Saison	-	20/04/2004	24 h	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁵	< 7,3.10 ⁻⁵	-	-	-
Pujol	Fond Hors Saison	-	27/10/2004	24 h	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁵	< 7,3.10 ⁻⁵	-	-	-
Ju Belloc	Fond Hors Saison	-	27/10/2004	24 h	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁴	< 7,3.10 ⁻⁵	< 7,3.10 ⁻⁵	-	-	-
Pujol	Proxi Tracteur	Euralis	06/08/2004	5 h	< 3,5.10 ⁻³	< 3,5.10 ⁻³	3,3.10⁻³	< 3,5.10 ⁻⁴	-	-	-
Villecomital s/ Arros	Proxi Tracteur	Euralis	12/08/2004	3 h	< 5,9.10 ⁻³	< 5,9.10 ⁻³	3,4.10⁻²	< 5,9.10 ⁻⁴	-	-	-
Camales	Proxi Tracteur	Euralis	12/08/2004	2 h	7,9.10⁻³	< 7,7.10 ⁻³	7,7.10⁻⁴	< 7,7.10 ⁻⁴	-	-	-
Pujol	Fond Tracteur	Euralis	06/08/2004	6 h	< 3,7.10 ⁻³	< 3,7.10 ⁻³	3,7.10^{-4*}	< 3,7.10 ⁻⁴	-	-	-
Villecomital s/ Arros	Fond Tracteur	Euralis	12/08/2004	3 h	< 6,0.10 ⁻³	< 6,0.10 ⁻³	< 6,0.10 ⁻⁴	< 6,0.10 ⁻⁴	-	-	-
Pujol	Proxi Enjambeur	Euralis	13/08/2004	1 h	< 8,8.10 ⁻³	< 8,8.10 ⁻³	7,0.10⁻³	< 8,8.10 ⁻⁴	-	-	-
Pujol	Proxi Enjambeur			30 min							
Riscle	Proxi Enjambeur	Euralis	18/08/2004	2 h	< 8,8.10 ⁻³	< 8,8.10 ⁻³	4,9.10⁻³	< 8,8.10 ⁻⁴	-	-	-
Barthele	Proxi Enjambeur	Vaidour	20/08/2004	30 min	1,2.10^{-2*}	< 1,2.10 ⁻²	< 1,2.10 ⁻³	< 1,2.10 ⁻³	-	-	-
Barthele	Proxi Enjambeur	Vaidour		1 h							
Castelnau Rivière Basse	Proxi Enjambeur (pompe)	Euralis	27/08/2004	45 min	-	-	< 4,1.10 ⁻¹	-	< 3,3.10 ³	< 6,7.10 ²	-
Castelnau Rivière Basse	Proxi Enjambeur (pompe)	Euralis		41 min							
Castelnau Rivière Basse	Proxi Enjambeur (pompe)	Euralis		20 min							
Ju Belloc	Proxi Enjambeur	Vaidour	31/08/2004	2 h	< 4,0.10 ⁻³	< 4,0.10 ⁻³	< 4,0.10 ⁻⁴	< 4,0.10 ⁻⁴	-	-	-
Sarriac Bigorre	Proxi Enjambeur	Euralis	01/09/2004	1 h 25	< 8,1.10 ⁻³	< 8,1.10 ⁻³	8,1.10⁻⁴	< 8,1.10 ⁻⁴	-	-	-
Sarriac Bigorre	Proxi Enjambeur	Euralis		45 min							
Ju Belloc/Mazère	Proxi Enjambeur	Vaidour	14/09/2004	3 h	< 5,9.10 ⁻³	< 5,9.10 ⁻³	< 5,9.10 ⁻⁴	< 5,9.10 ⁻⁴	-	-	-
Ju Belloc/Mazère	Proxi Enjambeur (pompe)	Vaidour	14/09/2004	3 h	< 2,5	-	-	-	< 2,0.10 ³	< 1,7.10 ¹	-
Barthele	Fond Enjambeur	Vaidour	20/08/2004	3 h	< 5,8.10 ⁻³	< 5,8.10 ⁻³	< 5,8.10 ⁻⁴	< 5,8.10 ⁻⁴	-	-	-
Castelnau Rivière Basse	Fond Enjambeur	Euralis	27/08/2004	3 h	< 5,6.10 ⁻³	< 5,6.10 ⁻³	< 5,6.10 ⁻⁴	< 5,6.10 ⁻⁴	-	-	-
Ju Belloc	Fond Enjambeur	Vaidour	31/08/2004	4 h	< 3,4.10 ⁻³	< 3,4.10 ⁻³	< 3,4.10 ⁻⁴	< 3,4.10 ⁻⁴	-	-	-
Sarriac Bigorre	Fond Enjambeur	Euralis	01/09/2004	3 h 50	< 4,6.10 ⁻³	< 4,6.10 ⁻³	< 4,6.10 ⁻⁴	< 4,6.10 ⁻⁴	-	-	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	05/08/2004	50 min	-	-	< 8,3.10 ⁻²	-	< 9,1.10 ³	< 1,8.10 ³	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	05/08/2004	50 min	-	-	< 1,0.10 ⁻¹	-	-	-	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	05/08/2004	50 min	-	-	< 1,0.10 ⁻¹	-	-	-	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	19/08/2004	20 min	-	-	< 1,8	-	-	-	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	19/08/2004	20 min	-	-	< 2,3	-	-	-	-
Barcelonne du Gers	Proxi Hélicoptère (pompe)	Euralis	19/08/2004	20 min	-	-	< 2,3	-	-	-	-

* Seulement quelques traces de composés ont été relevées ; leur analyse fine n'est toutefois pas possible compte tenu de la limite de quantification de la méthode utilisée.

5.2 | Estimations des immissions

Deux estimations des immissions sont présentées ci-après à partir des résultats fournis dans le tableau 6 :

- une immission **moyenne** correspondant à la concentration atmosphérique au sol des composés sous forme particulaire exclusivement. Les concentrations retenues correspondent à la concentration maximale pour la phase particulaire seule ; si les analyses ne sont pas supérieures à la limite de quantification, alors cette limite de quantification est retenue ;
- une immission **maximale** correspondant à la concentration atmosphérique au sol des composés sous forme

particulaire mais également gazeuse (alors même que les composés sous cette forme n'ont pas été détectés). Les concentrations retenues correspondent à la somme des concentrations maximales pour les phases particulaire et gazeuse ; si les analyses ne sont pas supérieures à la limite de quantification, alors la somme des limites de quantification de la phase particulaire et de la phase gazeuse est retenue.

Cette démarche est considérée comme majorante en ce qui concerne l'estimation du risque sanitaire lié à ces épandages, notamment pour l'estimation du niveau d'exposition maximum.

5.2.1 | Estimations du “bruit de fond”

La composante “bruit de fond” représente la part de l'exposition qui ne varie pas suivant les périodes étudiées. Les populations sont supposées être exposées toute l'année, y compris hors période d'épandages, à ces concentrations ; l'ensemble des échantillons analysés a été retenu.

Le tableau 7 présente ces niveaux d'exposition pour la lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine. Les concentrations retenues correspondent à la limite de quantification de la méthode retenue.

Tableau 7 - Estimations du “bruit de fond”

	Immission moyenne (exposition aux particules)	Immission maximale (exposition aux particules et gaz)
Deltaméthrine	$7,3 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$	$1,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$
Lambda-cyhalothrine	$7,3 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$	$1,5 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$
Solvants naphta	ND	ND
Propylène glycol	ND	ND
Phosphate de tributyle	ND	ND

ND pour non disponible.

5.2.2 | Estimations des immissions lors des épandages par tracteurs

Afin de caractériser l'impact des épandages en bordure de parcelle traitée, mais également chez les habitants les plus proches sous les vents dominants, deux immissions seront

étudiées : une immission de proximité établie à partir de 3 prélèvements et une immission à distance (fond) établie à partir de 2 prélèvements.

Tableau 8 - Estimations des immissions induites lors des traitements par tracteurs hors “bruit de fond”

		Immission moyenne (exposition aux particules)	Immission maximale (exposition aux particules et gaz)
Deltaméthrine	Proximité	7,9.10⁻³ µg/m³*	1,6.10 ⁻² µg/m ³
	À distance	6,0.10 ⁻³ µg/m ³	1,2.10 ⁻² µg/m ³
Lambda-cyhalothrine	Proximité	3,4.10⁻² µg/m³*	3,5.10 ⁻² µg/m ³
	À distance	3,7.10⁻⁴ µg/m³*	1,2.10 ⁻³ µg/m ³
Solvants naphta	Proximité	ND	ND
	À distance	ND	ND
Propylène glycol	Proximité	ND	ND
	À distance	ND	ND
Phosphate de tributyle	Proximité	ND	ND
	À distance	ND	ND

* Concentrations mesurées et non calculées sur la limite de quantification.

ND pour non disponible.

5.2.3 | Estimations des immissions lors des épandages par enjambeurs

Les immissions spécifiques à cette composante ont été établies sur la base de 7 prélèvements réalisés en limites de parcelle et 4 prélèvements réalisés en site à distance.

Tableau 9 - Estimations des immissions lors des traitements par enjambeurs hors “bruit de fond”

		Immission moyenne (exposition aux particules)	Immission maximale (exposition aux particules et gaz)
Deltaméthrine	Proximité	1,2.10⁻² µg/m³*	2,4.10 ⁻² µg/m ³
	À distance	3,4.10 ⁻³ µg/m ³	6,9.10 ⁻³ µg/m ³
Lambda-cyhalothrine	Proximité	7,0.10⁻³ µg/m³*	7,9.10 ⁻³ µg/m ³
	À distance	3,4.10 ⁻⁴ µg/m ³	6,9.10 ⁻⁴ µg/m ³
Solvants naphta	Proximité	ND	3 333 µg/m ³
	À distance	ND	ND
Propylène glycol	Proximité	ND	667 µg/m ³
	À distance	ND	ND
Phosphate de tributyle	Proximité	ND	17 µg/m ³
	À distance	ND	ND

* Concentrations mesurées et non calculées sur la limite de quantification.

ND pour non disponible.

5.2.4 | Estimations des immissions lors des épandages par hélicoptères

Les immissions spécifiques à cette composante ont été définies sur la base de 6 prélèvements réalisés en limites de parcelle ; aucun de ces prélèvements, réalisés sur la période

d'épandage (relativement courte), n'a permis la mesure significative de composés.

Tableau 10 - Estimations des immissions induites lors des traitements par hélicoptères hors “bruit de fond”

		Immission moyenne (exposition aux particules)	Immission maximale (exposition aux particules et gaz)
Deltaméthrine	Proximité	ND	ND
	À distance	ND	ND
Lambda-cyhalothrine	Proximité	8,3.10 ⁻² (1) à 2,3 µg/m ³ (2)	ND
	À distance	ND	ND
Solvants naphta	Proximité	ND	9 091 µg/m ³ (1)
	À distance	ND	ND
Propylène glycol	Proximité	ND	1 819 µg/m ³ (1)
	À distance	ND	ND
Phosphate de tributyle	Proximité	ND	ND
	À distance	ND	ND

(1) Limite de quantification pour une mesure sur 50 minutes.

(2) Limite de quantification pour une mesure sur 20 minutes.

ND pour non disponible.

5.3 | Scénarios d'exposition envisagés

Les immissions présentées dans le tableau 6 correspondent à des estimations moyennes des concentrations atmosphériques mesurées sur la période de prélèvement ; l'exposition des populations voisines des parcelles traitées peut, par ailleurs, être envisagée de deux manières :

- d'une part, en termes d'exposition ponctuelle survenant le jour même du traitement (**exposition aiguë ou ponctuelle**) ;
- d'autre part, en termes d'exposition répétée, au cours de la saison entière, durant laquelle les traitements sont répartis (**exposition chronique**).

Dans les deux cas, les personnes sont exposées d'une part, aux émissions spécifiques des moyens de traitement et d'autre part, au “bruit de fond” (teneurs habituellement mesurées) sur la zone.

Afin de décrire des situations d'expositions contrastées, que ce soit dans le cadre d'une exposition ponctuelle ou

chronique, deux scénarios ont été considérés dans notre analyse :

- un scénario **moyen** : une personne dont le taux de présence sur le site est considéré comme **moyen** et soumise à une immission **moyenne** (polluant sous forme particulaire uniquement) ;
- un scénario maximum : une personne dont le taux de présence sur le site est considéré comme maximum et soumise à une immission **maximale** (polluant sous forme particulaire et gazeuse).

Pour élaborer ces scénarios, nous avons donc introduit dans notre modèle de calcul des facteurs humains d'exposition qui permettent de considérer l'exposition des populations en fonction de leurs caractéristiques spécifiques : il s'agit du poids, du taux d'inhalation, du taux de présence quotidienne sur le site et du ratio de traitement sur l'année. Les niveaux d'exposition correspondent donc à une DJE qui est construite de la manière suivante :

$$DJE = (\text{Immission} / \text{poids}) \times \text{taux inhalation} \times \text{taux de présence quotidienne} \times \text{ratio annuel de traitement}$$

Les paramètres de calcul ont été déterminés en utilisant des bases de données internationales telles que : *European Exposure Factors Sourcebook*⁶ et *Exposure Factors Handbook*⁷.

Les valeurs suivantes ont été retenues :

- le poids moyen : 22 kg pour un enfant de 6 ans, 70 kg pour un adulte ; identique quels que soient les scénarios (**moyen** et **maximum**) ;
- le taux moyen d'inhalation : 10 m³/jour pour un enfant, 13 m³/jour pour un adulte ; identique quel que soient les scénarios (**moyen** et **maximum**) ;
- le taux de présence quotidienne : le temps effectif passé sur site rapporté à une journée. L'exposition ponctuelle au traitement est en pratique de l'ordre de 3 à 4 heures.

Aussi, afin de maximiser l'exposition, pour le scénario **maximum**, une durée de présence sur le site de 24 heures a été retenue. Pour le scénario **moyen**, une durée moyenne de résidence sur le site (temps passé chez soi) a été retenue, soit 20 heures pour un enfant et 16 heures pour un adulte ;

- le ratio annuel de traitement : le nombre de jours de traitement rapporté à une année. Il a été choisi de retenir, pour les scénarios **moyen** et **maximum**, une période d'application pour les traitements par tracteur et enjambeur de 2 mois (facteur de pondération de 60/365). Pour le traitement par hélicoptère, la période de traitement retenue est celle correspondant à l'année 2004, soit 2 jours, pour le scénario moyen comme pour le scénario maximum (facteur de pondération 2/365). Pour le "bruit de fond", la période choisie est l'année entière.

⁶ "European Exposure Factors Sourcebook" (ExpoFacts) disponible ici : <http://www.ktl.fi/expofacts/>

⁷ "Exposure Factors Handbook" disponible ici : <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf> et <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/>

6.1 | Principe du calcul des indicateurs de danger

Les effets sanitaires, pour les molécules concernées par cette étude, sont considérés comme des effets à seuil de nature non cancérogènes ; par conséquent, la caractérisation des risques sanitaires est réalisée en comparant une DJE

ou une concentration atmosphérique d'exposition à une dose de référence VTR, de manière à obtenir un quotient de danger ou QD :

$$QD = \frac{DJE}{VTR} = \frac{(\text{Immission} / \text{poids}) \times \text{taux inhalation} \times \text{taux de présence quotidienne} \times \text{ratio annuel de traitement}}{VTR}$$

De façon générale, le QD permet une caractérisation qualitative du danger, c'est-à-dire s'il est ou non possible que l'effet indésirable survienne. Lorsque le QD est inférieur à la valeur 1, il est raisonnable de penser, en l'état actuel des connaissances, que les populations ne seront pas affectées par ce dit effet. Si le QD est supérieur à 1, il est plus difficile de se prononcer car tout dépend de la manière dont les VTR sont établies ; il convient alors de raisonner au cas par cas.

Seules les VTR présentées sous forme de DJA ou de MRL ont été utilisées pour le calcul des QD. En effet, nous n'avons pas jugé pertinent de retenir les VME existant dans la littérature car il n'est pas possible d'apprécier la manière dont elles ont été établies.

En effet :

- on ne connaît pas les conditions dans lesquelles une VME est élaborée, notamment en ce qui concerne la prise en compte ou non d'un équipement de protection ;
- une VME n'est pas calculée pour un effet sanitaire précis ;
- la dose de survenue de l'effet n'est pas connue.

Aussi, il n'y aura pas de caractérisation des risques pour les solvants naphta et pour le phosphate de tributyle, en dépit des mesures réalisées. Il sera uniquement possible de voir si, pour ces substances, les niveaux d'exposition présentés sont ou non supérieurs à ces valeurs limites.

Pour plus de clarté dans ce document, nous avons fait le choix de ne présenter ici que l'ordre de grandeur des QD ; toutefois, la totalité des données chiffrées (intermédiaires et finales) est présentée en annexe 3.

6.2 | Risques sanitaires induits par l'exposition ponctuelle aux traitements

6.2.1 | "Bruit de fond"

Les QD obtenus dans le cadre d'une exposition au "bruit de fond" sont résumés dans le tableau 11.

Tableau 11 - Présentation des QD induits par le "bruit de fond"

	Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

6.2.2 | Épandages par tracteurs

Les QD obtenus dans le cadre d'une exposition lors des traitements par tracteurs sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,002	< 0,001	< 0,003	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Pour obtenir un niveau de risque total pendant la période d'épandages par tracteurs, il faut ajouter au risque “tracteur”, le risque induit par la composante “bruit de fond” qui existe

toute l'année. On obtient alors les risques présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,002	< 0,001	< 0,003	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence un risque sanitaire induit par l'épandage par tracteurs avec ou sans “bruit de fond” pour les scénarios envisagés, pour une

exposition ponctuelle, en proximité de champs ou plus à distance (fond).

6.2.3 | Épandages par enjambeurs

Pour le propylène glycol, nous ne calculerons pas de risque car la VTR disponible n'est pas utilisable pour les risques aigus.

Les QD avec ou sans prise en compte du “bruit de fond” sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 14 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,002	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 15 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,002	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit par l'épandage par enjambeurs avec ou sans “bruit de fond” pour les scénarios envisagés, pour

une exposition ponctuelle, en proximité de champs ou plus à distance (fond).

6.2.4 | Épandages par hélicoptères

Pour le propylène glycol, nous ne calculerons pas de risque car la VTR disponible n'est pas utilisable pour les risques aigus.

Le risque lié au scénario maximal pour la lambda-cyhalothrine n'a pas été calculé puisque nous ne disposons

pas de niveau d'immission maximale. Rappelons, par ailleurs, qu'aucune mesure n'était disponible pour la deltaméthrine puisque celle-ci n'est pas présente dans les produits utilisés pour ce type de traitement. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 16 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,005 à < 0,117	< 0,002 à < 0,038	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 17 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,005 à < 0,117	< 0,002 à < 0,038	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit par l'épandage par hélicoptères avec

ou sans “bruit de fond” pour les scénarios envisagés, pour une exposition ponctuelle ou en proximité de champs.

6.3 | Risques sanitaires induits par l'exposition chronique aux traitements

6.3.1 | "Bruit de fond"

Les QD obtenus dans le cadre d'une exposition au "bruit de fond" sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 - Présentation des QD induits par le "bruit de fond"

	Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

6.3.2 | Épandages par tracteurs

Les QD obtenus dans le cadre d'une exposition lors des traitements par tracteurs sont résumés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 19 - Présentation des QD induits par la composante "exposition spécifique par tracteurs" sans prise en compte du "bruit de fond"

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Pour obtenir un niveau de risque total pendant la période d'épandage par tracteurs, il faut ajouter au risque "tracteur", le risque induit par la composante "bruit de fond" qui existe

toute l'année. On obtient alors les risques présentés dans le tableau suivant.

Tableau 20 - Présentation des QD induits par la composante "exposition spécifique par tracteurs" avec prise en compte du "bruit de fond"

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit par l'épandage par tracteurs avec ou sans "bruit de fond" pour les scénarios envisagés, pour une

exposition chronique, en proximité de champs ou plus à distance (fond).

6.3.3 | Épandages par enjambeurs

Le risque lié au scénario moyen n'a pas été calculé pour le propylène glycol car nous ne disposons pas de niveau d'immission moyenne.

Tableau 21 - Présentation des QD induits par la composante "exposition spécifique par enjambeurs" sans prise en compte du "bruit de fond"

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Propylène glycol	Proximité	-	-	3,9	3,9

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Les QD avec prise en compte de la composante "bruit de fond" sont dans le tableau 22. Notons que le calcul n'est

pas possible pour le propylène glycol puisque aucune mesure de "bruit de fond" n'a été réalisée.

Tableau 22 - Présentation des QD induits par la composante "exposition spécifique par enjambeurs" avec prise en compte du "bruit de fond"

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit par l'épandage par enjambeurs pour la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine avec ou sans "bruit de fond" pour les scénarios envisagés, pour une exposition chronique, en proximité de champs ou plus à distance (fond).

Par contre, pour le propylène glycol, dans le cadre d'une exposition en proximité de champs à un niveau d'exposition maximal (mesures retenues : limite de quantification), un QD supérieur à 1 a été estimé, ce qui n'exclut pas la survenue potentielle d'un effet sur le système respiratoire.

6.3.4 | Épandages par hélicoptères

Le risque lié au scénario moyen n'a pas été calculé pour le propylène glycol car nous ne disposons pas de niveau

d'exposition moyen. Le risque lié au scénario maximal pour la lambda-cyhalothrine n'a pas été calculé non plus

puisque nous ne disposons pas de niveau d'exposition maximal. Rappelons, par ailleurs, qu'aucune mesure n'était disponible pour la deltaméthrine puisque celle-ci n'est

pas présente dans les produits utilisés pour ce type de traitement.

Tableau 23 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	-	-
Propylène glycol	Proximité	-	-	< 0,356	< 0,356

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Le tableau 24 présente les QD en prenant en compte le “bruit de fond”. Notons que ce calcul n'est pas possible

pour le propylène glycol puisque aucune mesure de “bruit de fond” n'a été réalisée.

Tableau 24 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit lors de l'épandage par hélicoptères ni pour la lambda-cyhalothrine avec ou sans “bruit de

fond” ni pour le propylène glycol dans le cas du scénario maximum (sans prise en compte du “bruit de fond”).

6.3.5 | Ensemble des épandages sur la période de traitement

Dans le cadre d'une exposition chronique, il est également possible d'évaluer le risque sanitaire induit par l'ensemble des traitements au cours des années. Les tableaux ci-dessous présentent ces résultats.

À noter que le risque, pour la lambda-cyhalothrine, lié au scénario maximal n'a pas été calculé car nous ne disposons pas des données pour les trois types de traitement.

Tableau 25 - Présentation des QD induits par les traitements sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001 à < 0,002	< 0,001	-	-
	À distance	-	-	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 26 - Présentation des QD induits par les traitements avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	À distance	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lambda-cyhalothrine	Proximité	< 0,001 à < 0,002	< 0,001	-	-
	À distance	-	-	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Cette évaluation ne permet pas de mettre en évidence de risques sanitaires induits par l'ensemble des traitements pour la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine.

7 Synthèse des résultats

7.1 | Traitements par tracteurs

Cette évaluation quantitative des risques ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire induit par le traitement par tracteurs à la deltaméthrine ou à la lambda-cyhalothrine, lors d'une exposition ponctuelle ou chronique,

quels que soient les scénarios envisagés. Par ailleurs, nous ne disposons pas des concentrations atmosphériques de solvants lors ce type d'épandage, il ne nous est donc pas possible de conclure pour ce type d'exposition.

7.2 | Traitements par enjambeurs

Concernant le traitement par enjambeurs, l'évaluation quantitative des risques ne permet pas de mettre en évidence de risque sanitaire associé à l'application de deltaméthrine ou de lambda-cyhalothrine, lors d'une exposition ponctuelle ou chronique, quels que soient les scénarios envisagés. En ce qui concerne les solvants, il n'a été possible d'envisager que le cas d'une exposition chronique au propylène glycol ; les QD obtenus pour les enfants et les adultes sont supérieurs à la valeur 1 (QD = 3,9), dans le cadre d'un scénario maximum, en proximité de champs, et en prenant en compte comme concentrations d'exposition les limites de quantification

du composé dans la phase particulaire et dans la phase gazeuse. Il ne nous est toutefois pas possible de conclure sur l'existence du danger car :

- le calcul de l'exposition est basé sur la limite de quantification et non sur une mesure réelle ;
- on note que, bien que le niveau d'exposition soit supérieur à la VTR, ce niveau d'exposition est environ 1 400 fois inférieur à la dose minimale d'exposition entraînant un effet chez l'animal, soit 158 mg/m³ (VTR = 0,028 mg/m³ ; DJE = 0,12 mg/m³).

7.3 | Traitements par hélicoptères

Pour le traitement par hélicoptères, nous ne disposons pas d'éléments concernant l'épandage à la deltaméthrine puisque celle-ci n'est pas présente dans les produits utilisés pour ce type de traitement. Pour la lambda-cyhalothrine, l'évaluation quantitative des risques ne

permet pas de mettre en évidence de risque lors d'une exposition ponctuelle ou d'une exposition chronique. Concernant le risque induit par le propylène glycol, lors d'une exposition chronique, cette évaluation ne permet pas non plus de mettre en évidence de risque sanitaire.

Discussion sur les limites de la démarche retenue

Il est possible de mener une évaluation quantitative des risques sanitaires pour évaluer les risques liés à l'épandage

de phytosanitaires, mais cette méthode se heurte à des limites importantes.

8.1 | Substances retenues pour l'étude

Notre étude n'a porté que sur les molécules utilisées par les agriculteurs affiliés aux deux coopératives et pour des traitements contre la pyrale et la sésamie sur des cultures de maïs doux.

Ce choix était, par ailleurs, guidé par l'utilisation de produits identiques à ceux utilisés l'été 2003 et ne tient pas compte de nouvelles molécules ou compositions de produits qui auraient également pu être utilisés durant l'été 2004, sur ces mêmes cultures ou autres avoisinantes, par tracteurs et enjambeurs.

Cependant, comme cela a été le cas lors d'un traitement, des molécules autres que la substance active utilisée pour le traitement peuvent être retrouvées. Il est donc très probable que d'autres traitements utilisant d'autres substances sur lesquelles la recherche n'a pas porté, aient été effectués sur les champs environnants. L'impact de ces substances potentielles n'a pas été évalué.

8.2 | Connaissances scientifiques disponibles

Concernant les deux substances actives, les VTR disponibles concernaient la voie orale, aussi, les niveaux d'exposition (concentrations atmosphériques) ont été convertis, sur la base des données scientifiques existantes, en dose interne (apport journalier), pour être comparés aux DJA ; ce calcul est basé sur l'hypothèse d'une absorption et d'une assimilation de la substance par l'organisme de 100 % ; cette hypothèse de calcul peut, dans certains cas, à l'exception des substances fortement bio-accumulables, être considérée comme majorante pour une évaluation des risques sanitaires. De plus, ce choix introduit une part importante d'incertitudes dans les résultats obtenus, notamment sur l'adéquation de ces VTR aux modalités d'exposition étudiées (utilisation d'une DJA dans le cadre d'une exposition par inhalation) ; des facteurs de sécurité supplémentaires auraient également pu être utilisés pour tenir compte de cette incertitude.

Il est apparu des lacunes dans les connaissances scientifiques, notamment pour les solvants naphta et le phosphate de tributyle, pour lesquels les quelques données disponibles chez l'homme sont relatives au milieu du travail. En ce qui concerne le groupe des solvants naphta, il ne nous a pas été possible d'identifier de composés "traceurs".

Les VME en milieu professionnel disponibles pour ces composés n'ont pas été utilisées dans le cadre de notre étude compte tenu de l'absence de connaissances sur leur méthode d'élaboration.

Pour le propylène glycol, les VTR disponibles ne concernaient qu'une exposition chronique, aussi, l'exposition ponctuelle n'a pas pu être étudiée.

8.3 | Calcul des expositions

8.3.1 | Estimation des immissions

Une partie des immissions a été évaluée à partir des concentrations réellement mesurées lors de la phase métrologique de notre étude : c'est le cas des immissions à la deltaméthrine et à la lambda-cyhalothrine, pour l'épandage par tracteurs et par enjambeurs, ce qui permet d'obtenir une image assez proche de la réalité.

En revanche, toutes les immissions pour lesquelles les analyses n'étaient pas significatives ont été évaluées à partir de la limite de quantification de la méthode de prélèvement, ce qui majore l'exposition réelle. Pour affiner les résultats trouvés, notamment pour l'épandage par hélicoptères, il serait intéressant de disposer de méthodes de mesure permettant de quantifier les concentrations de substances actives, mais également de solvants, en adaptant les méthodes de prélèvement et/ou d'analyse.

Les mesures réalisées dans le cadre de cette étude ont été réalisées sur quelques jours durant lesquels le vent était

faible ce qui a limité la dispersion des substances. Ces conditions climatiques ont certainement eu pour effet de minimiser les concentrations retrouvées sur les sites de fond mais en revanche, on peut imaginer de maximiser celles en limite de parcelles (c'est-à-dire à l'endroit où les expositions sont théoriquement les plus importantes).

Enfin, il est à noter que pour l'estimation des expositions, nous n'avons pas pris en compte le "bruit de fond" lié à d'autres voies d'exposition auxquelles la population de la zone d'étude aurait pu être confrontée. Il s'agit notamment de l'exposition par la voie alimentaire, que ce soit des produits locaux autoconsommés, mais également ceux de l'alimentation générale, dans lesquels les substances visées dans cette étude peuvent être présentes. Ce choix conduit probablement à une sous-estimation de l'exposition réelle aux substances étudiées.

8.3.2 | Choix des facteurs humains d'exposition

Lors de l'estimation de l'exposition, plusieurs scénarios ont été construits sur la base de données résumant les comportements humains et les caractéristiques influençant l'exposition. Un poids et un taux d'inhalation moyens ont été retenus à partir de données de la littérature internationale, pour les adultes et les enfants, de manière à rester proche de la réalité.

La durée d'exposition des populations a été volontairement majorée : 24 heures dans le cas des scénarios maximums (c'est-à-dire un individu se trouvant en proximité de champs ou en fond 24 heures/24, tous les jours), mais également dans le cas d'un scénario moyen (c'est-à-dire un individu vivant en proximité de champs ou plus à distance

16 heures/24, tous les jours pour un adulte, 20 heures/24, tous les jours, pour un enfant). Il a par conséquent été fait l'hypothèse que les concentrations en substances étaient identiques à l'intérieur et à l'extérieur des habitations.

Enfin, concernant le temps de traitement, il a été évalué, pour le tracteur et l'enjambeur, à partir des périodes habituelles de traitements (mai-juin/juillet-août) et majoré à deux mois (soit 60 jours contigus de traitement) ; il est difficile, en pratique, d'aller vérifier le nombre effectif de jours de traitements car cela nécessiterait une enquête spécifique de terrain. La durée du traitement par hélicoptères repose sur le nombre effectif de journées de traitements sur ce type de cultures (données SRPV) soit 2 jours durant l'été 2004.

8.4 | Caractérisation des risques

Les effets des traitements sur la santé ont été évalués indépendamment pour chacune des substances. Les connaissances actuelles ne permettent malheureusement pas de prendre en compte les synergies entre les substances ayant des actions similaires pour les mêmes

organes cibles, par exemple, un effet sanitaire conjoint des deux substances actives.

Concernant uniquement ces pratiques d'épandages et dans le cadre de l'utilisation des deux produits étudiés (Karaté Zéon et Decis Micro), plusieurs remarques peuvent être formulées :

À propos des substances actives :

- lors des traitements par enjambeurs et tracteurs, nos estimations ne suggèrent pas de risque significatif pour les populations exposées aux deux substances actives. En effet, les QD estimés sont faibles (de l'ordre de 1 pour 1 000 dans le cadre d'une exposition chronique et au maximum de 11 % pour une exposition aiguë chez les enfants) en tenant compte des VTR actuellement disponibles dans la littérature et sans prise en compte de facteurs de sécurité supplémentaires à ceux utilisés pour le calcul des DJA (facteurs de sécurité qui pourraient être introduits pour tenir compte de la transposition de voie) ;
- lors des traitements par hélicoptères, les estimations ne suggèrent pas de risque significatif concernant l'utilisation de propylène glycol et de lambda-cyhalothrine aux niveaux d'exposition correspondant aux limites de quantification (approche majorante d'estimation de l'exposition).

À propos des types d'épandages :

- les niveaux des QD pour la deltaméthrine sont du même ordre de grandeur pour le traitement par enjambeurs ou tracteurs (exposition chronique ou ponctuelle). En revanche, pour la lambda-cyhalothrine, les QD ont un ordre de grandeur 10 fois moindre pour l'enjambeur par rapport au tracteur chez les enfants en exposition ponctuelle et chez les adultes en exposition chronique.

À propos des solvants :

- pour le propylène glycol lors des traitements par enjambeurs, il n'est pas possible de conclure avec certitude sur le niveau de risque attendu ; en effet, les niveaux d'exposition calculés sont vraisemblablement surévalués dans notre démarche et on peut simplement conclure que le risque réel se situe en dessous du niveau de risque estimé.

Il est important de rappeler que ces conclusions ne tiennent pas compte de l'interaction des autres produits utilisés pour les cultures avoisinantes qui n'ont pas été étudiés ici.

9.1 | Aspects métrologiques

Les résultats de notre étude ont permis de mettre en évidence l'importance des modalités de prélèvements et la manière dont sont analysés les échantillons ; en effet, sur plusieurs points de mesures, il est difficile de se prononcer sur le niveau réel de l'exposition, notamment lorsque les traitements étaient de courte durée (par exemple pour les épandages par hélicoptères).

Sur l'ensemble des mesures réalisées, nous n'avons pu obtenir de résultats significatifs qu'en limites de parcelles traitées, lorsque ces traitements étaient réalisés par tracteurs ou par enjambeurs ; dans ces conditions spécifiques de traitement, la durée de prélèvement était assez importante, compte tenu du matériel utilisé, pour permettre une récupération suffisante de particules (ou de gaz) en vue d'une analyse. Ces durées de prélèvement avaient été définies en fonction du type de traitement utilisé afin de rester le plus proche des situations d'exposition (prélèvement le temps du traitement, voire un peu après, afin de prendre en compte le phénomène de remise en suspension des particules) ; il n'aurait toutefois pas été forcément opportun de prélever plus longtemps sur

ces points de mesures compte tenu des objectifs de l'étude pour la prise en compte de l'exposition ponctuelle aux composés.

La principale limite dans notre étude est donc l'incertitude qui demeure sur l'exposition des populations, notamment lors de certaines pratiques d'épandage, comme les épandages par hélicoptères. Afin de caractériser le risque sanitaire, nous avons fait l'hypothèse pénalisante que l'exposition était au maximum égale à la limite de quantification de la méthode d'analyse utilisée.

Afin d'améliorer les connaissances sur ces expositions, lors des futures études, nous recommandons donc une réflexion sur :

- l'utilisation de protocoles de prélèvements et d'équipements techniques qui sont spécifiques des types de traitements étudiés ;
- l'amélioration des méthodes d'analyses, afin de pouvoir abaisser autant que faire se peut la limite de détection des composés en présence.

9.2 | Pertinence et faisabilité d'une surveillance épidémiologique

Préalablement à la réalisation de notre étude et afin de répondre aux interrogations de la population sur les effets sanitaires associés aux traitements phytosanitaires de la pyrale du maïs, nous avons émis l'hypothèse qu'il serait possible de mettre en place un système de surveillance épidémiologique ; il avait été proposé que la décision de mettre en place ce type de recueil d'information serait fonction des résultats de notre étude.

Une campagne de sensibilisation des professionnels de santé (médecins généralistes, pneumologues...) de la zone d'étude aurait pu en effet être envisagée, notamment une

formation des médecins en vue d'un signalement d'épisodes sanitaires "anecdotiques", potentiellement induits par des expositions à des produits phytosanitaires. **Les signalements de ces signes dans le contexte d'une exposition caractérisée**, dès lors qu'ils concernent des expositions non professionnelles, auraient alors été portés le plus rapidement possible à la connaissance de la Ddass du département concerné et du Centre antipoison de la région.

Cependant, un diagnostic clinique précis doit être établi au cas par cas et les effets sanitaires sont généralement peu spécifiques de ce type d'exposition (tableau 27).

Tableau 27 - Données nécessaires au signalement des cas d'intoxication suite à une exposition environnementale à des produits phytosanitaires

Types d'effets envisagés	Informations à recueillir
– Problèmes respiratoires (difficultés à respirer...)	Données médicales
– Crises d'asthme	– Désignation du médecin déclarant
– Irritation des voies aériennes supérieures	– Nombre de personnes affectées
– Hypersalivation	– Diagnostic clinique complet de chaque personne
– Toux	– Date de survenue des effets
– Écoulement nasal	– Antécédents pathologiques (asthme...)
– Fatigue	Données personnelles
– Vertiges	– Statut socioprofessionnel des personnes
– Nausées	– Statut tabagique des personnes
– Vomissements	– Etc.
– Troubles digestifs	Données environnementales
– Irritation oculaire	– Lieu de survenue des effets
– Picotements, démangeaisons cutanées	– Durée des effets
– Érythèmes cutanés	– Événement potentiellement causal (lieu, date, durée, produit en cause, modalité de traitement...)
	– Etc.

En ce qui concerne les risques associés à la présence des substances actives dans l'environnement, les résultats ne suggèrent pas la nécessité de mettre en place un tel système de surveillance. En ce qui concerne les solvants, des QD significatifs (supérieurs à la valeur 1) ont été calculés, toutefois ceux-ci se situent très proches de la valeur jugée comme acceptable ; ces estimations ont été calculées sur la base des limites de quantification, ce qui constitue une approche pénalisante du risque sanitaire. Il ne nous semble pas adéquat, vis-à-vis des traitements étudiés, de mettre en place un tel système de surveillance sur la zone d'étude au regard des limites d'un tel système (manque de définition de pathologies spécifiques, de pertinence des bases de données sanitaires existantes, biais de déclaration potentiel).

Par ailleurs, si un tel système de surveillance devait être mis en place, celui-ci ne devrait pas concerner les effets associés aux seules substances étudiées dans cette étude (traitement de la pyrale et sésamie du maïs), mais devrait également prendre en considération les autres substances épandues pour les autres cultures de la zone d'étude.

Au final, compte tenu des résultats de cette étude et au regard des données disponibles, la mise en place d'un système de surveillance ne paraît donc pas pertinente en raison des limites inhérentes à sa faisabilité sur le terrain, notamment le caractère non spécifique des effets sanitaires liés aux expositions étudiées.

9.3 | Recommandations pour la protection de la population

Nous recommandons également, dans le cadre des futurs épandages, qu'il y ait :

- une meilleure information des professionnels du secteur agricole vis-à-vis des populations riveraines dès lors que des traitements intensifs doivent avoir lieu sur plusieurs jours durant, notamment en vue de prévenir la santé des personnes les plus sensibles (asthmatiques...);
- l'utilisation des techniques adéquates qui permettent de minimiser l'envol des particules ou leur remise

en suspension, notamment lorsque les conditions météorologiques ne sont pas propices (vents trop forts notamment) et par conséquent, l'exposition par inhalation des populations.

Nous recommandons également, sur un plan scientifique, le développement de VTR adaptées aux différentes substances (substances actives et solvants ou additifs), notamment pour la prise en compte d'effets sanitaires potentiels dans le cadre d'expositions par inhalation.

Deltaméthrine

1. INRS. Fiche toxicologique n° 193 – Deltaméthrine. Édition 1987.
2. AGRITOX. Deltaméthrine – Fiche d'information substance active phytopharmaceutique. Institut national de la recherche agronomique. <http://www.inra.fr/agritox/>.
3. Jecfa. Deltamethrin. Joint Fao/WHO Expert committee on food additives. <http://jecfa.ilsa.org/evaluation.cfm?chemical = DELTAMETHRIN>.
4. IARC. Overall evaluations of carcinogenicity to humans. International agency for research on cancer. <http://monographs.iarc.fr/monoeval/crthall.html>.

Lambda-cyhalothrine

5. European commission. Review report for the active substance lambda-cyhalothrin – 7572/VI/97-final. General health and consumer protection. 25 January 2001.
6. Agence canadienne de réglementation de la lutte antiparasitaire. Note réglementaire : Lambda-cyhalothrine. 9 février 2001. Canada.
7. FAO. Lambda-cyhalothrin. Food and agriculture organization of the United Nations. 1999.
8. AGRITOX. Lamba-cyhalothrine – Fiche d'information substance active phytopharmaceutique. Institut national de la recherche agronomique. <http://www.inra.fr/agritox/>.

Propylène glycol

9. INRS. Fiche toxicologique n° 226 – Propylène glycol. Édition 1994.
10. ATSDR. ToxFAQs : Ethylene glycol and propylene glycol. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. September 1997.
11. ATSDR. Minimal Risk Level. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dernière mise à jour en janvier 2004. <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>.
12. HSDB. Propylene glycol. Hazardous Substances Data Bank. Dernière mise à jour le 05/03/2003. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>.

Phosphate de tributyle

13. INRS. Fiche toxicologique n° 231 – Phosphate de tributyle. Édition 1997.
14. NIOSH. Pocket guide to chemical hazards – Tributyl phosphate. National Institute for Occupational Safety and Health. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0625.html>.

Solvants naphta et aromatiques

15. INRS. Fiche toxicologique n° 106 – Solvants naphta et solvants aromatiques. Édition 1999.

Annexe 1 - Liste des communes situées sur les deux zones d'intérêt (RPG 1999, Insee)

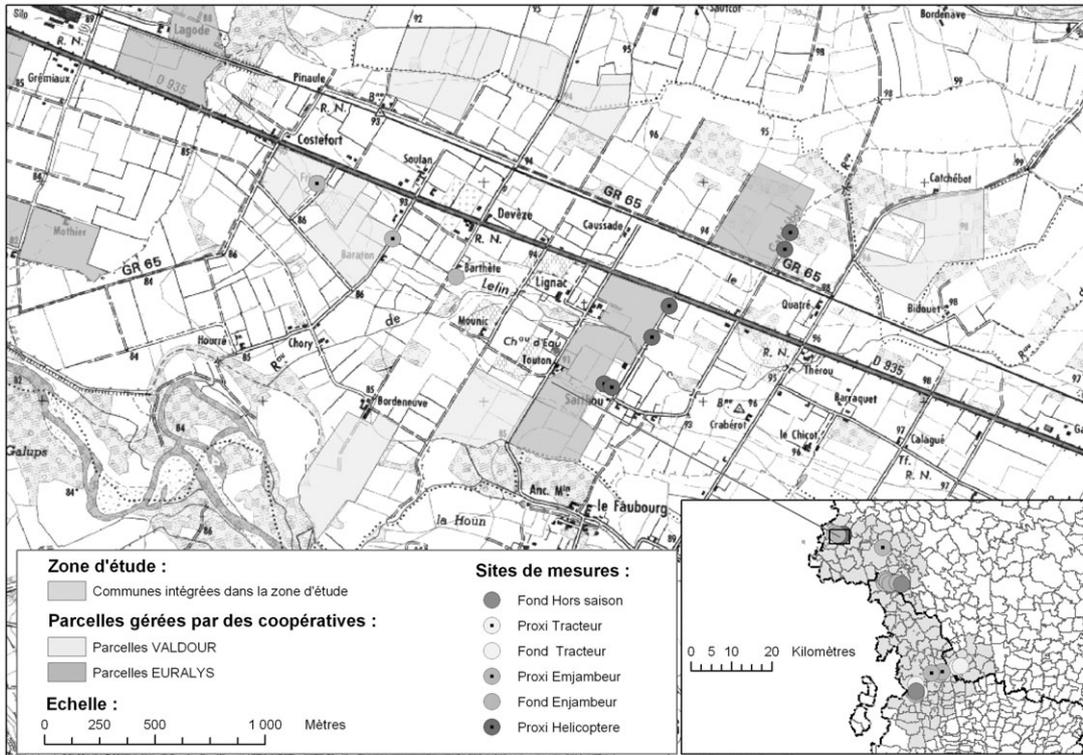
Code Insee	Commune	Effectif	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)	Épandages en 2003 (SRPV)	Commune avec exploitation (exploitant)	Commune parmi les plus exposées
Département du Gers (32)							
32004	ARBLADE-LE-BAS	109	7,7	14,2	NON	NON	NON
32017	AURENSAN	129	6,3	20,4	NON	NON	NON
32020	AUX-AUSSAT	201	12,6	15,9	NON	NON	NON
32027	BARCELONNE-DU-GERS	1 303	20,3	64,2	OUI	OUI	OUI
32039	BECCAS	83	3,4	24,6	NON	NON	NON
32046	BERNEDE	204	8,2	24,9	NON	NON	NON
32050	BETPLAN	136	5,5	24,9	NON	NON	NON
32063	BOUZON-GELLENAVE	167	10,3	16,2	NON	NON	NON
32070	CAHUZAC-SUR-ADOUR	171	6,6	25,8	OUI	OUI	OUI
32074	CANNET	55	4,8	11,4	NON	NON	NON
32093	CAUMONT	103	7,2	14,4	NON	OUI	OUI
32108	CORNEILLAN	147	8,5	17,4	NON	NON	NON
32126	ESTAMPES	173	10,8	16,0	NON	NON	NON
32135	FUSTEROUAU	114	7,9	14,5	NON	NON	NON
32136	GALIAX	189	6,1	31,2	NON	NON	NON
32145	GEE-RIVIERE	51	2,7	18,6	NON	NON	NON
32151	GOUX	84	5,4	15,7	NON	NON	NON
32152	HAGET	293	9,1	32,2	NON	NON	NON
32161	IZOTGES	74	2,9	25,2	OUI	OUI	OUI
32163	JU-BELLOC	305	10,0	30,5	NON	NON	NON
32170	LABARTHETE	137	11,1	12,4	NON	NON	NON
32175	LADVEZE-VILLE	249	9,1	27,4	NON	NON	NON
32181	LAGUIAN-MAZOUS	303	10,0	30,4	NON	NON	NON
32192	LANNUX	199	12,8	15,5	NON	NON	NON
32199	LASSERADE	226	12,8	17,7	NON	NON	NON
32209	LELIN-LAPUJOLLE	207	13,6	15,3	NON	NON	NON
32225	MALABAT	87	5,4	16,1	NON	NON	NON
32244	MAULICHERES	185	6,2	29,9	NON	NON	NON
32245	MAUMUSSON-LAGUIAN	165	9,3	17,7	NON	NON	NON
32283	MONTEGUT-ARROS	286	15,3	18,7	NON	NON	NON
32319	PLAISANCE	1 479	13,7	107,9	NON	NON	NON
32325	POUYDRAGUIN	136	9,7	14,0	NON	NON	NON
32330	PRECHAC-SUR-ADOUR	213	4,4	48,7	NON	NON	NON
32333	PROJAN	142	11,8	12,1	NON	NON	NON
32344	RISCLE	1 675	31,7	52,8	NON	OUI	OUI
32378	SAINT-GERME	443	9,6	46,4	NON	NON	NON

Code Insee	Commune	Effectif	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)	Épandages en 2003 (SRPV)	Commune avec exploitation (exploitant)	Commune parmi les plus exposées
32380	SAINT-GRIEDE	128	7,5	17,0	NON	NON	NON
32390	SAINT-MARTIN-D'ARMAGNAC	205	10,8	19,0	NON	NON	NON
32398	SAINT-MONT	319	12,6	25,3	NON	NON	NON
32414	SARRAGACHIES	265	12,8	20,7	NON	NON	NON
32439	TARSAC	161	4,5	35,7	OUI	OUI	OUI
32440	TASQUE	216	10,0	21,6	OUI	OUI	OUI
32443	TERMES-D'ARMAGNAC	215	10,1	21,4	NON	NON	NON
32445	TIESTE-URAGNOUX	121	6,1	19,8	NON	NON	NON
32455	TRONCENS	199	13,0	15,3	NON	NON	NON
32460	VERGOIGNAN	251	10,4	24,0	NON	NON	NON
32461	VERLUS	97	6,2	15,7	NON	OUI	OUI
32463	VIELLA	560	22,0	25,4	OUI	OUI	OUI
32464	VILLECOMTAL-SUR-ARROS	743	11,2	66,5	OUI	OUI	OUI
Département des Hautes-Pyrénées (65)							
65007	ANDREST	1 229	6,2	198,5	NON	OUI	OUI
65013	ANSOST	62	2,2	28,2	NON	OUI	OUI
65035	ARTAGNAN	433	4,9	87,7	OUI	OUI	OUI
65047	AUREILHAN	7 447	9,4	788,9	NON	NON	NON
65048	AURENSAN	660	7,1	92,8	NON	OUI	OUI
65049	AURIEBAT	290	16,1	18,0	NON	NON	NON
65061	BARBACHEN	42	3,0	13,8	NON	NON	NON
65072	BAZET	1 298	2,8	457,0	NON	OUI	OUI
65073	BAZILLAC	304	10,3	29,6	OUI	OUI	OUI
65100	BORDERES-SUR-L'ECHEZ	3 551	16,0	222,6	NON	NON	NON
65108	BOURS	715	4,7	152,8	NON	NON	NON
65114	BUZON	74	4,4	16,8	NON	NON	NON
65119	CAIXON	377	8,6	44,1	NON	NON	NON
65121	CAMALES	385	4,7	82,4	OUI	NON	OUI
65130	CASTELNAU-RIVIERE-BASSE	667	18,5	36,1	NON	OUI	OUI
65133	CASTERA-LOU	154	4,8	32,0	NON	NON	NON
65137	CAUSSADE-RIVIERE	104	6,2	16,9	NON	NON	NON
65146	CHIS	245	3,7	65,5	NON	NON	NON
65156	DOURS	183	5,0	36,7	NON	NON	NON
65161	ESCONDEAUX	212	3,8	55,9	OUI	OUI	OUI
65174	ESTIRAC	101	5,2	19,4	NON	NON	NON
65189	GAYAN	252	2,8	90,6	NON	NON	NON
65196	GENSAC	68	3,4	19,8	NON	NON	NON
65215	HAGEDET	40	2,2	18,1	NON	NON	NON
65219	HERES	124	5,9	21,1	NON	NON	NON
65240	LABATUT-RIVIERE	360	12,7	28,3	NON	NON	NON
65242	LACASSAGNE	175	6,7	26,3	OUI	OUI	OUI
65243	LAFITOLE	377	8,7	43,4	NON	OUI	OUI
65244	LAGARDE	454	4,9	92,5	NON	NON	NON
65248	LAHITTE-TOUPIERE	184	5,6	32,9	NON	NON	NON
65262	LARREULE	381	10,1	37,6	NON	NON	NON

Code Insee	Commune	Effectif	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)	Épandages en 2003 (SRPV)	Commune avec exploitation (exploitant)	Commune parmi les plus exposées
65264	LASCAZERES	249	9,2	27,0	NON	NON	NON
65269	LESCURRY	163	5,0	32,5	NON	NON	NON
65273	LIAC	169	4,2	40,5	OUI	OUI	OUI
65285	LOUIT	129	5,0	25,6	NON	NON	NON
65296	MADIRAN	536	15,0	35,7	NON	OUI	OUI
65297	MANSAN	54	2,1	26,0	NON	NON	NON
65299	MARSAC	195	1,6	125,8	NON	NON	NON
65304	MAUBOURGUET	2 412	22,0	109,4	OUI	OUI	OUI
65311	MINGOT	69	1,7	39,9	NON	NON	NON
65314	MONFAUCON	163	10,4	15,7	NON	NON	NON
65330	NOUILHAN	175	4,5	38,6	NON	OUI	OUI
65340	ORLEIX	1 671	8,3	201,8	NON	NON	NON
65350	OURSBELILLE	1 198	11,3	105,7	NON	NON	NON
65361	PEYRUN	84	4,0	20,9	NON	NON	NON
65372	PUJO	579	5,3	109,7	OUI	OUI	OUI
65375	RABASTENS-DE-BIGORRE	1 336	8,9	149,6	OUI	OUI	OUI
65387	SAINT-LANNE	119	13,1	9,1	NON	OUI	OUI
65390	SAINT-LEZER	333	11,2	29,8	OUI	OUI	OUI
65397	SAINT-SEVER-DE-RUSTAN	137	9,5	14,4	NON	NON	NON
65403	SANOUS	75	1,6	46,0	NON	NON	NON
65406	SARNIGUET	219	2,1	105,8	NON	NON	NON
65409	SARRIAC-BIGORRE	263	10,8	24,4	OUI	OUI	OUI
65412	SAUVETERRE	151	10,4	14,5	NON	NON	NON
65414	SEGALAS	96	6,0	16,1	OUI	NON	OUI
65418	SENAC	215	8,9	24,0	NON	NON	NON
65425	SIARROUY	387	6,2	62,4	NON	NON	NON
65429	SOMBRUN	237	9,7	24,5	NON	NON	NON
65430	SOREAC	34	2,3	14,7	NON	NON	NON
65432	SOUBLECAUSE	175	6,2	28,3	NON	NON	NON
65438	TALAZAC	67	1,6	42,4	NON	NON	NON
65439	TARASTEIX	229	9,9	23,2	NON	NON	NON
65440	TARBES	46 275	15,3	3018,6	NON	NON	NON
65446	TOSTAT	424	6,3	67,6	NON	OUI	OUI
65457	UGNOUAS	73	1,6	45,9	NON	NON	NON
65460	VIC-EN-BIGORRE	4 788	31,9	150,0	OUI	OUI	OUI
65462	VIDOUZE	262	16,0	16,4	NON	NON	NON
65472	VILLEFRANQUE	85	3,2	26,8	NON	NON	NON
65477	VILLENAVE-PRES-MARSAC	43	1,1	38,4	NON	NON	NON

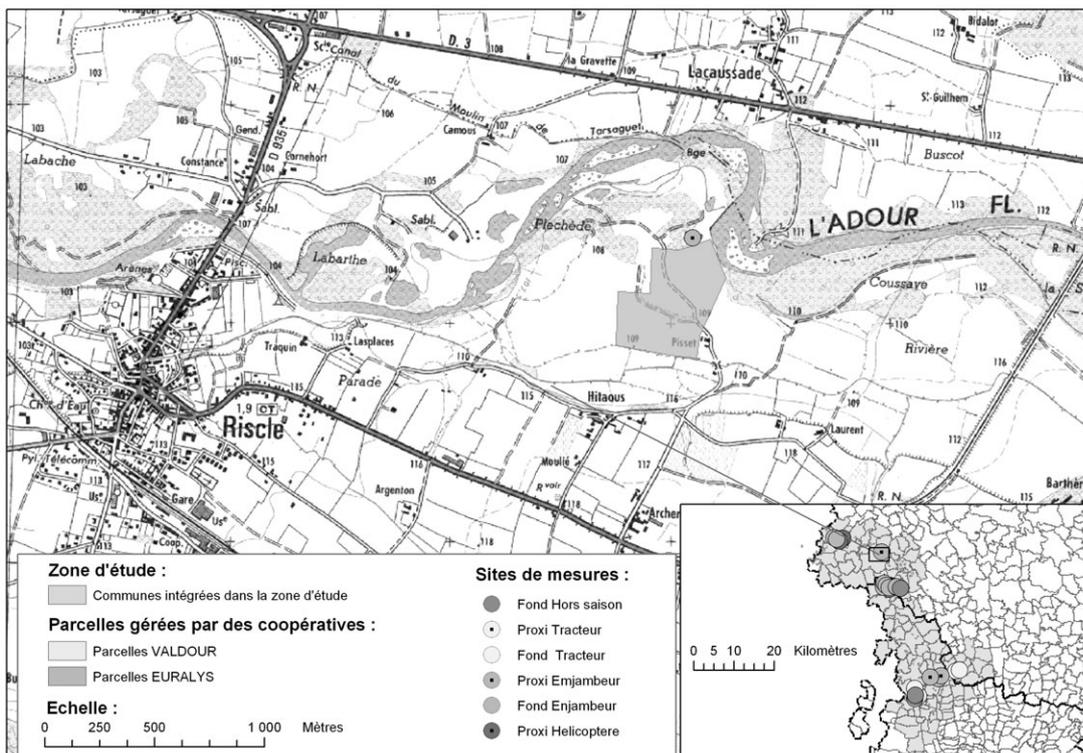
Annexe 2 - Cartes de localisation des sites de mesures

Figure 8 - Localisation des sites de mesures – zone 1



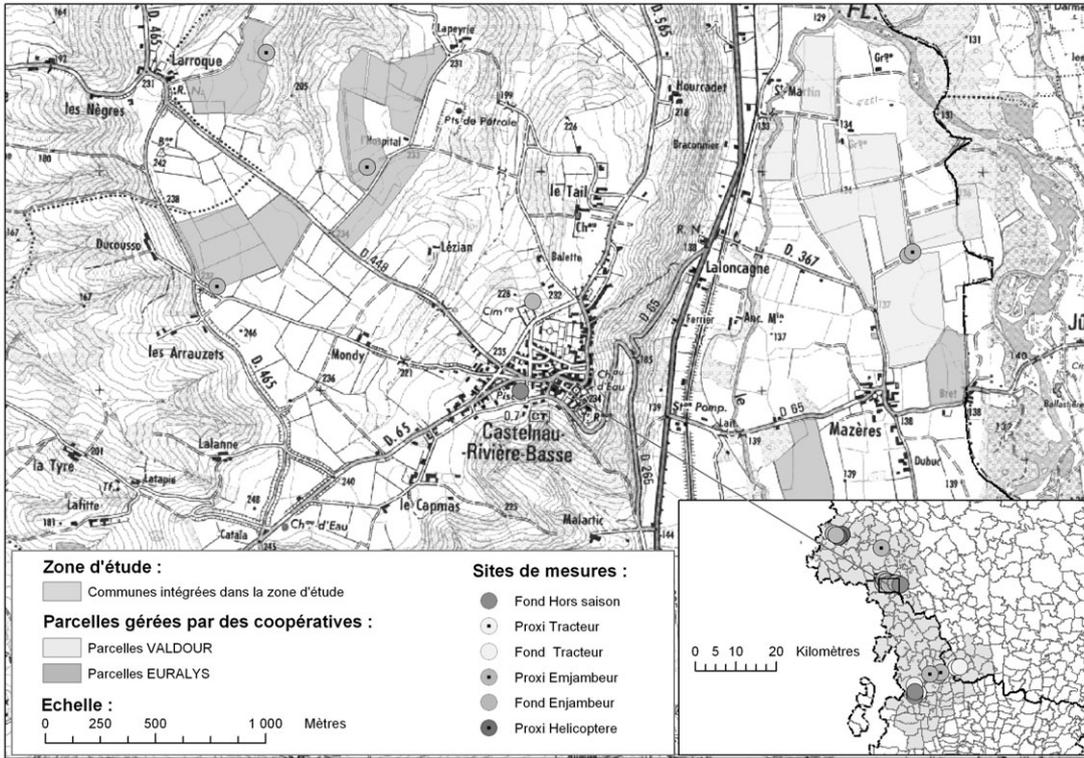
IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Figure 9 - Localisation des sites de mesures – zone 2



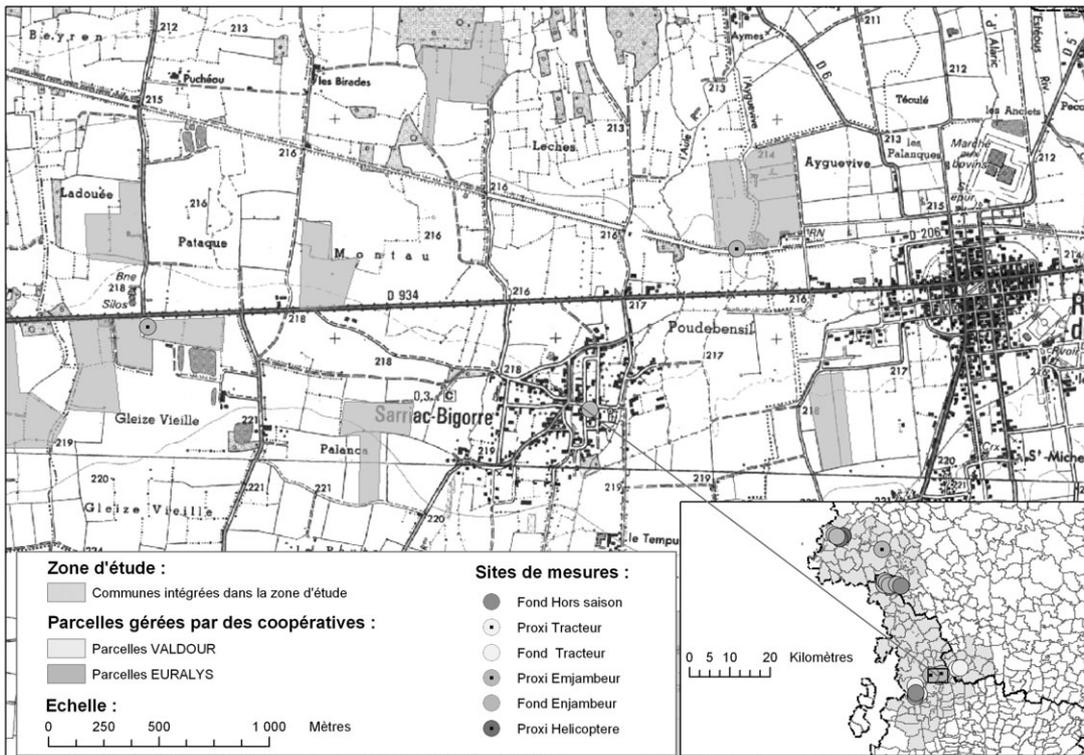
IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Figure 10 - Localisation des sites de mesures – zone 3



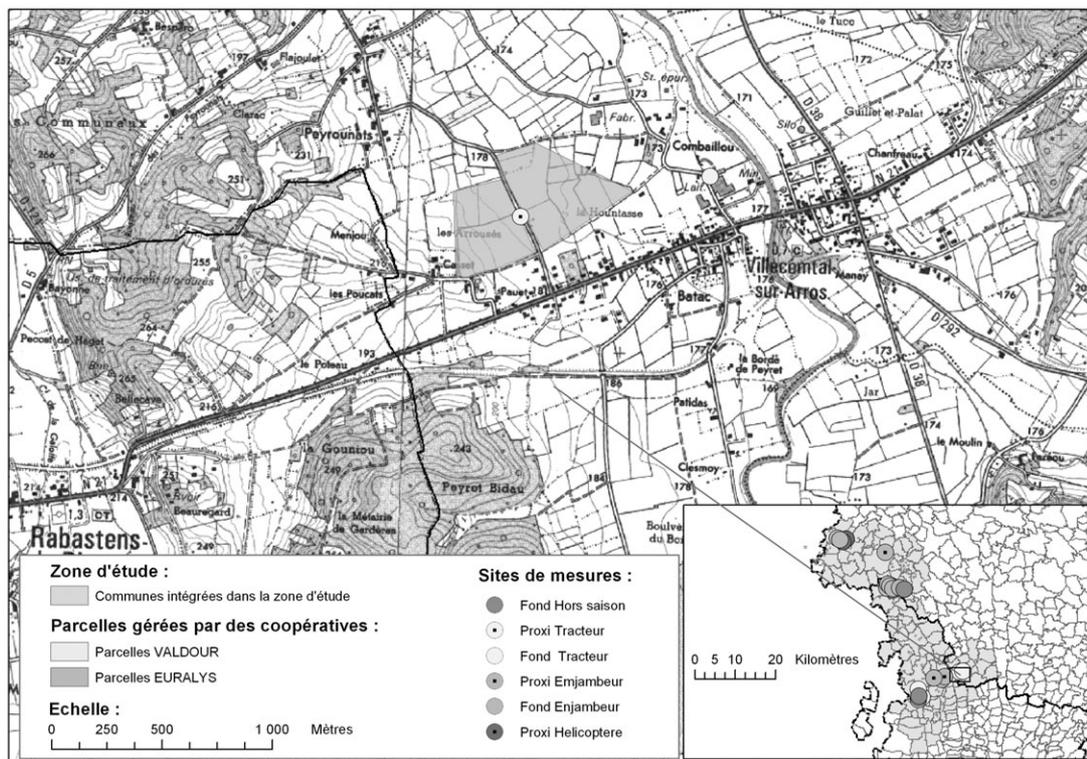
IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Figure 11 - Localisation des sites de mesures – zone 4



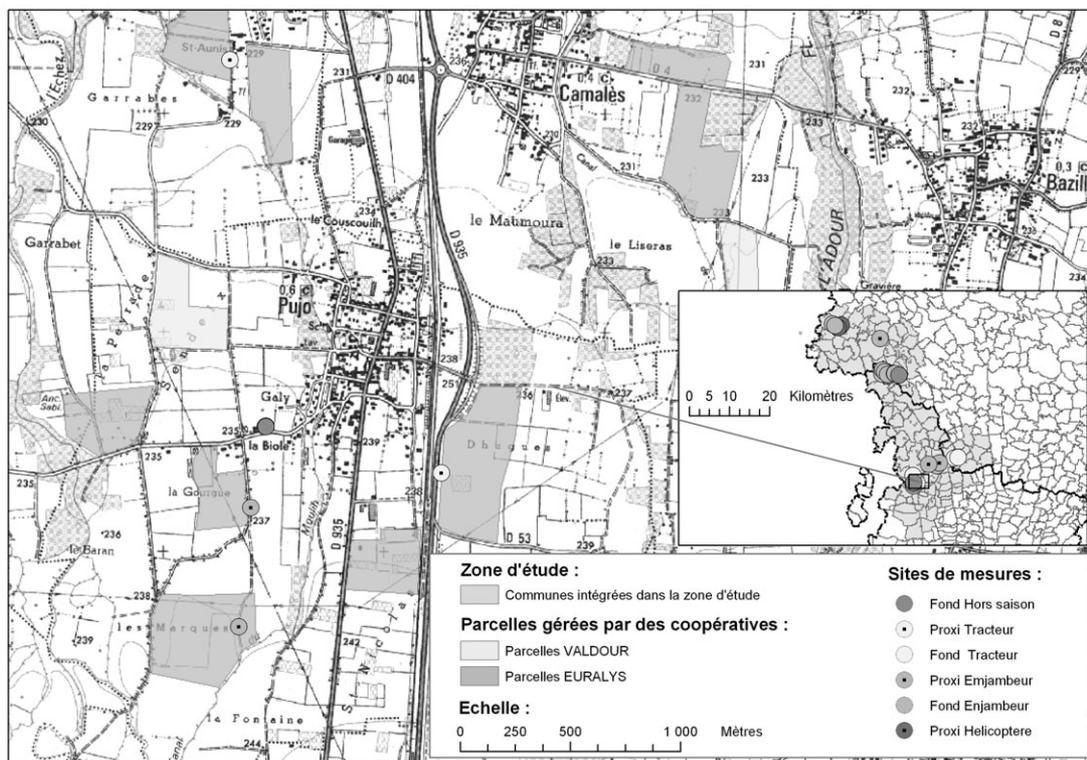
IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Figure 12 - Localisation des sites de mesures – zone 5



IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Figure 13 - Localisation des sites de mesures – zone 6



IGN BD CARTO® – IGN Série Bleue France

Annexe 3 - Résultats détaillés des calculs de quotients de danger (QD) du tableau 11 au tableau 26

Tableau 11 - Présentation des QD induits par le “bruit de fond”

	Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	0,000028	0,000009	0,000068	0,000028
Lambda-cyhalothrine	0,000004	0,000001	0,000009	0,000004

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 12 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000299	0,000098	0,000727	0,000297
	Fond	0,000227	0,000074	0,000545	0,000223
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,001717	0,000561	0,002121	0,000867
	Fond	0,000019	0,000006	0,000073	0,000030

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 13 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000327	0,000107	0,000795	0,000325
	Fond	0,000255	0,000083	0,000614	0,000251
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,001721	0,000562	0,002130	0,000870
	Fond	0,000022	0,000007	0,000082	0,000033

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 14 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000455	0,000149	0,001091	0,000446
	Fond	0,000129	0,000042	0,000314	0,000128
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000354	0,000116	0,000479	0,000196
	Fond	0,000017	0,000006	0,000042	0,000017

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 15 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000482	0,000158	0,001159	0,000474
	Fond	0,000156	0,000051	0,000382	0,000156
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000357	0,000117	0,000488	0,000199
	Fond	0,000021	0,000007	0,000051	0,000021

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 16 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,004192 à 0,116162	0,001370 à 0,037968	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 17 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,004196 à 0,116165	0,001371 à 0,037969	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 18 - Présentation des QD induits par le “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine		0,000028	0,000009	0,000068	0,000028
Lambda-cyhalothrine		0,000006	0,000002	0,000014	0,000006

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 19 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000049	0,000016	0,000120	0,000049
	Fond	0,000037	0,000012	0,000090	0,000037
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000423	0,000138	0,000523	0,000214
	Fond	0,000005	0,000002	0,000018	0,000007

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 20 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par tracteurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000077	0,000025	0,000188	0,000077
	Fond	0,000065	0,000021	0,000158	0,000064
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000429	0,000140	0,000537	0,000219
	Fond	0,000010	0,000003	0,000032	0,000013

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 21 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000075	0,000024	0,000179	0,000073
	Fond	0,000021	0,000007	0,000052	0,000021
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000087	0,000028	0,000118	0,000048
	Fond	0,000004	0,000001	0,000010	0,000004
Propylène glycol	Proximité	-	-	3,9	3,9

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 22 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par enjambeurs” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000102	0,000033	0,000248	0,000101
	Fond	0,000049	0,000016	0,000120	0,000049
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000093	0,000030	0,000132	0,000054
	Fond	0,000010	0,000003	0,000024	0,000010

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 23 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000034 à 0,000955	0,000011 à 0,000312	-	-
Propylène glycol	Proximité	-	-	0,355969	0,355969

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 24 - Présentation des QD induits par la composante “exposition spécifique par hélicoptères” avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000040 à 0,000960	0,000013 à 0,000314	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 25 - Présentation des QD induits par les traitements sans prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000152	0,000050	0,000367	0,000150
	Fond	0,000086	0,000028	0,000209	0,000086
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000551 à 0,001471	0,000180 à 0,000481	-	-
	Fond	-	-	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Tableau 26 - Présentation des QD induits par les traitements avec prise en compte du “bruit de fond”

		Scénario moyen QD*		Scénario maximum QD*	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Deltaméthrine	Proximité	0,000207	0,000068	0,000503	0,000206
	Fond	0,000141	0,000046	0,000346	0,000141
Lambda-cyhalothrine	Proximité	0,000567 à 0,001487	0,000185 à 0,000486	-	-
	Fond	-	-	-	-

* Un QD < 1 indique une absence de danger dans le cadre du scénario envisagé.

Au cours du mois d'octobre 2002, la Cire Midi-Pyrénées a été saisie par deux Ddass suite aux inquiétudes de la population concernant les épandages de produits phytosanitaires par voie aérienne sur des cultures de maïs doux. Ces inquiétudes étaient liées au fait que des personnes résidant à proximité de parcelles agricoles concernées par ces épandages se plaignaient de troubles divers et peu spécifiques, notamment respiratoires.

L'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires et d'en discuter la pertinence au regard des connaissances disponibles. L'objectif secondaire de cette étude est de décrire la variabilité des expositions en fonction du type de traitement, par tracteur, enjambeur ou hélicoptère ainsi qu'en fonction des périodes de traitement.

Les résultats de la campagne métrologique suggèrent que les concentrations induites par les épandages par tracteurs seraient plus élevées que celles liées aux enjambeurs.

En ce qui concerne la démarche d'évaluation des risques sanitaires, les résultats ne suggèrent pas de risque sanitaire lié à l'exposition aux substances actives quel que soit le type de traitement utilisé. Cependant, des réserves doivent être faites quant aux valeurs toxicologiques de référence disponibles, qui ne concernent pas la voie respiratoire et ne sont donc pas adaptées à l'exposition par voie aérienne. De plus, l'évaluation des risques sanitaires à l'égard des solvants utilisés n'a pu être menée à son terme par manque de données toxicologiques et de mesures suffisamment précises.

Les recommandations suivantes peuvent être proposées :

- une meilleure information des populations riveraines sur les traitements phytosanitaires réalisés à proximité de leur résidence ;
- l'utilisation des techniques adéquates permettant de minimiser la dérive des particules ou leur remise en suspension ;
- sur un plan scientifique, le développement de VTR adaptées pour la voie respiratoire.



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

Cellule interrégionale d'épidémiologie Midi-Pyrénées

12, rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex
Tél. : 33(0) 1 41 79 67 00 - Fax : 33(0) 1 41 79 67 67
<http://www.invs.sante.fr>

ISBN : 2-11-095763-8
Tirage : 400 exemplaires
Dépôt légal : Février 2006
Imprimé par France Repro - Maisons-Alfort