

Exposition aérienne aux produits phytosanitaires : un outil pour la priorisation des territoires où agir

Sylvie Cassadou, Adeline Beaumont, Marie-Claude Sablick, Jean-Pierre Cassagne, Philippe Quénel

▶ **To cite this version:**

Sylvie Cassadou, Adeline Beaumont, Marie-Claude Sablick, Jean-Pierre Cassagne, Philippe Quénel. Exposition aérienne aux produits phytosanitaires : un outil pour la priorisation des territoires où agir. Environnement, Risques & Santé, 2020, 19 (5), pp.327-338. 10.1684/ers.2020.1471 . hal-02996050

HAL Id: hal-02996050

https://univ-rennes.hal.science/hal-02996050

Submitted on 28 Nov 2022

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

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

Exposition aérienne aux produits phytosanitaires : un outil pour la priorisation des territoires où agir

Sylvie Cassadou[1]
Adeline Beaumont[1]
Marie-Claude Sablick[2]
Jean-Pierre Cassagne[2]
Philippe Quenel[3]

[1] CREAI - Observatoire régional de santé Occitanie
Site de Toulouse
37, allées Jules Guesde
31000 Toulouse
France
<s.cassadou@creaiors-occitanie.fr>
<a.beaumont@creaiors-occitanie.fr>

[2] DRAAF Occitanie – Service régional d'information statistique, économique et territoriale
Cité Administrative
Boulevard Armand Duportal
31074 Toulouse Cedex
France
<marie-claude.sablik@agriculture.gouv.fr>
<jean-pierre.cassagne@agriculture.gouv.fr>

[3] Univ Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085
Rennes
France
<philippe.quenel@ehesp.fr>

Tirés à part :
S. Cassadou

Article reçu le 11 décembre 2019, accepté le 10 mars 2020

Résumé. Dans le cadre du plan Ecophyto2, la Direction régionale de l'alimentation, l'agriculture et la forêt (Draaf) d'Occitanie a développé le projet « EXPO'PHYTO » qui vise à conduire, à l'échelle de petits territoires, une démarche collective et concertée de réduction de l'exposition aérienne aux produits phytopharmaceutiques. Pour tester la pertinence de cette approche, la Draaf souhaitait pouvoir la conduire sur quelques territoires où la réduction de l'exposition s'avérerait prioritaire par rapport à d'autres. Il a été décidé pour cela d'établir un classement des territoires d'Occitanie au regard de leur fardeau d'exposition potentielle.
Deux indicateurs quantitatifs, pour les professionnels agricoles et la population générale respectivement, ont été construits à l'échelle cantonale en recourant à l'utilisation simultanée de matrices culture-exposition et de données de population et d'urbanisation. Les cantons ont ainsi pu être classés par valeur décroissante des indicateurs.
Une analyse de sensibilité a été conduite afin de vérifier la robustesse des résultats. Celle-ci montre, pour chacune des deux populations, que certains cantons à prédominance viticole, restent classés dans les dix premiers parmi les 269 que compte l'Occitanie : cinq cantons pour la population professionnelle et trois cantons pour la population générale. Ces derniers sont également classés parmi les dix premiers pour la population professionnelle, quels que soient les paramètres de calcul utilisés.
Bien que les pratiques d'usage des produits phytopharmaceutiques ne soient pas particulières dans ces cantons, ceux-ci présentent des caractéristiques d'assolement, de démographie et de répartition de l'habitat qui les rendent plus vulnérables en termes d'exposition potentielle. Par ailleurs, leur caractère viticole est cohérent avec les connaissances scientifiques récentes. La démarche retenue constitue un outil d'aide à la décision pour identifier les territoires prioritaires où mettre en place des actions de réduction de l'exposition aérienne aux produits phytopharmaceutiques, du point de vue des impacts potentiels sur leurs populations.

Mots clés : pesticides ; exposition par inhalation ; techniques d'aide à la décision.

Abstract
Airborne exposure to pesticides: a decision-making tool to identify priority areas
As part of the Ecophyto2 plan, the Regional Administration of Food, Agriculture and Forestry (Draaf) of Occitania has developed the "EXPO'PHYTO" project. Its aim is to lead a collective and concerted approach in small communities to reduce airborne exposure to plant protection products (PPPs). To test the relevance and feasibility of this approach, Draaf wanted to be able to identify some areas where exposure reduction was a priority over others, by ranking the cantons of the Occitania region in order of their potential exposure burden.
Two quantitative indicators, for agricultural professionals and the general population respectively, were constructed at cantonal scale level by combining the use of crop-

Pour citer cet article : Cassadou S, Beaumont A, Sablick MC, Cassagne JP, Quenel P. Exposition aérienne aux produits phytosanitaires : un outil pour la priorisation des territoires où agir. *Environ Risque Sante* 2020 ; 19 : 327-338. doi : 10.1684/ers.2020.1471

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

doi: 10.1684/ers.2020.1471

exposure matrices with population data and urbanization level. The cantons could thus be classified by decreasing value of the indicators.
A sensitivity analysis was conducted to verify the robustness of the results. This showed, for each of the two populations, that some predominantly wine-growing cantons remain in the top ten of the 269 listed in Occitania: five cantons for the occupationally exposed population and three cantons for the general population. These three also ranked among the top ten for the occupationally exposed population, regardless of the calculation parameters used.
Practices in the use of PPPs are not specific to these cantons, but they have demographic and land-use characteristics that make them more vulnerable in terms of potential exposure. In addition, the presence of vineyards is consistent with recent scientific knowledge. The approach implemented is a decision-making tool to identify priority areas where is needed to reduce the population's airborne PPP exposure and its potential impacts.

Key words: *pesticides; inhalation exposure; decision support techniques.*

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Le contexte socio-agricole français a été confronté au cours des dernières années à de nombreuses problématiques économiques, sociales, sociétales, environnementales et sanitaires, dépendantes les unes des autres. Au niveau national, les questions de santé environnementale ont fait l'objet de travaux scientifiques, comme l'expertise collective de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) en 2013 [1], en cours d'actualisation, et de planifications politiques avec le premier plan Ecophyto (ou plan « Ecophyto 2018 ») issu du Grenelle de l'environnement de 2007. Le plan Ecophyto 2 initié en 2015 et repris par le Plan national santé environnement (PNSE) visait, comme le précédent, la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP). En 2017, la mission d'expertise regroupant des instances des ministères chargés de l'Environnement, de la Santé et de l'Agriculture a publié de nouvelles recommandations pour rendre cette réduction plus effective. Ce rapport a débouché sur un nouveau plan d'action en avril 2018 [2], puis sur le Plan Ecophyto 2+ en juin 2019 [3].

Parmi les actions listées dans le plan d'avril 2018, figuraient le développement du dialogue entre agriculteurs et riverains, l'encouragement à des démarches locales volontaires de co-construction de chartes ou d'accords de gestion territoriale et l'aide aux élus locaux dans leur rôle de médiateur.

En 2018, la Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (Draaf) de la nouvelle région Occitanie a sollicité l'Association patrimoniale internationale pour initier, à l'échelle de petits territoires infrarégionaux, une démarche de co-construction d'actions de réduction de l'exposition aux PPP. Cette association a en effet pour objet l'appui aux acteurs publics et privés, pour les négociations visant à définir des objectifs et des stratégies consensuelles. Cette démarche cherche à intégrer non seulement les agriculteurs, mais également les administrations, les collectivités, les associations de riverains et de consommateurs, les chercheurs, les professionnels de santé et les établissements recevant des publics fragiles. Dans une première étape, il est prévu de dérouler celle-ci sur de petits territoires « tests » sélectionnés au préalable du point de vue de leur exposition potentielle aux PPP, en particulier par voie aérienne.

Si une diminution globale de l'exposition aux PPP est recherchée par cette démarche, la priorité porte sur la diminution des expositions par voie aérienne en raison de la multiplication des plaintes de particuliers ou d'établissements accueillant des publics sensibles (écoles, établissements médico-sociaux), riverains de zones d'épandages de PPP. Cette priorité est aussi liée au fait que les résidus de pesticides sont aujourd'hui surveillés dans l'eau destinée à la consommation humaine et en partie dans les denrées alimentaires, ce qui n'est pas le cas pour l'air. Des programmes exploratoires de surveillance de la qualité de l'air vis-à-vis des PPP sont en cours, mais les connaissances sur la contamination de l'air par ces produits sont encore très parcellaires.

L'Occitanie couvre une superficie de 72 700 km^2, au 3^e rang des régions françaises après la Nouvelle-Aquitaine et la Guyane [4]. Les cultures les plus concernées par les PPP dans la région sont les grandes cultures, la viticulture et l'arboriculture. La surface occupée par les terres arables (grandes cultures) et cultures permanentes (viticulture et arboriculture) est au 3^e rang des régions de l'Hexagone, avec plus de deux millions d'hectares en 2018. Dans ce contexte de très vastes étendues concernées *a priori* par la démarche décrite précédemment, la question s'est posée de sélectionner des territoires où la tester en priorité. La Draaf a alors sollicité le Centre régional d'étude, d'action et d'information - Observatoire régional de santé (CREAI-ORS) Occitanie pour identifier les territoires pouvant être considérés comme prioritaires du point de vue d'une exposition potentielle aux PPP, en particulier par voie aérienne.

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Matériels et méthodes

Le critère de sélection des territoires, définis initialement comme « *territoires présentant une exposition potentielle par voie aérienne pouvant poser problème pour la santé publique* », s'est heurté d'emblée au manque de données disponibles sur l'exposition réelle de la population occitane aux PPP par voie aérienne. Dans ce contexte, la méthode mise en œuvre s'est attachée à construire un indicateur quantitatif permettant d'appréhender les variations infrarégionales des expositions potentielles, et de comparer de ce point de vue les territoires les uns avec les autres. Cet indicateur a été nommé « pression relative d'exposition » (PRE) et correspond dans ce travail à une grandeur tenant compte, d'une part, du potentiel d'exposition par voie aérienne des populations et, d'autre part, de la taille des populations potentiellement concernées. Cette grandeur est relative et ne peut être utilisée que pour comparer des territoires entre eux et non comme une mesure de l'exposition en tant que telle pour chacun d'eux.

Périmètre d'étude et populations prises en compte

Les expositions potentielles à prendre en compte étaient les expositions actuelles, et les données recueillies pour la démarche ont été les plus récentes disponibles. Par ailleurs, les expositions étaient uniquement celles directement relatives à l'usage des PPP pour les cultures agricoles : l'usage domestique ou pour les espaces publics, les activités de production, transport et manutention des PPP, les activités d'élevage (usage de biocides et désinfectants) n'ont pas été traités. La démarche a ciblé les activités agricoles relatives aux grandes cultures, à la viticulture et à l'arboriculture et le zonage choisi pour définir les territoires a été celui du canton.

Deux populations ont été considérées séparément : celle des cultivateurs des territoires et celle des résidents. Le choix de la population professionnelle a pris en compte le type d'activité agricole : les données cantonales de 2017 sur les emplois non-salariés respectivement pour « cultures et industrie céréalières, grandes cultures », « arboriculture fruitière » et « viticulture » ont été fournies par la Caisse centrale de la mutualité sociale agricole (CCMSA). Les emplois salariés n'ont pas été pris en compte car leur classification est très peu précise vis-à-vis des types de culture. Les effectifs des résidents sont ceux de la population générale issus du recensement de la population 2015, auxquels ont été retranchés les effectifs de la population agricole (salariés et non-salariés) et les effectifs des communes de 5 000 habitants ou plus dont les populations s'apparentent au type urbain au regard de leur exposition aux PPP, et dont on a fait l'hypothèse qu'elles sont peu exposées. Ces effectifs ne sont donc pas exactement ceux de la « population générale » mais plutôt ceux de la population « non professionnelle et non urbaine ».

Paramètres d'usage des PPP : matrices culture-exposition et assolement

Les matrices culture-exposition [5,6] fournissent trois indices d'usage pour chaque substance active (SA) et chaque type de culture :
– la probabilité d'utilisation de la SA qui correspond à la proportion des exploitations l'ayant utilisée pour la culture considérée (pourcentage) ;
– l'intensité d'utilisation qui correspond à la quantité moyenne appliquée à l'hectare lors d'un traitement (gramme/hectare) ;
– la fréquence d'utilisation qui correspond au nombre moyen de traitements effectués chaque année sur la culture considérée.

Pour chaque SA, le produit de ces trois indices d'usage et de l'assolement dédié à la culture considérée constitue un indicateur indirect d'exposition moyenne (*via* la quantité de SA utilisée) pour le territoire considéré.

Pour le projet Expo'Phyto, les matrices ont été construites spécifiquement à partir des données recueillies au cours des enquêtes de pratiques culturales occitanes les plus récentes réalisées par la Draaf : 2014 pour les grandes cultures, 2016 pour la viticulture et 2015 pour l'arboriculture.

Les données cantonales concernant les assolements de chaque type de culture ont également été transmises par la Draaf et sont issues des surfaces déclarées au Casier viticole en 2015 (viticulture) et des surfaces déclarées dans le cadre de la Politique agricole commune de l'Union européenne (arboriculture et grandes cultures). Les surfaces cultivées en agriculture biologique ont été soustraites de la surface totale utilisée pour chaque culture.

Choix de la substance active indicatrice pour chaque culture

La SA faisant l'objet du calcul de la PRE pour chaque type de culture, identique pour tous les cantons, devait être plus particulièrement indicatrice de l'exposition par voie aérienne.

Le choix s'est appuyé sur les informations figurant dans le rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) « Proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant » [7]. Les SA d'intérêt y sont hiérarchisées selon deux critères : la capacité de contamination de l'air ou « potentiel de présence dans l'air » et le niveau de danger sanitaire lié à une exposition

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

chronique. Cette hiérarchisation conduit à plusieurs listes de SA d'intérêt, en particulier une liste des SA dont la concentration dans l'air est à surveiller de façon hautement prioritaire, notamment au niveau national (liste socle nationale), et une liste complémentaire de SA plus spécifiques de certains types de cultures : grandes cultures, viticulture, arboriculture.

La SA indicatrice utilisée pour les calculs des PRE des cantons occitans était finalement une SA, d'une part, classée au-dessus du 80e percentile dans la hiérarchisation de la liste relative à cette culture et, d'autre part, ayant été utilisée récemment et fréquemment dans la région pour la culture considérée.

Calcul de la PRE dans les cantons

Pour la population professionnelle agricole du canton, la PRE peut être finalement considérée comme la somme des PRE liées à chaque culture pour les professionnels dont c'est l'activité principale :

$$PREprof = \sum_{i=1}^{j} \left(prob.i \times fréq.i \times int.i \times surf.i \times pop.i \right)$$

où PREprof : pression relative d'exposition pour les professionnels (kilogramme[1]-travailleurs) ;

prob.i : probabilité d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (pourcentage) ;

fréq.i : fréquence d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (nombre de traitements/an) ;

int.i : intensité d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (grammes/hectare) ;

surf.i : surface du canton utilisée pour la culture i (hectares) ;

pop.i : effectif des travailleurs agricoles non-salariés dont l'activité principale est la culture.

Pour la population « non professionnelle et non urbaine » du canton, la PRE peut être considérée comme étant le produit de la population « non professionnelle et non urbaine » du canton par la somme des indicateurs de pression d'exposition liés à chaque culture.

$$PREPR = \sum_{i=1}^{j} \left(prob.i \times fréq.i \times int.i \times surf.i \right) \times pop.non\ agricole - non\ urbaine$$

où *PREPR* : pression relative d'exposition pour la population des résidents (kilogramme[2]-résidents) ;

prob.i : probabilité d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (pourcentage) ;

fréq.i : fréquence d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (nombre de traitements/an) ;

int.i : intensité d'utilisation de la SA indicatrice pour la culture *i* (grammes/hectares) ;

surf.i : surface du canton utilisée pour la culture *i* (hectares) ;

pop.non agricole – non urbaine : effectif de population du canton n'exerçant pas d'activité professionnelle agricole et ne résidant pas dans une commune de 5 000 habitants ou plus.

Les PRE de chaque canton intègrent finalement deux dimensions – quantité de PPP utilisée, d'une part, et effectif de population potentiellement exposée, d'autre part – sur le même principe que le calcul, par exemple, de la consommation de tabac en paquet-années. On obtient alors une caractérisation de l'exposition en « kilo-travailleurs » et en « kilo-résidents » respectivement.

Résultats

Effectifs des populations potentiellement exposées

Un extrait des données cantonales sur les emplois agricoles non-salariés (chef d'exploitation, conjoint collaborateur, aides familiaux) figure dans le *tableau 1*. Les emplois pris en compte sont ceux de la catégorie 4 pour les grandes cultures, de la catégorie 5 pour la viticulture et de la catégorie 2 pour l'arboriculture.

Les effectifs de résidents, dont un exemple figure dans le *tableau 2*, sont ceux issus du recensement de la population de 2015, auxquels ont été retranchés les effectifs des communes de 5 000 habitants ou plus et les effectifs de professionnels agricoles, salariés et non-salariés, pouvant être concernés par l'usage de PPP, y compris pour d'autres cultures que les trois utilisées pour le calcul de la PRE.

Indices d'usage des substances actives et assolement des cultures

Le service statistique de la Draaf a recensé les usages de 62 SA pour les grandes cultures, 80 pour la viticulture et 55 pour l'arboriculture, et a calculé les trois indices

Tableau 1. Nombre de professionnels agricoles non-salariés par canton et par type de culture.

Table 1. Number of non-salaried farming professionals by canton and by type of crop.

Cantons (exemples)	Grandes cultures	Arboriculture	Viticulture
3019 - Saint-Gilles	25	53	99
3020 - Uzès	51	5	230
3021 - Vauvert	18	10	152
3022 - Le Vigan	19	25	28

[1] Après calculs, la quantité de SA est convertie en kilogrammes compte tenu de son ordre de grandeur.
[2] *Ibid.*

Tableau 2. Estimation de la population cantonale potentiellement concernée par une exposition non professionnelle aux produits phytopharmaceutiques (PPP).

Table 2. Estimation of the canton's population potentially concerned by non-occupational exposure to PPP.

Cantons (exemples)	Pop. cantonale	Professionnels agricoles	Pop. communes de 5 000 hab. et plus	Pop. hors professionnels et hors communes de 5 000 hab. et plus
3019 - Saint-Gilles	35 324	3 491	19 174	12 659
3020 - Uzès	31 910	1 137	8 540	22 233
3021 - Vauvert	39 643	2 369	16 566	20 708
3022 - Le Vigan	22 961	788	0	22 173

d'usage pour chaque SA : la proportion des surfaces enquêtées ayant reçu la SA (probabilité d'utilisation), la dose moyenne par traitement et par hectare (intensité d'utilisation) et le nombre moyen de traitements par an (fréquence d'utilisation). Le *tableau 3* montre l'exemple de quelques SA utilisées dans les grandes cultures et de leurs indices d'usage à l'échelle de l'Occitanie.

Comme le montre le *tableau 4*, les indices d'usage sont des moyennes sur de grands territoires communs (Occitanie et ex-régions) mais aussi, pour des échelles plus fines, sur des territoires qui peuvent être de taille et de localisation différentes selon les cultures, en raison de la disparité de répartition de ces cultures dans la région.

Tableau 3. Exemple d'indices d'usage de substances actives utilisées pour les grandes cultures en Occitanie, (enquête de pratiques culturales 2014, Draaf Occitanie).

Table 3. Example of usage indicators of active ingredients for the main crops in Occitania, farming practice survey 2014 (Draaf Occitanie).

Substance active (SA)	Dose moyenne (g/ha) appliquée par traitement	Nombre moyen de traitements/an	% de surface enquêtée ayant reçu la SA
2,4-mcpa (ester de 2-ethylhexyl)	512	1,0	2
2,4-mcpa (sel de potassium)	541	1,0	3
Aclonifen	1 036	1,0	8
Alcools terpéniques	160	1,4	3

Tableau 4. Zones géographiques de calcul des indices d'usage selon le type de culture considéré.

Table 4. Geographical areas used to calculate the usage indicators according to type of crop.

Grandes cultures	Viticulture	Arboriculture
Occitanie	Occitanie	Occitanie
Ex-Languedoc-Roussillon	Ex-Languedoc-Roussillon	Ex-Languedoc-Roussillon
Ex-Midi-Pyrénées	Ex-Midi-Pyrénées	Ex-Midi-Pyrénées
Aude	Languedoc	Aude + Hérault
Aveyron	Pyrénées-Orientales	Gard
Gard	Gers	Gers + Lot
Haute-Garonne	Gaillac	Pyrénées-Orientales
Gers	Cahors	
Hérault		
Lot		
Lozère		
Hautes-Pyrénées		
Tarn		

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Tableau 5. Assolement des grandes cultures, viticulture et arboriculture par canton occitan (Draaf).

Table 5. Distribution of main crops, grapes for winemaking, and tree cultivation by canton in Occitania (Draaf).

Cantons (exemples)	Surfaces (ha) hors agriculture biologique		
	Grandes cultures	Viticulture	Arboriculture
3019 - Saint-Gilles	1 432	2 205	1 571
3020 - Uzès	4 528	4 465	216
3021 - Vauvert	791	2 952	640
3022 - Le Vigan	656	455	8

Les indices utilisés pour chaque canton sont les indices disponibles pour le territoire à l'échelle géographique la plus fine incluant ce canton.

Concernant les assolements sur l'ensemble de la région, les grandes cultures occupent 990 610 hectares, la viticulture occupe 282 740 hectares et l'arboriculture occupe 23 550 hectares. Le service statistique de la Draaf a fourni les données d'assolement à l'échelle cantonale pour les trois types de culture, comme l'illustre l'exemple figurant dans le *tableau 5*.

Sélection de la substance active indicatrice

Parmi les SA « grandes cultures » de l'annexe 10.3 de l'expertise collective Anses [7], les six SA figurant dans le *tableau 6* sont classées au-dessus du 80^{e} percentile de la hiérarchisation vis-à-vis des critères de danger chronique et de persistance dans l'air et quatre d'entre elles sont utilisées en Occitanie. L'époxiconazole, de la famille des fongicides, étant significativement plus souvent utilisée que les autres, a été sélectionnée comme SA indicatrice pour les grandes cultures.

Parmi les SA « viticulture » de l'expertise collective Anses, les 12 figurant dans le *tableau 7* sont classées au-dessus du 80^{e} percentile de la hiérarchisation vis-à-vis des critères de danger chronique et de persistance dans l'air, et six d'entre elles sont utilisées en Occitanie. Le glyphosate, un herbicide, et le tébuconazole, un fongicide, sont les deux SA les plus utilisées sur la vigne. Le glyphosate ayant une probabilité d'utilisation et un rang supérieur (critères « potentiel de présence dans l'air » et « danger chronique »), celui-ci a été sélectionné comme SA indicatrice pour la viticulture.

Enfin, parmi les SA « arboriculture » de l'expertise collective Anses, les 14 figurant dans le *tableau 8* sont classées au-dessus du 80^{e} percentile de la hiérarchisation vis-à-vis des critères de danger chronique et de persistance dans l'air, et huit d'entre elles sont utilisées en Occitanie. Comme pour la vigne, le glyphosate est la SA qui a la probabilité d'utilisation la plus élevée dans les vergers occitans. Cet herbicide a de plus un rang élevé dans la hiérarchisation (critères « potentiel de présence dans l'air » et « danger chronique »), il est donc sélectionné comme SA indicatrice pour l'arboriculture.

Classement des cantons occitans

Les formules de calcul des PRE ont été appliquées aux données décrites ci-dessus pour chaque canton et les

Tableau 6. Substances actives classées au-dessus du 80^{e} percentile, grandes cultures (expertise collective Anses 2017), et leur utilisation en Occitanie (enquêtes de pratiques culturales Draaf, 2014).

Table 6. Active ingredients ranked above the 80th percentile for main crops – Collective assessment by Anses in 2017 – and their use in Occitania – Draaf 2014 farming practice survey.

Substance active (SA)	Rang de classement selon « danger chronique + potentiel de présence dans l'air »	% des surfaces enquêtées ayant reçu la SA
Chlorothalonil	4	8 %
2,4-d	5	Non utilisée
Epoxiconazole	6	27 %
Etofenprox	7	Non utilisée
Zetacypermethrin	8	1 %
Cyperméthrine	9	6 %

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Tableau 7. Substances actives classées au-dessus du 80e percentile, viticulture (expertise collective Anses 2017), et leur utilisation en Occitanie (enquêtes de pratiques culturales Draaf, 2014).

Table 7. Active ingredients ranked above the 80th percentile for cultivation of grapes for winemaking – Collective assessment by Anses in 2017 – and their use in Occitania – Draaf 2014 farming practice survey.

Substance active (SA)	Rang de classement selon « danger chronique » + « potentiel de présence dans l'air »	% des surfaces enquêtées ayant reçu la SA
Etofenprox	3	Non utilisée
Triadiménol	5	17 %
Cyperméthrine	6	14 %
Zetacypermethrin	7	Non utilisée
Glyphosate	8	78 %
Iprodione	9	Non utilisée
Cyproconazole	10	Non utilisée
Myclobutanil	11	16 %
Maneb	12	Non utilisée
Tébuconazole	13	64 %
Métiram	14	Non utilisée
Oryzalin	15	48 %

résultats ont permis de classer les cantons par rang décroissant de PRE pour la population professionnelle, d'une part, et pour la population non professionnelle et non urbaine, d'autre part.

Pour la population des professionnels, parmi les cantons classés dans les dix premiers (*tableau 9*), cinq sont situés dans l'Hérault, trois dans l'Aude, un dans les Pyrénées-Orientales et un dans le Gers. En pourcentage de la PRE du canton classé premier, on observe un écart important entre ce premier canton et le second, tandis que les écarts entre les cantons suivants sont plus réduits.

Tableau 8. Substances actives classées au-dessus du 80e percentile, arboriculture, (expertise collective Anses 2017) et leur utilisation en Occitanie (enquêtes de pratiques culturales Draaf, 2014).

Table 8. Active ingredients ranked above the 80th percentile for tree cultivation – Collective assessment by Anses in 2017 – and their use in Occitania – Draaf 2014 farming practice survey.

Substance active (SA)	Rang de classement selon « danger chronique » + « potentiel de présence dans l'air »	% des surfaces enquêtées ayant reçu la SA
Cyperméthrine	3	Non utilisée
Cyproconazole	5	Non utilisée
Iprodione	6	10 %
Maneb	7	Non utilisée
Abamectine	8	14 %
Glyphosate	9	68 %
2,4-d	10	13 %
Myclobutanil	11	12 %
Phosmet	12	2 %
Tebuconazole	13	21 %
Orizalin	14	Non utilisée
Fenoxycarb	15	22 %
Captane	16	40 %
Oxyfluorfène	17	Non utilisée

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Tableau 9. Cantons classés dans les dix premiers pour leur pression relative d'exposition (PRE) et écarts de PRE entre ces cantons, population professionnelle.

Table 9. Cantons ranked in the top 10 for their relative pressure of exposure and its differences between them, for the occupationally exposed population.

Département	Canton	Rang de classement	% de la PRE maximale observée
Hérault	3424 - Saint-Pons-de-Thomières	1	100
Hérault	3421 - Pézenas	2	54
Hérault	3405 - Cazouls-lès-Béziers	3	53
Aude	1107 - Les Corbières	4	41
Pyrénées-Orientales	6615 - La Vallée de l'Agly	5	33
Hérault	3409 - Gignac	6	32
Aude	1115 - Le Haut-Minervois	7	29
Hérault	3414 - Mèze	8	27
Aude	1116 - Le Sud-Minervois	9	24
Gers	3202 - Armagnac-Ténarèze	10	17

Pour la population non professionnelle et non urbaine, parmi les cantons classés dans les dix premiers (*tableau 10*), cinq sont situés dans l'Hérault, deux dans l'Aude, deux dans le Gard et un dans les Pyrénées-Orientales. En pourcentage de la PRE du canton classé premier, on observe des écarts globalement peu importants entre les cantons, sauf entre le second et le troisième, puis entre le troisième et le quatrième.

Plusieurs cantons font partie des dix premiers classés pour les deux populations : les cinq cantons situés dans l'Hérault, les deux cantons de l'Aude et le canton situé dans les Pyrénées-Orientales.

Deux cartes, une pour chaque population (*figures 1* et *2*), représentent les cantons avec une intensité de bleu attribuée en fonction de la valeur de sa PRE exprimée en pourcentage de la PRE maximale observée parmi les 269 cantons occitans. Les limites départementales sont indiquées en noir.

Analyse de sensibilité

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de sensibilité afin de mieux connaître leur robustesse. Le premier paramètre modifié a été la définition des zones urbaines. En effet, en l'absence d'un indice de dispersion de l'habitat, le choix de considérer comme urbaines les populations des communes de plus de 5 000 habitants est resté subjectif, effectué à partir de l'observation de photographies aériennes. Afin de mesurer la sensibilité

Tableau 10. Cantons classés dans les dix premiers pour leur pression relative d'exposition (PRE) et écarts de PRE entre ces cantons, pour la population non professionnelle, non urbaine.

Table 10. Cantons ranked in the top 10 for their relative pressure of exposure and its differences between them, for the non-urban general population.

Département	Canton	Rang de classement	% de la PRE maximale observée
Hérault	3424 - Saint-Pons-de-Thomières	1	100
Hérault	3405 - Cazouls-lès-Béziers	2	97
Hérault	3421 - Pézenas	3	65
Hérault	3414 - Mèze	4	42
Hérault	3409 - Gignac	5	41
Aude	1116 - Le Sud-Minervois	6	37
Gard	3016 - Redessan	7	36
Gard	3015 - Quissac	8	33
Pyrénées-Orientales	6615 - La Vallée de l'Agly	9	30
Hérault	1115 - Le Haut-Minervois	10	28

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

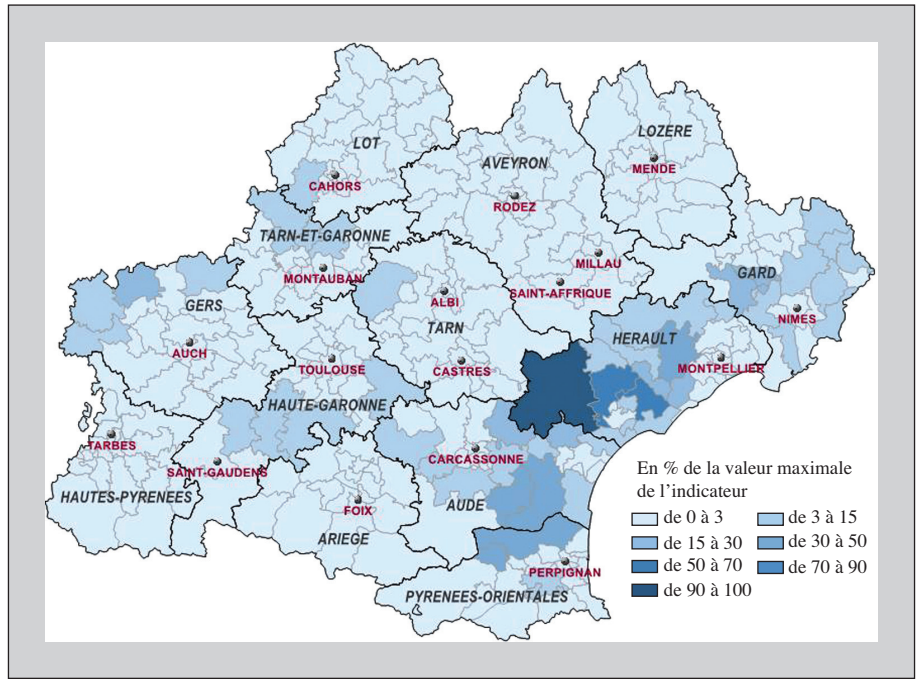


Figure 1. Classement cantonal selon la pression relative d'exposition (PRE) : population professionnelle.

Figure 1. Canton rankings according to relative pressure of exposure, occupationally exposed population.

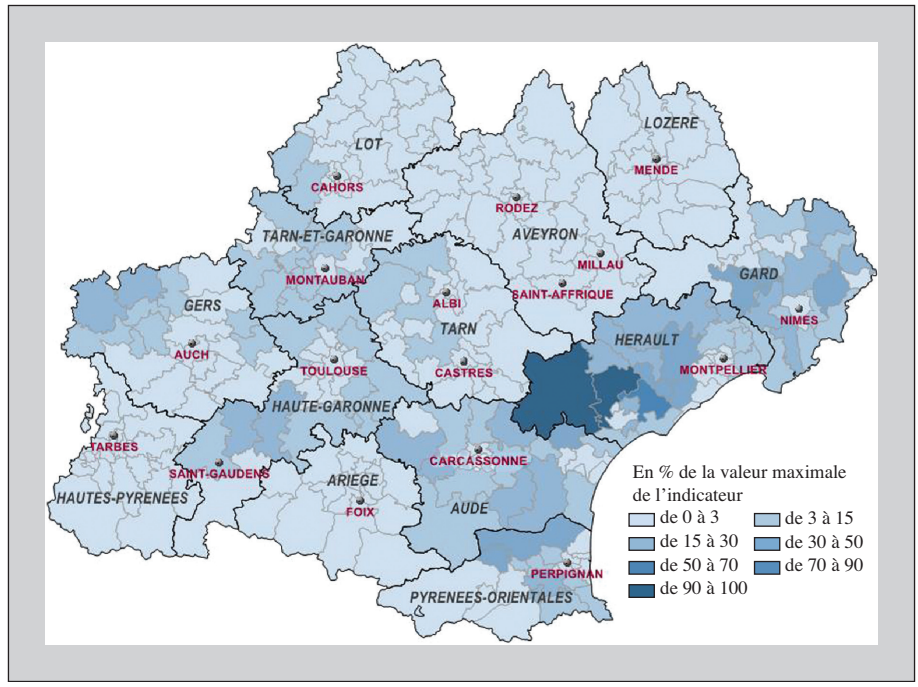


Figure 2. Classement cantonal selon la pression relative d'exposition (PRE) : population non professionnelle, non urbaine.

Figure 2. Canton rankings according to relative pressure of exposure, non-urban general population.

Tableau 11. Cantons classés dans les dix premiers pour leur pression relative d'exposition (PRE) et écarts de PRE entre ces cantons, pour la population non professionnelle, non urbaine. Analyse de sensibilité en modifiant la définition de zone urbaine.

Table 11. Cantons ranked in the top 10 for their relative pressure of exposure and its differences between them, for the non-urban general population. Sensitivity analysis by modifying the definition of urban area.

Département	Canton	Rang de classement	% de la PRE maximale observée
Hérault	3424 - Saint-Pons-de-Thomières	1	100
Hérault	3421 - Pézenas	2	59
Hérault	3405 - Cazouls-lès-Béziers	3	54
Aude	1116 - Le Sud-Minervois	4	42
Hérault	3409 - Gignac	5	40
Gard	3015 - Quissac	6	32
Aude	1115 - Le Haut-Minervois	7	31
Gard	3016 - Redessan	8	31
Gers	3212 - Grand-Bas-Armagnac	9	29
Hérault	3414 - Mèze	10	29

des résultats pour la population non professionnelle et non urbaine, les calculs ont été refaits en fixant la limite à 3 000 habitants. Le classement des cantons, basé sur les nouveaux calculs, figure dans le *tableau 11*.

On observe que les résultats sont très peu sensibles à la définition des zones urbaines en termes d'effectif : en écartant la population des communes de plus de 3 000 habitants, on retrouve dans les dix cantons classés premiers neuf de ceux déjà classés dans les dix premiers lorsque la population des communes de plus de 5 000 habitants avait été écartée.

Le choix de la SA indicatrice influence davantage les résultats pour les deux populations. Les calculs ont été refaits dans la perspective de l'interdiction de l'utilisation du glyphosate en 2021. Pour la viticulture, la SA alternative, ayant à la fois un rang de priorité élevé dans l'expertise collective Anses et une probabilité d'utilisation restant importante dans la région (*tableau 7*), est alors le tébuconazole (fongicide). Pour l'arboriculture, sur les mêmes critères, le captane (fongicide) peut être choisi. Le classement des cantons, basé sur les nouveaux calculs, figure dans les *tableaux 12* et *13*.

Avec les nouvelles SA indicatrices, les cantons classés dans les dix premiers sont moins concentrés sur la bande littorale de la région, en particulier pour la population non professionnelle et non urbaine.

Tableau 12. Cantons classés dans les dix premiers pour leur pression relative d'exposition (PRE) et écarts de PRE entre ces cantons, pour la population professionnelle. Analyse de sensibilité en modifiant la substance active indicatrice.

Table 12. Cantons ranked in the top 10 for their relative pressure of exposure and its differences between them, for the occupationally exposed population. Sensitivity analysis by modifying the indicator active substance.

Département	Canton	Rang de classement	% de la PRE maximale observée
Hérault	3424 - Saint-Pons-de-Thomières	1	100
Tarn et Garonne	8210 - Pays de Serres Sud-Quercy	2	65
Hérault	3421 - Pézenas	3	54
Hérault	3405 - Cazouls-lès-Béziers	4	53
Tarn et Garonne	8211 - Quercy-Aveyron	5	49
Tarn et Garonne	8205 - Moissac	6	47
Aude	1107 - Les Corbières	7	41
Haute Garonne	3113 - Revel	8	36
Aude	1101 - La Piège au Razès	9	35
Hérault	3409 - Gignac	10	32

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Tableau 13. Cantons classés dans les dix premiers pour leur pression relative d'exposition (PRE) et écarts de PRE entre ces cantons, pour la population non professionnelle, non urbaine. Analyse de sensibilité en modifiant la substance active indicatrice.

Table 13. Cantons ranked in the top 10 for their relative pressure of exposure and its differences between them, for the non-urban general population. Sensitivity analysis by modifying the indicator active substance.

Département	Canton	Rang de classement	% de la PRE maximale observée
Tarn et Garonne	8211 - Quercy-Aveyron	1	100
Tarn et Garonne	8210 - Pays de Serres Sud-Quercy	2	79
Hérault	3424 - Saint-Pons-de-Thomières	3	73
Hérault	3405 - Cazouls-lès-Béziers	4	69
Tarn et Garonne	8209 - Montech	5	62
Haute Garonne	3106 - Cazères	6	60
Tarn et Garonne	8204 - Garonne-Lomagne-Brulhois	7	53
Tarn et Garonne	8213 - Tarn-Tescou-Quercy vert	8	53
Hérault	3421 - Pézenas	9	48
Haute Garonne	3113 - Revel	10	47

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.

Discussion

La démarche mise en œuvre a permis de construire, à l'échelle de petits territoires (cantons), deux indicateurs quantitatifs de la PRE par voie aérienne aux PPP : l'un pour la population professionnelle et l'autre pour la population non professionnelle et non urbaine. Pour chaque canton, le calcul des indicateurs a pris en compte l'étendue des surfaces cultivées en grandes cultures, viticulture et arboriculture hors agriculture biologique, les pratiques culturales des différents territoires occitans concernés en termes d'usage des PPP, les effectifs de résidents non professionnels hors centres urbains et, pour chacune des cultures, les effectifs de professionnels agricoles non-salariés. Ces deux indicateurs ne quantifient pas l'exposition des professionnels ni des résidents à proprement parler, mais ils permettent de classer les cantons par ordre décroissant de la PRE pour chaque population, et ainsi d'identifier les cantons dont les pressions d'exposition sont les plus élevées, relativement aux autres, pour les professionnels et pour la population générale respectivement.

Les résultats montrent que dans la totalité des cantons classés parmi les dix premiers et pour les deux populations étudiées, la viticulture est la culture majoritaire. Tous ces cantons sauf un sont situés dans les départements de l'Hérault, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales ou du Gard. Ceci suggère que, dans le contexte des pratiques actuelles d'utilisation des PPP en Occitanie, la viticulture augmente la PRE par rapport aux cantons dont les cultures sont plus diversifiées. Ces caractéristiques sont quelque peu modifiées si la SA indicatrice sélectionnée pour la viticulture et l'arboriculture n'est plus le glyphosate, SA la plus largement utilisée dans la région pour ces deux cultures. Cette évolution du résultat est cohérente avec le mode de calcul et ses objectifs.

Néanmoins, certains cantons restent classés dans les dix premiers même en changeant la SA indicatrice : cinq cantons pour la population professionnelle et trois cantons pour la population générale. Ces trois derniers cantons, situés dans le département de l'Hérault, sont également classés dans les dix premiers pour la population professionnelle, quelle que soit la SA considérée.

Or, les usages des PPP pris en compte dans les calculs y sont les mêmes que pour les autres cantons voisins du Languedoc et ce ne sont pas des pratiques particulières à ces trois cantons qui entraînent leur classement parmi les premiers. En revanche, ces trois cantons sont caractérisés par les plus grandes surfaces cultivées en vigne, par les trois effectifs de professionnels les plus importants de la région et par des effectifs de résidents également importants. De plus, parmi ces trois cantons, l'un ne possède qu'un petit noyau urbain représentant 25 % de sa population, et les deux autres n'incluent aucune commune de plus de 5 000 habitants. Cette caractéristique rend compte de la dispersion de l'habitat sur la superficie du canton, ce qui favorise la proximité des résidents aux parcelles agricoles. Ainsi, un canton tout proche des trois précédents, mais dont la zone urbaine représente 33 % de sa population et dont la surface cultivée est trois fois moins importante, n'est pas classé parmi les dix premiers cantons, quelles que soient la SA et la population considérées.

L'analyse de ces résultats montre leur cohérence vis-à-vis des objectifs de la démarche : identifier les territoires où aujourd'hui, du point de vue d'un impact sanitaire

éventuel, il apparaît le plus pertinent d'enclencher des actions de réduction de l'exposition aux PPP.

On observe également une cohérence de ces résultats avec les connaissances scientifiques encore très incomplètes dont on dispose aujourd'hui sur les liens entre exposition aux PPP et risques sanitaires. Deux études françaises [8, 9] ont ainsi montré un lien entre maladie de Parkinson et usage des PPP, plus particulièrement en viticulture, tant pour les professionnels agricoles que pour la population générale. Au vu de ces résultats scientifiques, le choix des cantons à dominante viticole priorisés et caractérisés plus haut apparaît d'autant plus pertinent.

Conclusion

Cette cartographie constitue un outil d'aide à la décision pour la priorisation de territoires où il est pertinent de mettre en œuvre des actions collectives de réduction de l'exposition aux PPP par voie aérienne.

La méthode appliquée ici pourra être utilisée à nouveau chaque fois que la réglementation sur les PPP autorisés et leurs usages sera modifiée, afin d'identifier les cantons devenus prioritaires par rapport à d'autres pour une réduction des expositions. Cependant, quelles que soient les nouvelles caractéristiques de l'usage des PPP, les cantons les plus peuplés et sans grande commune urbaine seront plus vulnérables du point de vue démographique. ■

Remerciements et autres mentions

Financement : Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, Occitanie ; **liens d'intérêts** : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Inserm. *Pesticides : effets sur la santé*. Paris : Inserm, Coll. « Expertise collective », 2013. http://www.inserm.fr/thematiques/sante-publique/expertises-collectives

2. Hulot N, Buzyn A, Travert S, Vidal F. *Plan d'action sur les produits phytopharmaceutiques et la diminution de la dépendance de l'agriculture aux pesticides*. Paris : ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2018. https://agriculture.gouv.fr/plan-dactions-sur-les-produits-phytopharmaceutiques-et-une-agriculture-moins-dependante-aux-pesticides

3. Ministère de la transition écologique et solidaire. *Plan Ecophyto II+*. Paris : Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/pesticides-pollutions-diffuses

4. Insee Occitanie. *Le développement durable en Occitanie*. Toulouse : Insee Occitanie, Coll. « Insee Dossier », 2016. https://www.insee.fr/fr/statistiques/2114269

5. Spinosi J, Févotte J, Vial G. Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux pesticides arsenicaux. In : *Matrices cultures-expositions aux pesticides arsenicaux*. Saint-Maurice : Santé publique France (Institut de veille sanitaire), 2009. http://www.santepubliquefrance.fr/

6. Bénézet L, Geoffroy-Perez B, Spinosi J, El Yamani M. *Évaluation de la faisabilité d'utiliser des matrices cultures-exposition pour estimer les expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une cohorte de travailleurs agricoles*.. Saint-Maurice : Santé publique France, 2016. http://www.santepubliquefrance.fr

7. ANSES. *Proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant*. Maison Alfort : ANSES, Rapport d'expertise collective, 2017. https://www.anses.fr/fr/content/

8. Moisan F, Spinosi J, Delabre L, *et al*. Association of Parkinson's disease and subtypes with agricultural pesticides exposures in men: a case-control study in France. *Environ Health Perspect* 2015 ; 123 : 1123-9.

9. Kab S, Spinosi J, Chaperon L, *et al*. Agricultural activities and the incidence of Parkinson's disease in the general French population. *Eur J Epidemiol* 2017 ; 32 : 203-16.

Copyright © 2022 John Libbey Eurotext. Téléchargé par EHESP ECOLE DES HAUTES ETUDES le 28/11/2022.