

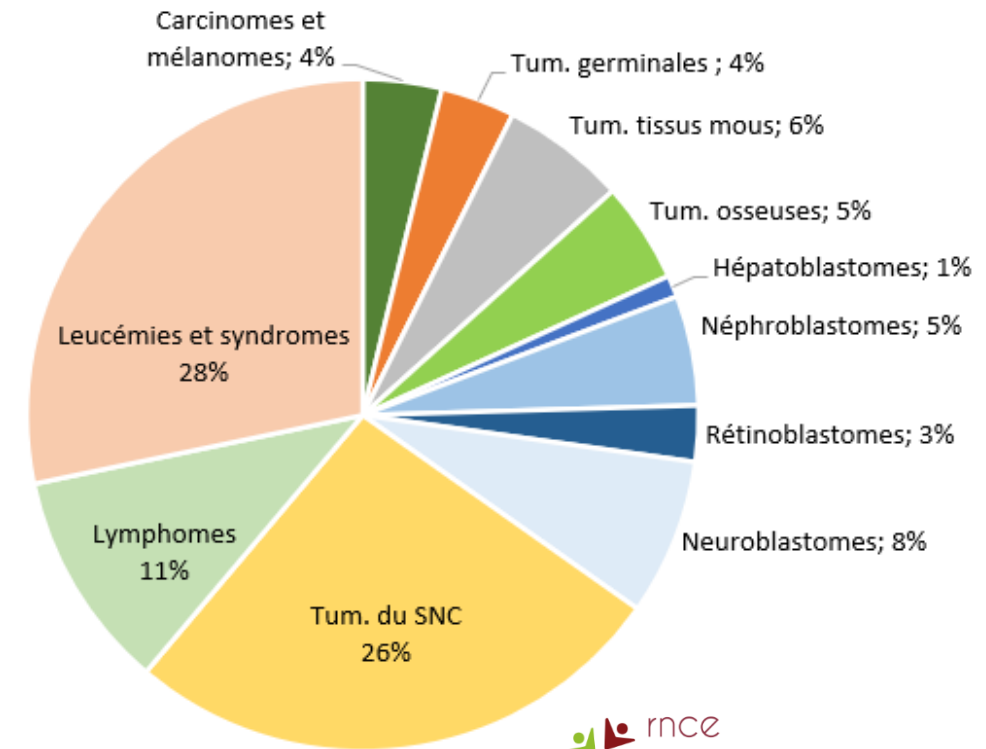
Exposition résidentielle aux pesticides agricoles et cancers pédiatriques – résultats du programme de recherche GEOCAP

Aurélie Danjou, Stéphanie Goujon

Centre de recherche en Épidémiologie et Statistiques (CRESS)
Equipe OPPaLE 'Obstetric, Perinatal, Paediatric Life course Epidemiology'

Colloque "Pesticides et cancer : comprendre et agir"
2-3 avril 2026, Montpellier

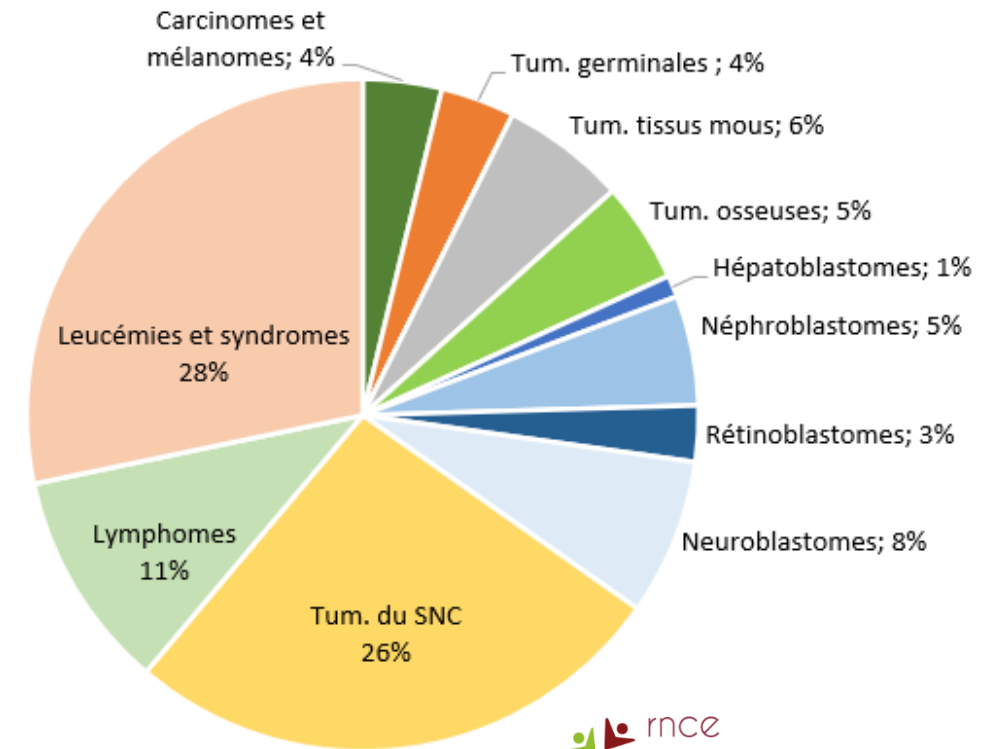
- Pathologies rares – en France métropolitaine,
 - 1800 nouveaux cas par an chez les 0-14 ans
 - 2300 cas/an chez les 0-17 ans
- Nombreuses entités diagnostiques différentes
- Cancers très différents des cancers de l'adulte (types morphologiques, caractéristiques moléculaires)
- Etiologie différente pour certains types de cancer, commune pour d'autres ?
- Deux fenêtres critiques : période prénatale et l'enfance



 **rnce**
registre national
des cancers de l'enfant

Pour mieux comprendre les causes des cancers pédiatriques, il est nécessaire :

- Mettre en place des études à grande échelle (géographique et temporelle), effectifs importants (puissance statistique)
- Disposer de données sur les cas de cancers et les expositions précises, exhaustives, disponibles à ces échelles (robustesse et fiabilité des résultats)



 **rncé**
registre national
des cancers de l'enfant

- Pathologies rares -> études "cas-témoins" privilégiées

Etudes cas-témoins avec questionnaires

- Echantillon de cas (registres, hôpitaux) et témoins (population générale, hôpitaux)
- Participation active des familles
- Sollicitations téléphoniques/courriers
- Collecte de données par questionnaire, + prélèvements biologiques (ou dans d'autres matrices)

+ Nombreuses informations individuelles, + matériel génétique

- Coût
- Effectifs limités pour analyses par type de cancers
- Biais de sélection, biais de participation (CSP+), biais de mémoire
- Evaluation rétrospective et parfois peu précise des expositions

Etudes cas-témoins avec questionnaires

Environnement et cancers pédiatriques ?

- Résultats parfois difficiles à interpréter : hétérogénéité entre les études (méthodes d'évaluation des expositions, périodes d'étude, types de cancers étudiés) + effectifs limités
- Toutefois, quelques conclusions assez solides, résultats homogènes

➤ PESTICIDES

- Expositions professionnelles parentales
- Expositions liées aux usages domestiques de pesticides

? [Quelle(s) famille(s) de pesticides, quelle(s) substances, effet dose-réponse ? Fenêtre d'exposition critique ? Expositions cumulées ?
Autres types de cancers ?

- Expositions aux pesticides agricoles ?

Expertise collective de l'Inserm 2021

Niveau de présomption d'un lien	Leucémies	Tumeurs du SNC	Lymphomes
Exposition prof. de la mère – grossesse	++ (LAM)	++	+ (LNH)
Exposition prof. du père – préconception	+ (LAL)	++	
Exposition liées au usages domestiques	++ (LAL et LAM)	++	

Etudes cas-témoins basées sur des données géolocalisées

- Utilisation de bases de données existantes pour le recrutement (registres de cancer, de population, de naissances)
- Pas de sollicitation directe des participants
- Recueil de quelques données individuelles (âge, adresses, CSP) et contextuelles
- Evaluation des expositions à partir des adresses de résidence (historique parfois)



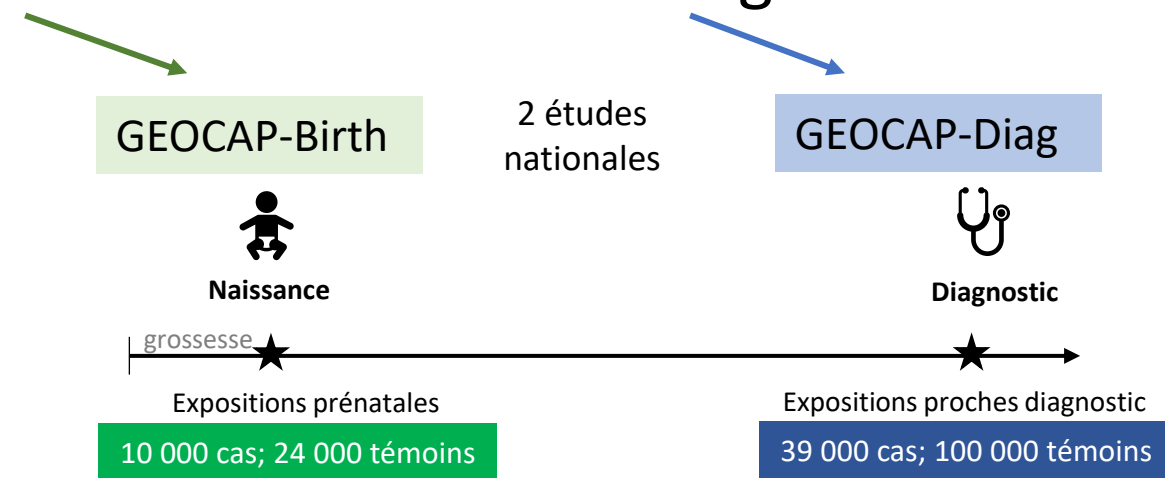
- Grands effectifs, avec diagnostics précis
- Pas de biais de sélection, de participation, de mémoire
- Indicateurs d'exposition objectifs
- Coût



- Peu d'informations individuelles (facteurs de confusion?)
- Difficultés à évaluer les expositions à grande échelle
- Evaluation indirecte de l'exposition individuelle (exposition ou proxy d'expo. résidentielle)

GEOCAP "GÉOlocalisation des Cancers Pédiatriques"

- Etudes à l'échelle nationale (depuis 2002)
- Basées sur le Registre National des Cancers de l'Enfant (RNCE)
- Objectif : étudier le rôle des facteurs environnementaux dont l'exposition peut être estimée à partir des adresses de résidence des enfants
- Deux fenêtres d'exposition : à la naissance et au moment du diagnostic
- Inclusion 0-14 ans + 15-17 ans (≥ 2011)



1

Sélection d'un grand nombre de cas (RNCE) et témoins (Insee)



2

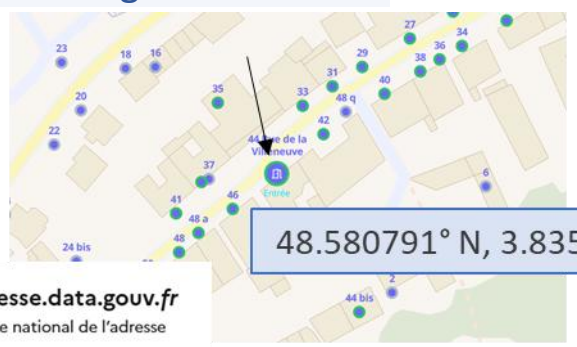
Recueil des adresses de résidence (au diagnostic et à la naissance)



44 Rue de la Villeneuve 29151 Morlaix

3

Géocodage des adresses



Pesticides agricoles ?



Pollution atmosphérique ?



- Evaluation des expositions (collaborations)
- Cartes des sources et/ou des niveaux expositions
- Modélisation
- Calcul d'indicateurs d'exposition (distance à la source/intensité) à l'adresse ou dans un buffer

4



Espaces naturels ?



Autres ?

Radiations ?



UV, champs magnétique, radon radiofréquences



Les cas sont-ils plus (moins) fréquemment exposés et/ou exposés à des niveaux plus (moins) importants que les témoins ?

* GEolocalisation des CAncers Pédiatriques

2-Travaux sur les pesticides

Aurélie Danjou, Stéphanie Goujon

Université Paris Cité, Université Sorbonne Paris Nord, Inserm, INRAe, CRESS U1153, OPPaLE

Cancéropôle Sud-Ouest – Pesticides et cancers : comprendre et agir, Montpellier, les 2-3 Avril 2026



Le terme “Pesticide” désigne toute substance ou mélange de substances à composition chimique ou biologique destinée à repousser, détruire ou contrôler tout organisme nuisible, ou à réguler la croissance des plantes. Traduit de FAO/WHO International code of conduct on pesticide management 2014

Rôle des pesticides suspecté INSERM 2022



Le terme “Pesticide” désigne toute substance ou mélange de substances à composition chimique ou biologique destinée à repousser, détruire ou contrôler tout organisme nuisible, ou à réguler la croissance des plantes. Traduit de FAO/WHO International code of conduct on pesticide management 2014

Rôle des pesticides suspecté INSERM 2022

Certains pesticides classés cancérogènes pour l’être humain IARC Monographs Volumes 112, 113, 117, 140

- Pentachlorophenol and some related compounds
- Some organophosphate insecticides and herbicides
- DDT, lindane, 2,4D
- Atrazine, alachlor, vinclozolin

The image shows three IARC Monograph covers: Volume 112 (Some organophosphate insecticides and herbicides), Volume 113 (DDT, Lindane, and 2,4-D), and Volume 117 (Pentachlorophenol and some related compounds). Below them is a summary table for IARC Monographs Vol. 140 (October to 4 November 2025).

Atrazine	Alachlor	Vinclozolin
<p>Group 2A Probably carcinogenic to humans</p> <p>There is limited evidence for cancer in humans: [14-18] positive non-Hodgkin lymphoma</p>	<p>Group 2A Probably carcinogenic to humans</p> <p>There is limited evidence for cancer in humans: laryngeal cancer</p>	<p>Group 2B Possibly carcinogenic to humans</p>
<p>Exposure for all agents</p> <p>For each of these pesticides, workers have the highest exposures, which can occur during pesticide production and agricultural activities.</p> <p>Exposure of the general population occurs primarily via drinking water and the diet and is typically estimated to be lower.</p> <p>The IARC classification (Group 1, 2A, 2B, and 3) indicates the level of certainty that a substance causes cancer (hazard identification).</p>		



Le terme “Pesticide” désigne toute substance ou mélange de substances à composition chimique ou biologique destinée à repousser, détruire ou contrôler tout organisme nuisible, ou à régler la croissance des plantes. Traduit de FAO/WHO International code of conduct on pesticide management 2014

Rôle des pesticides suspecté INSERM 2022

Certains pesticides classés cancérogènes pour l’être humain IARC Monographs Volumes 112, 113, 117, 140

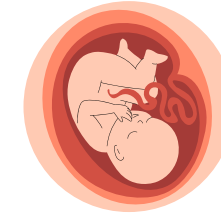
- Pentachlorophenol and some related compounds
- Some organophosphate insecticides and herbicides
- DDT, lindane, 2,4D
- Atrazine, alachlor, vinclozolin

Mécanismes biologiques Sherif 2026, Aguilar-Bañuelos 2025

- Génotoxicité – dommages à l’ADN
- Altérations épigénétiques
- Perturbation des voies de réparation de l’ADN
- Stress oxydatif

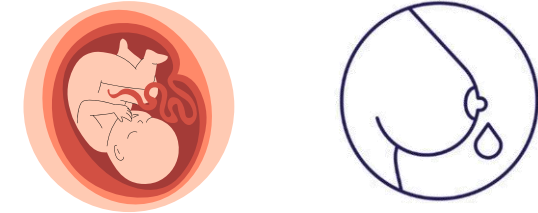
The image shows three IARC Monograph covers: Volume 112 (Some organophosphate insecticides and herbicides), Volume 113 (DDT, Lindane, and 2,4-D), and Volume 117 (Pentachlorophenol and some related compounds). Below them is a summary table for IARC Monographs Vol. 140 (October to 4 November 2025).

Atrazine	Alachlor	Vinclozolin
<p>Atrazine is a broad-spectrum herbicide that is used extensively, mainly on corn but also on turf and lawns.</p> <p>Group 2A Probably carcinogenic to humans</p> <p>There is limited evidence for cancer in humans: [14-18] positive non-Hodgkin lymphoma</p>	<p>Alachlor is a broad-spectrum herbicide that has been used extensively, mainly on corn and soybean.</p> <p>Group 2A Probably carcinogenic to humans</p> <p>There is limited evidence for cancer in humans: laryngeal cancer</p>	<p>Vinclozolin is a fungicide that is used mainly on fruit and vegetables.</p> <p>Group 2B Possibly carcinogenic to humans</p>
<p>Exposure for all agents</p> <p>For each of these pesticides, workers have the highest exposures, which can occur during pesticide production and agricultural activities.</p> <p>Exposure of the general population occurs primarily via drinking water and the diet and is typically estimated to be lower.</p> <p>The IARC classification (Group 1, 2A, 2B, and 3) indicates the level of certainty that a substance causes cancer (hazard identification).</p>		



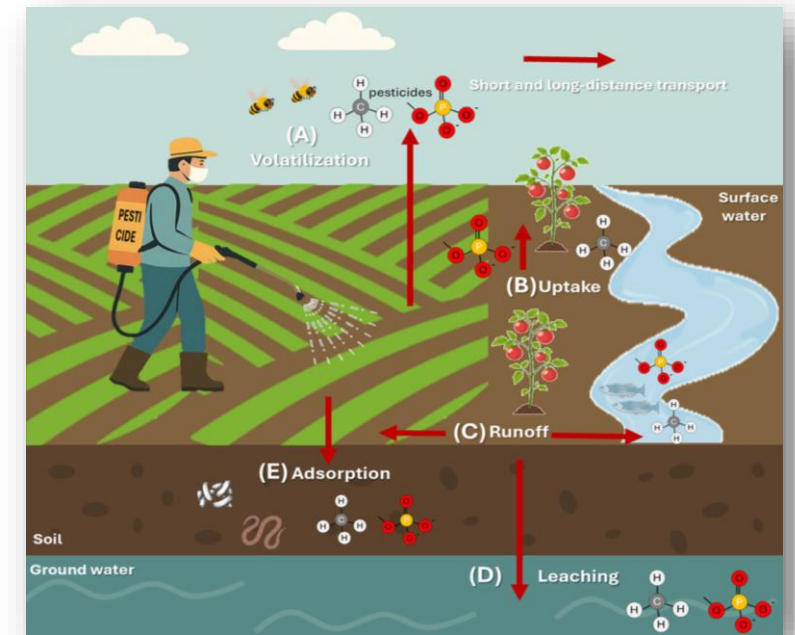
Plusieurs voies d'exposition chez l'enfant Sulc 2023, Madrigal 2023, Teyssie 2021

- Transmission placentaire par le sang maternel
- Lait maternel (pesticides lipophiles)
- Consommation d'aliments et d'eau contaminés
- Inhalation de résidus (air intérieur, dérives agricoles)
- Contact cutané (surfaces, sols, gazon, poussière)
- Comportements main-bouche (sols, tapis, jouets, aires de jeux extérieures)
- Exposition professionnelle ramenée à domicile (vêtements, peau, matériel)



Plusieurs voies d'exposition chez l'enfant Sulc 2023, Madrigal 2023, Teysseire 2021

- Transmission placentaire par le sang maternel
- Lait maternel (pesticides lipophiles)
- Consommation d'aliments et d'eau contaminés
- Inhalation de résidus (air intérieur, dérives agricoles)
- Contact cutané (surfaces, sols, gazon, poussière)
- Comportements main-bouche (sols, tapis, jouets, aires de jeux extérieures)
- Exposition professionnelle ramenée à domicile (vêtements, peau, matériel)



Munõz-Bautista et al. 2025



Exposition domestique Van Maele-Fabry 2019

Exposition professionnelle de la mère Bailey 2014





Exposition domestique Van Maele-Fabry 2019

Exposition professionnelle de la mère Bailey 2014

Peu d'études sur les expositions des riverains de cultures

- Densité de cultures Patel 2020, Malagoli 2016, Carozza 2008
- Ventes de produits phytosanitaires Patel 2020
- Registre d'utilisation des pesticides Van Deventer 2025, Nguyen 2023, Thompson 2022, Lombardi 2021, Park 2020





Exposition domestique Van Maele-Fabry 2019

Exposition professionnelle de la mère Bailey 2014

Peu d'études sur les expositions des riverains de cultures

- Densité de cultures Patel 2020, Malagoli 2016, Carozza 2008
- Ventes de produits phytosanitaires Patel 2020
- Registre d'utilisation des pesticides Van Deventer 2025, Nguyen 2023, Thompson 2022, Lombardi 2021, Park 2020



Type de cancer	Substances actives
Leucémies	<i>Diuron, phosmet, propanil, kresoxim-methyl, permethrin, chlorpyrifos, dimethoate, mancozeb, oryzalin, pendimethalin, propargite</i>
Tumeurs du système nerveux central	<i>Bromacil, triforine, thiophanate-methyl, chlorothalonil, propiconazole, dimethoate, linuron</i>
Neuroblastomes	<i>Flonicamid, benomyl, cypermethrin, permethrin</i>
Rétinoblastomes	<i>Acephate, bromacil, pymetrozine, kresoxim-methyl</i>

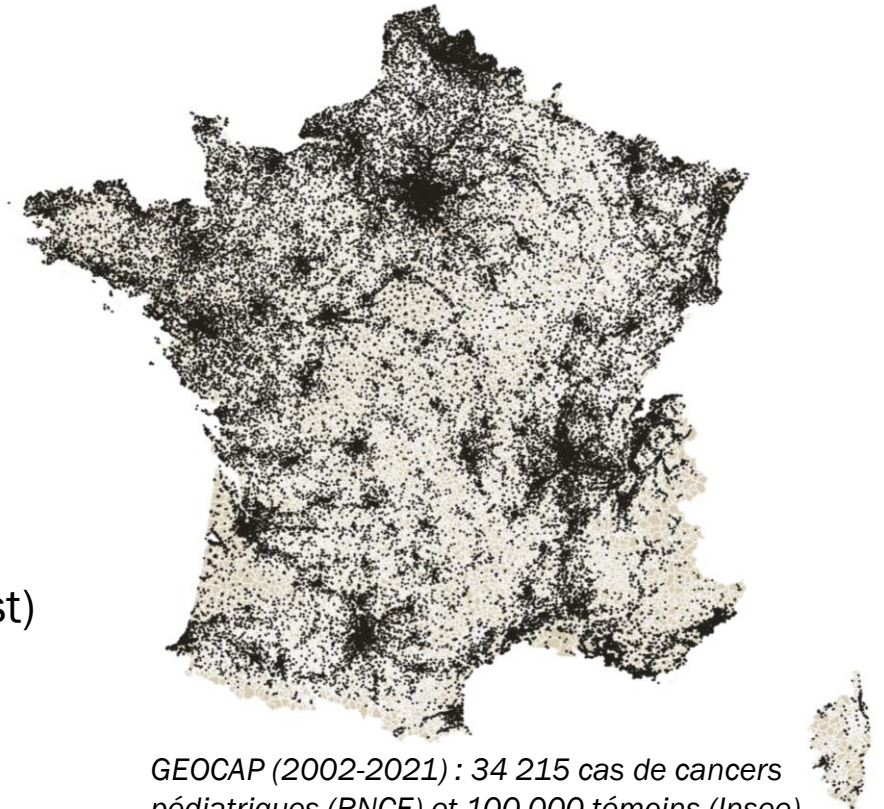


Pas d'historique de l'utilisation des pesticides agricoles sur le territoire national

GEOCAP – Géolocalisation des cancers pédiatriques

Projets basés sur une approche SIG

1. Proximité aux cultures agricoles, comme proxy (GEOCAP-Agri)
2. Exposition résidentielle aux pesticides agricoles (GEOCAP-Pest)
3. Contamination des eaux de consommation humaine aux pesticides (GEOCAP-Eaux)



GEOCAP (2002-2021) : 34 215 cas de cancers pédiatriques (RNCE) et 100 000 témoins (Insee)

1. Proximité aux cultures agricoles (GEOCAP-Agri)

OBJECTIF

Déterminer si les enfants vivant à proximité de cultures agricoles sont plus à risque de développer un cancer que les autres enfants

OBJECTIF

Déterminer si les enfants vivant à proximité de cultures agricoles sont plus à risque de développer un cancer que les autres enfants

A. Cultures pérennes : la viticulture

Méthodes

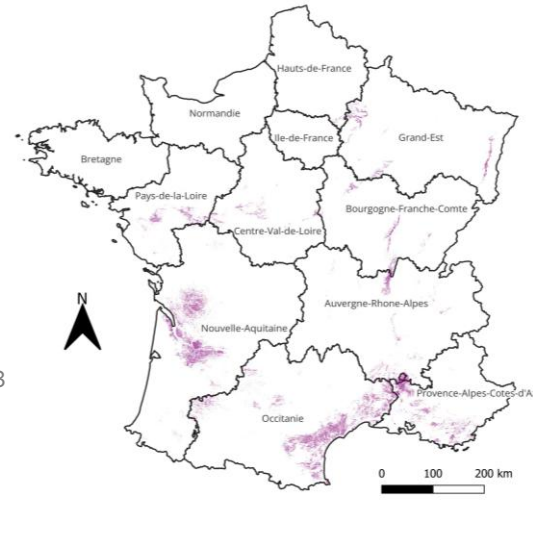
GEOCAP-Diag (2007-2013)

2 cartes des cultures 2007 et 2012 De Crouy-Chanel 2023

- Registre parcellaire graphique (RPG)
- Corine Land Cover (CLC)
- Information vignes et vergers de la BD Topo® (VV)

Validation (vs. recensement agricole)

- Corrélations > 0,96 pour la viticulture



2 cartes	Sources	Période
2007	CLC 2006 + RPG 2007	2007-2009
2012	CLC 2012 + RPG 2012 + VV 2012	2010-2013

OBJECTIF

Déterminer si les enfants vivant à proximité de cultures agricoles sont plus à risque de développer un cancer que les autres enfants

A. Cultures pérennes : la viticulture

Méthodes

GEOCAP-Diag (2007-2013)

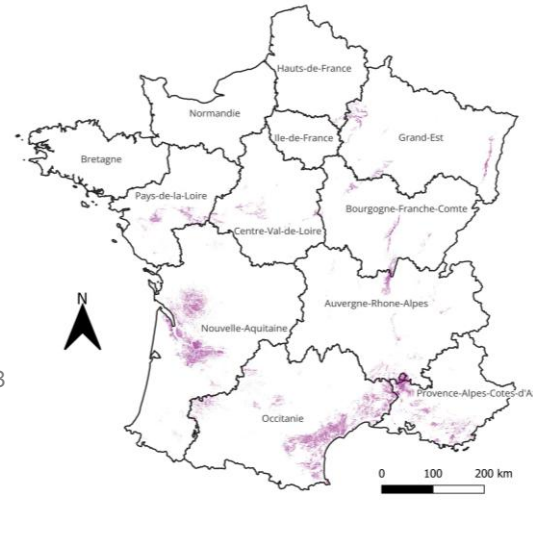
2 cartes des cultures 2007 et 2012 De Crouy-Chanel 2023

- Registre parcellaire graphique (RPG)
- Corine Land Cover (CLC)
- Information vignes et vergers de la BD Topo® (VV)

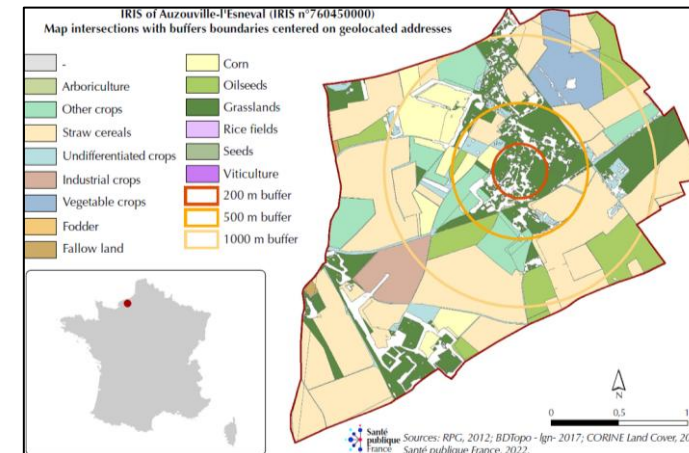
Validation (vs. recensement agricole)

- Corrélations > 0,96 pour la viticulture

Calcul la surface en viticulture dans un rayon de 1 000 m autour de l'adresse de résidence



2 cartes	Sources	Période
2007	CLC 2006 + RPG 2007	2007-2009
2012	CLC 2012 + RPG 2012 + VV 2012	2010-2013



A. Cultures pérennes : la viticulture

Résultats

10 % de témoins exposés (variations régionales de prévalence de 1 à 38 %)

A. Cultures pérennes : la viticulture

Résultats

10 % de témoins exposés (variations régionales de prévalence de 1 à 38 %)

Leucémies aiguës lymphoblastiques

- N= 3 088 cas et 40 196 témoins
- OR = 1.05 (1.00-1.09) pour une augmentation de 10 % de la surface en vigne dans un buffer de 1 000 m autour de la résidence au moment du diagnostic

Pas d'association pour les leucémies aiguës myéloïdes

Association between Residential Proximity to Viticultural Areas and Childhood Acute Leukemia Risk in Mainland France: GEOCAP Case-Control Study, 2006–2013

Matthieu Mancini,¹ Denis Hémon,¹ Perrine de Crouy-Chanel,² Laurence Guldner,³ Laure Faure,^{1,4} Jacqueline Clavel,^{1,4} and Stéphanie Goujon^{1,4}

Neuroblastomes

- N= 1 147 cas et 40 196 témoins
- OR neuroblastomes = 1.05 (0.98-1.03) pour une augmentation de 10 % de la surface en vigne

Pas d'association pour les rhabdomyosarcomes, rétinoblastomes et néphroblastomes

Residential proximity to vines and risk of childhood embryonal tumours in France - GEOCAP case-control study, 2006–2013

Danielle Awounou^{a,*}, Matthieu Mancini^a, Brigitte Lacour^{a,b}, Perrine de Crouy-Chanel^c, Isabelle Aerts^d, Véronique Minard-Colin^e, Gudrun Schleiermacher^d, Arnauld Verschuur^f, Sandra Guissou^{a,b}, Emmanuel Desandes^{a,b}, Laurence Guldner^g, Jacqueline Clavel^{a,b}, Stéphanie Goujon^{a,b}

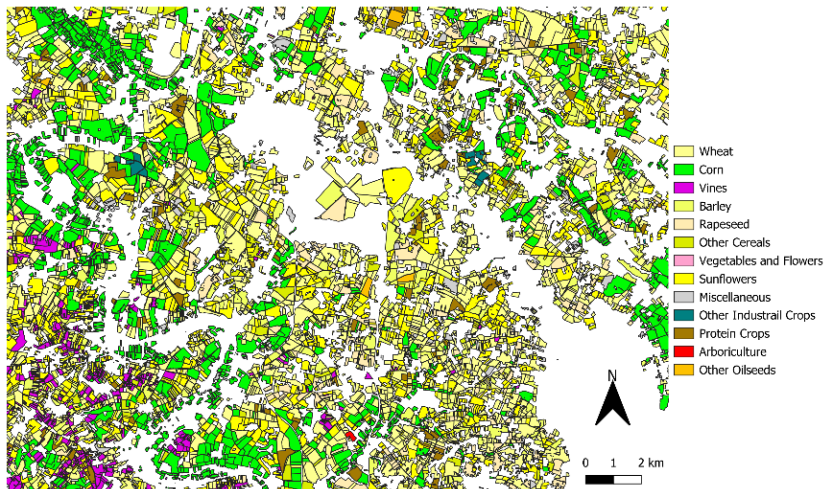
B. Cultures pérennes et non pérennes

Méthodes

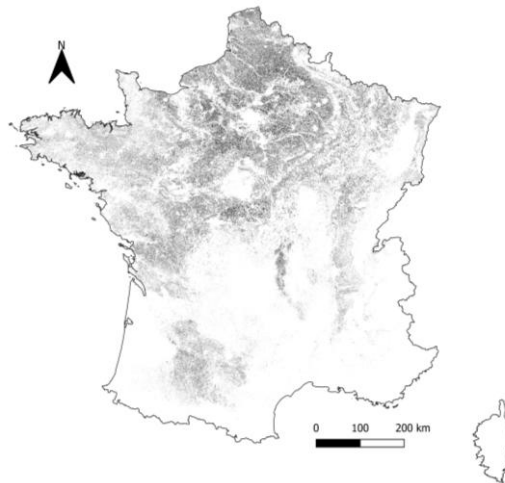
GEOCAP-Diag (2008-2013)

Rotation des cultures > cartes annuelles

14 types de cultures agricoles



Extrait de carte annuelle des parcelles en culture (2010)



Cultures de blé en 2010

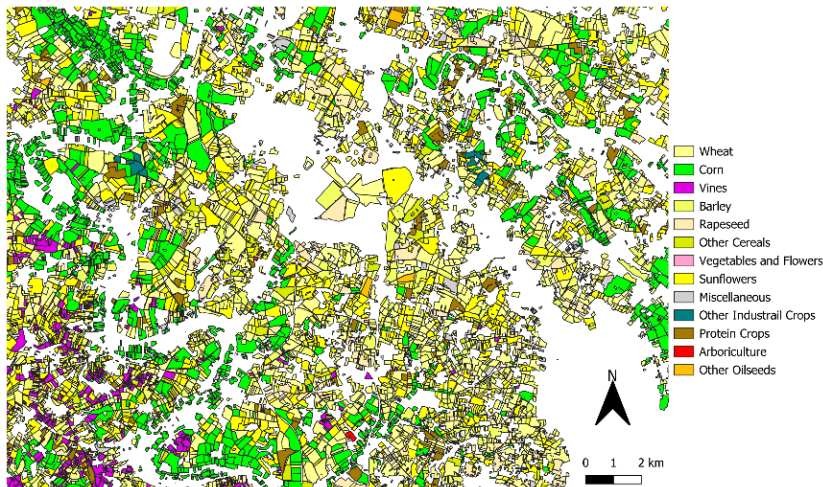
B. Cultures pérennes et non pérennes

Méthodes

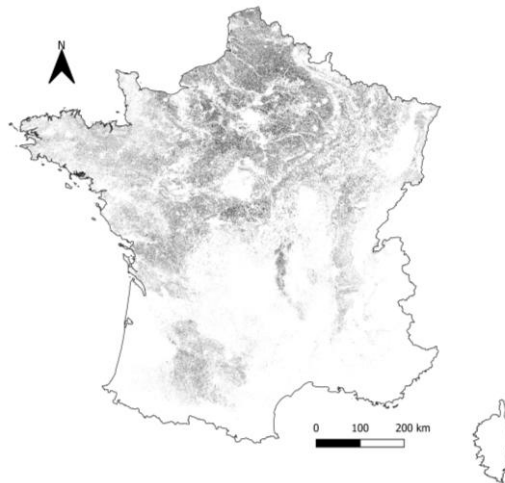
GEOCAP-Diag (2008-2013)

Rotation des cultures > cartes annuelles

14 types de cultures agricoles



Extrait de carte annuelle des parcelles en culture (2010)



Cultures de blé en 2010

Calcul de la surface en culture dans un rayon de 1 000 m autour de l'adresse de résidence

Densité de culture

Profils d'exposition

- Blé (grandes surfaces), maïs, blé et autres cultures, autres céréales et tournesol, viticulture, surfaces agricoles petites et diverses
- 1 groupe sans cultures agricoles

B. Cultures pérennes et non pérennes

Résultats

Leucémies aiguës lymphoblastiques

- N = 2 307 cas et 28 303 témoins
- OR = 1,05 (1,00-1,10) pour une augmentation de 3 % de la densité d'orge dans un rayon de 1 000 m
- OR = 1,28 (1,10-1,49) pour la présence de champs de blés et autres cultures (orge et colza)
- OR = 1,35 (1,09-1,78) pour la présence de grandes zones viticoles

Pas d'association pour les leucémies aiguës myéloïdes

Association between residential proximity to crop areas and childhood acute leukemia risk in mainland France – GEOCAP case-control study

Matthieu Mancini ^{a,*}, Laure Faure ^{a,b}, Claire Poulalhon ^{a,b}, Aurélie Danjou ^a,
Stéphanie Goujon ^{a,b,**}

Travaux en cours pour les tumeurs du système nerveux central et les tumeurs embryonnaires sur la période 2008-2021

OBJECTIF

Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques

OBJECTIF

Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques

Méthodes

Populations d'étude

- GEOCAP-Diag (2008-2021), N ~ 27 499 cas et 100 000 témoins
- GEOCAP-Birth (2011-2021), N ~ 9 803 cas et 24 000 témoins

Substances d'intérêt

- Pyréthriinoïdes, carbamates, organophosphorés, SDHi, pesticides PFAS
- Classées cancérogènes (IARC, US EPA, ECHA)
- Substances les plus vendues (Banque nationale des ventes, BNV-D)
- Littérature

OBJECTIF

Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques

Méthodes

Populations d'étude

- GEOCAP-Diag (2008-2021), N ~ 27 499 cas et 100 000 témoins
- GEOCAP-Birth (2011-2021), N ~ 9 803 cas et 24 000 témoins

Substances d'intérêt

- Pyréthriinoïdes, carbamates, organophosphorés, SDHi, pesticides PFAS
- Classées cancérogènes (IARC, US EPA, ECHA)
- Substances les plus vendues (Banque nationale des ventes, BNV-D)
- Littérature

Type	Substances SDHi
Fongicides	<i>Benzovindiflupyr, bixafen, boscalide, carboxine, fluopyram, flutolanil, fluxapyroxad, isofetamide, isopyrazam, penflufen, penthiopyrade, sedaxane</i>
Insecticides	<i>Cyflumetofen</i>

OBJECTIF *Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques*

Méthodes

Populations d'étude

- GEOCAP-Diag (2008-2021), N ~ 27 499 cas et 100 000 témoins
- GEOCAP-Birth (2011-2021), N ~ 9 803 cas et 24 000 témoins

Substances d'intérêt

- Pyréthriinoïdes, carbamates, organophosphorés, SDHi, pesticides PFAS
- Classées cancérogènes (IARC, US EPA, ECHA)
- Substances les plus vendues (Banque nationale des ventes, BNV-D)
- Littérature

IARC Group	Substances
1	<i>Lindane, TCDD, ethylene oxide</i>
2A	<i>Atrazine, alachlor, non-arsenical insiecticides, glyphosate, malathion, diazinon, DDT, dieldrin, aldrin</i>
2B	<i>Vinclozolin, chlorophenoxy herbicides, hexachlorocyclohexanes, hexachlorobenzene, methylarsonic acid, sodium ortho-phenylphenate, aramite, nitrofen, chlorothalonil, mirex, 2-(2-Formylhydrazino)-4-(5-nitro-2-furyl)thiazole, 1,3-Dichloropropene, parathion, 3-Chloro-2-methylpropene, chlordane, dichlorvos, heptachlor, toxaphene, 1,4-Dichloro-2-nitrobenzene, 2,4-D, sulfallate, 1,2-Dibromo-3-chloropropane</i>

OBJECTIF

Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques

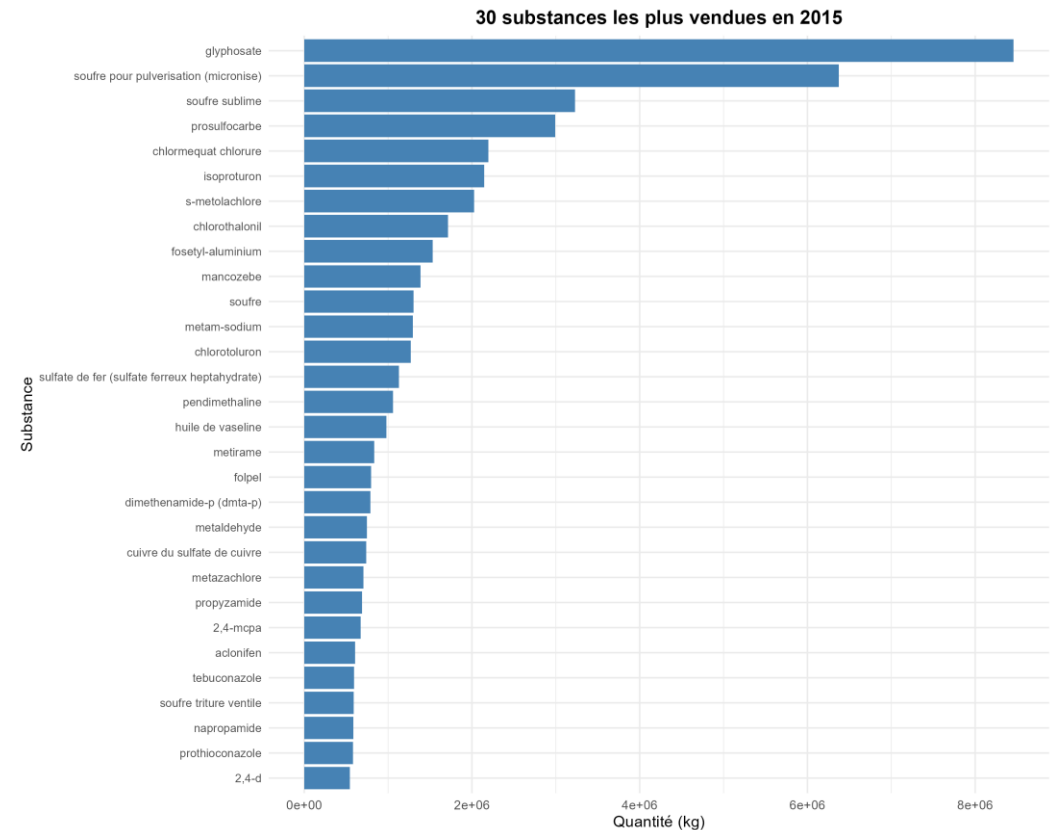
Méthodes

Populations d'étude

- GEOCAP-Diag (2008-2021), N ~ 27 499 cas et 100 000 témoins
- GEOCAP-Birth (2011-2021), N ~ 9 803 cas et 24 000 témoins

Substances d'intérêt

- Pyréthriinoïdes, carbamates, organophosphorés, SDHi, pesticides PFAS
- Classées cancérogènes (IARC, US EPA, ECHA)
- Substances les plus vendues (Banque nationale des ventes, BNV-D)
- Littérature



OBJECTIF *Identifier des substances actives ou des familles de pesticides responsables d'une augmentation du risque de cancers pédiatriques*

Méthodes

Populations d'étude

- GEOCAP-Diag (2008-2021), N ~ 27 499 cas et 100 000 témoins
- GEOCAP-Birth (2011-2021), N ~ 9 803 cas et 24 000 témoins

Substances d'intérêt

- Pyréthriinoïdes, carbamates, organophosphorés, SDHi, pesticides PFAS
- Classées cancérogènes (IARC, US EPA, ECHA)
- Substances les plus vendues (Banque nationale des ventes, BNV-D)
- Littérature

Type de cancer	Substances actives
Leucémies	<i>Diuron, phosmet, propanil, kresoxim-methyl, permethrin, chlorpyrifos, dimethoate, mancozeb, oryzalin, pendimethalin, propargite</i>
Tumeurs du système nerveux central	<i>Bromacil, triforine, thiophanate-methyl, chlorothalonil, propiconazole, dimethoate, linuron</i>
Neuroblastomes	<i>Flonicamid, benomyl, cypermethrin, permethrin</i>
Rétinoblastomes	<i>Acephate, bromacil, pymetrozine, kresoxim-methyl</i>

Méthodes

Evaluation de l'exposition

- Matrices cultures-exposition (PESTIMAT) Baldi 2017



- > 600 substances évaluées depuis les années 1950
- Utilisation oui/non de la substance sur la culture
- Probabilité, fréquence et intensité d'exposition
- Cultures : vigne, blé, orge, maïs, arboriculture, colza, pomme de terre, betterave, pois fourrager, tournesol
- 5 régions (25 % de la surface agricole utilisable) : Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Aquitaine, Basse-Normandie, Limousin

Matière active	Cultures	Période	Durée d'exposition (en années)	Probabilité max (%)	Fiabilité des probabilités	Pic d'utilisation	Intensité (kg/ha)	Fréquence (j/an)	Traitement de semence possible
ACRINATHRINE	1 culture(s)	2000 - 2009	10	5	***	2000	0.0375 - 0.0375	1 - 2	Non
ALPHAMETHRINE	1 culture(s)	2000 - 2009	10	11	***	2005	0.0128 - 0.0128	1 - 2	Non
AMINOTRIAZOLE	1 culture(s)	2000 - 2009	10	16	***	2002	3.6000 - 3.8000	1 - 1	Non
ARSENIC DE L'ARSENITE DE SODIUM	1 culture(s)	2000 - 2002	3	20	***	2000	0.9400 - 0.9400	1 - 1	Non

<https://sites.bph.u-bordeaux.fr/PESTIMAT>

Paramètres disponibles jusqu'en 2009 > Mise à jour en cours des matrices pour la période 2010-2021

Méthodes

Evaluation de l'exposition

- Matrices cultures-exposition (PESTIMAT) Baldi 2017
- Cartes des cultures (2007-2021) > surfaces en culture dans un rayon de 1000 m autour des adresses de résidence
- Score d'exposition prenant en compte la surface en culture et la probabilité d'utilisation des substances

$$\sum_{\text{culture}} (P_{\text{culture}}^{\text{SA}} \times S_{\text{culture}})$$

$P_{\text{culture}}^{\text{SA}}$ la probabilité d'utilisation de la substance active SA sur la culture
 S_{culture} la part de surface dédiée à la culture dans le buffer.

Méthodes

Evaluation de l'exposition

- Matrices cultures-exposition (PESTIMAT) Baldi 2017
- Cartes des cultures (2007-2021) > surfaces en culture dans un rayon de 1000 m autour des adresses de résidence
- Score d'exposition prenant en compte la surface en culture et la probabilité d'utilisation des substances

$$\sum_{\text{culture}} (P_{\text{culture}}^{\text{SA}} \times S_{\text{culture}})$$

$P_{\text{culture}}^{\text{SA}}$ la probabilité d'utilisation de la substance active SA sur la culture
 S_{culture} la part de surface dédiée à la culture dans le buffer.

- Agriculture biologique
 - Données disponibles depuis 2019 dans le RPG
 - Couvrent 85 % du total des parcelles en bio
- Programme BNVDs – spatialisation des ventes de produits phytosanitaires Lungarska 2023
 - Base de données géographique à résolution fine (parcelle)
 - Quantités de substances vendues, à la parcelle
 - Période 2015-2021

OBJECTIF

Investiguer l'impact de l'exposition aux pesticides et PFAS dans l'eau potable distribuée en France métropolitaine sur le risque de cancers pédiatriques

OBJECTIF

Investiguer l'impact de l'exposition aux pesticides et PFAS dans l'eau potable distribuée en France métropolitaine sur le risque de cancers pédiatriques

Méthodes

Population d'étude

- GEOCAP-Diag (2002-2021), N ~ 34 215 cas et 100 000 témoins

Evaluation de l'exposition

- Données annuelles de SISE-Eaux (2002-2021)
 - 300 000 prélèvements et 12 millions d'analyses chaque année
 - >300 pesticides et métabolites
 - 20 PFAS (obligatoires dès 2026)
- Campagnes ponctuelles de l'Anses / Laboratoire d'hydrologie de Nancy
 - 2009-2010; 2013-2015; 2020-2021



OBJECTIF

Investiguer l'impact de l'exposition aux pesticides et PFAS dans l'eau potable distribuée en France métropolitaine sur le risque de cancers pédiatriques

Méthodes

Population d'étude

- GEOCAP-Diag (2002-2021), N ~ 34 215 cas et 100 000 témoins

Evaluation de l'exposition

- Données annuelles de SISE-Eaux (2002-2021)
 - 300 000 prélèvements et 12 millions d'analyses chaque année
 - >300 pesticides et métabolites
 - 20 PFAS (obligatoires dès 2026)
- Campagnes ponctuelles de l'Anses / Laboratoire d'hydrologie de Nancy
 - 2009-2010; 2013-2015; 2020-2021



- Combinaison des adresses des enfants et des **unités de distribution** dans un système d'information géographique



- Définition d'indicateurs d'exposition contextuels

Programme GEOCAP

Coord. Stéphanie Goujon

Danielle Awounou

Aurélie Danjou

Tenimba Diarra

Charlotte Salmon

Diana El Hosni

Céline Ocak

*Dr Jacqueline Clavel**Matthieu Mancini*

Insee

RetailSonar

Registre national des cancers de l'enfant

Dir. Dr Claire Poulalhon et Dr Brigitte Lacour

Dr Emmanuel Désandes

Dr Jacqueline Clavel

Laure Faure

Sandra Guissou

Louise Chen

Alix Compant la Fontaine

Karine Feuerstose

Nastasia Gauffeny

Nicolas Simon

ARCs

**EPICENE, Inserm**

Isabelle Baldi

Mathilde Bureau

**Santé publique France**

Perrine de Crouy-Chanel

Johan Spinosi

**INRAE**

Thomas Poméon

Anna Lungarska



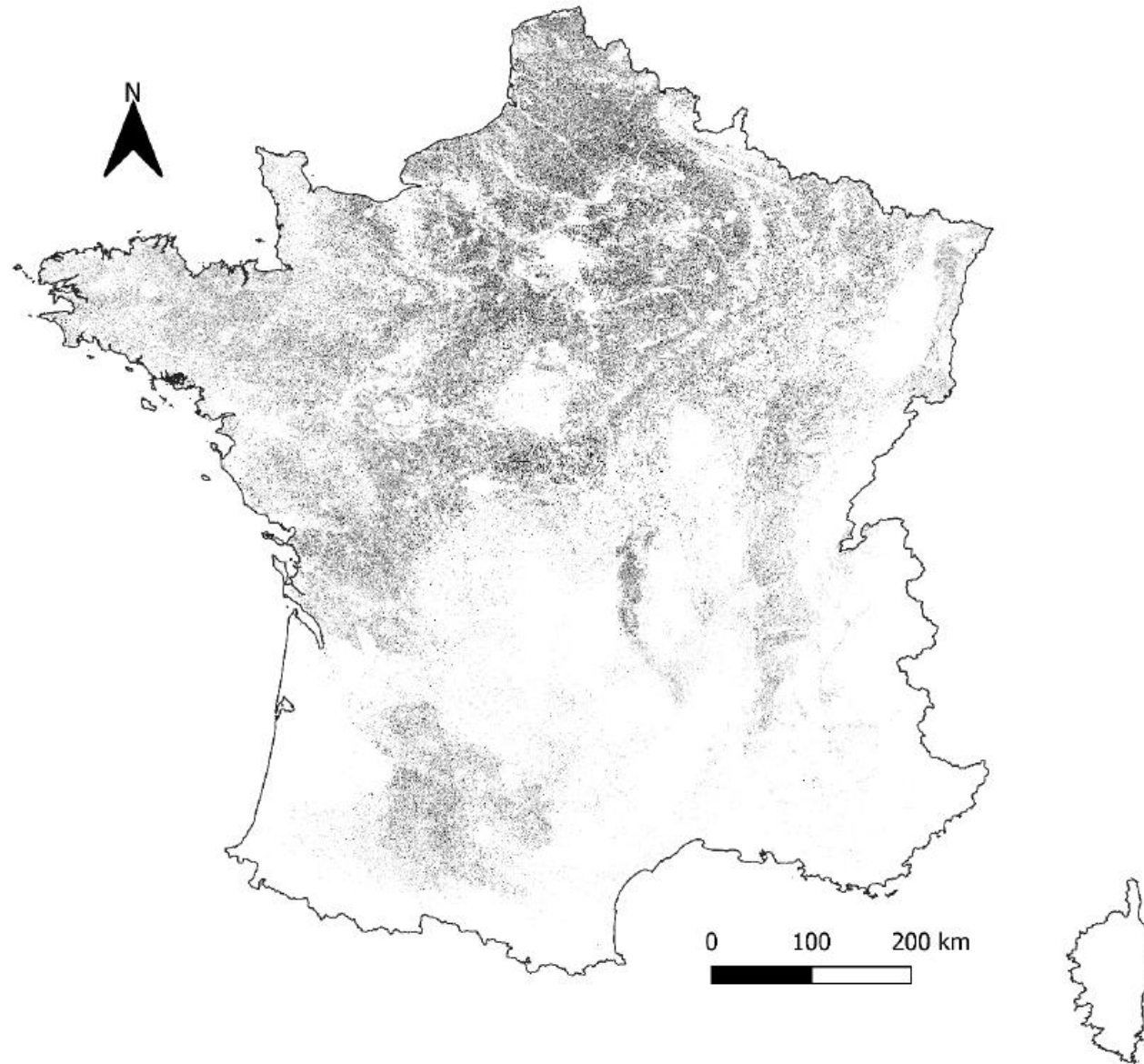
Merci de votre attention

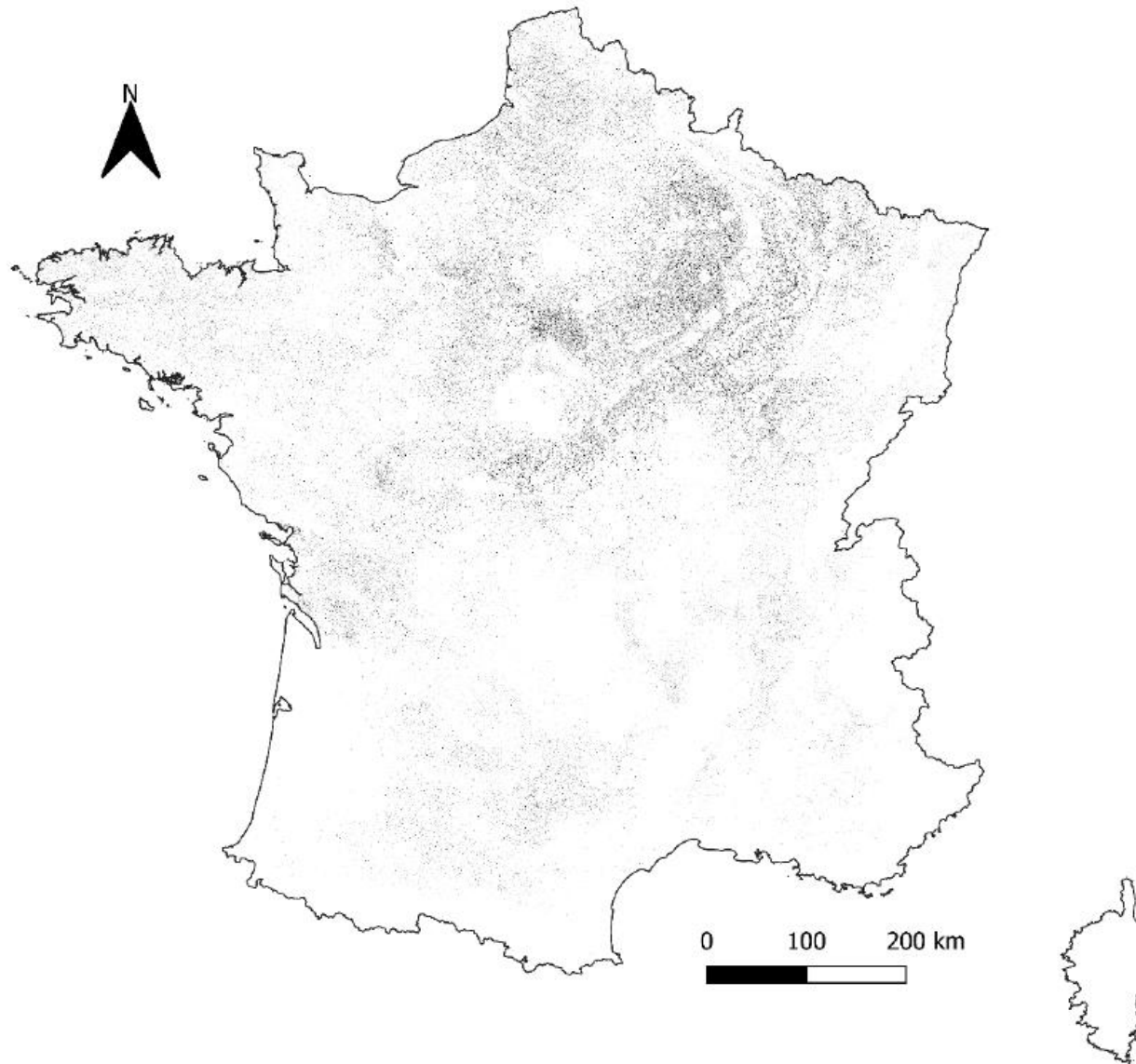
GEOCAP-Agri et GEOCAP-Pest ont été financés par l'Anses dans le cadre de la phytopharmacovigilance –
<https://www.anses.fr/fr/content/la-phytopharmacovigilance>

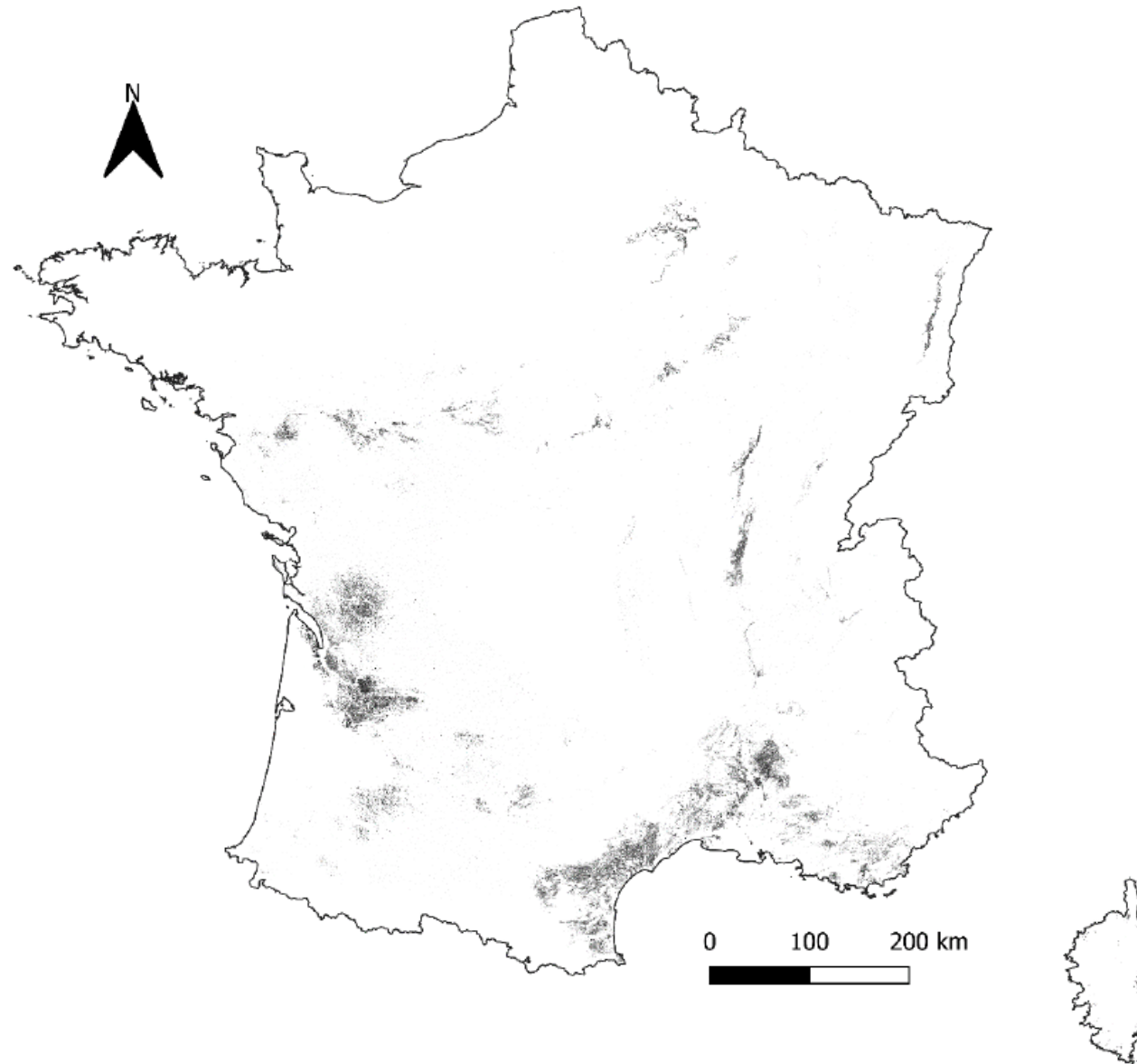


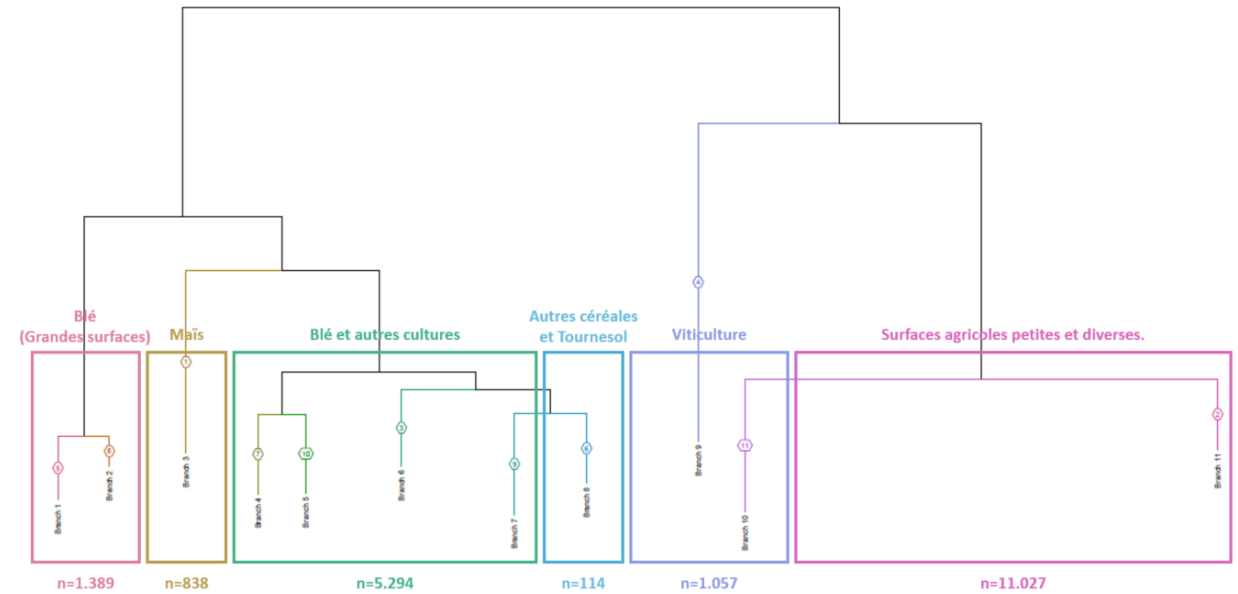
- Awounou D, Mancini M, Lacour B, de Crouy-Chanel P, Aerts I, Minard-Colin V, et al. 2023. Residential proximity to vines and risk of childhood embryonal tumours in France - GEOCAP case-control study, 2006–2013. *Environmental Research* 117417; doi:[10.1016/j.envres.2023.117417](https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117417).
- Mancini M, Hémon D, de Crouy-Chanel P, Guldner L, Faure L, Clavel J, et al. 2023. Association between Residential Proximity to Viticultural Areas and Childhood Acute Leukemia Risk in Mainland France: GEOCAP Case-Control Study, 2006–2013. *Environ Health Perspect* 131:107008; doi:[10.1289/EHP12634](https://doi.org/10.1289/EHP12634).
- De Crouy-Chanel P, Mancini M, Clavel J, Goujon S, Guldner L. 2023. Development of Geographical Information System for agricultural land mapping in metropolitan France and its application to estimate residential proximity to crops in the GEOCAP Agri Project. *Environnement, Risques & Santé* 22:45–57; doi:[10.1684/ers.2023.1763](https://doi.org/10.1684/ers.2023.1763).
- Mancini M, Faure L, Poulalhon C, Danjou A, Goujon S. Association between residential proximity to crop areas and childhood acute leukemia risk in mainland France – GEOCAP case-control study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2026;272:114737. doi:[10.1016/j.ijheh.2025.114737](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114737)
- INSERM. *Effects of Pesticides on Health: New Data*. EDP Sciences; 2022. Accessed May 23, 2024. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581472/>
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Pentachlorophenol and Some Related Compounds*. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization; 2019.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *DDT, Lindane, and 2,4-D*. International Agency for Research on Cancer; 2018.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Some Organophosphate Insecticides and Herbicides*. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization; 2017.
- Sherif M, Darwish A, Samy A, Sami S, Balázs Á. Genotoxic and epigenetic signatures of early-life pesticide exposure: a systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Toxicology*. Published online February 16, 2026:1-19. doi:[10.1080/10408444.2026.2623020](https://doi.org/10.1080/10408444.2026.2623020)
- Muñoz-Bautista JM, Bernal-Mercado AT, Martínez-Cruz O, et al. Environmental and Health Impacts of Pesticides and Nanotechnology as an Alternative in Agriculture. *Agronomy*. 2025;15(8):1878. doi:[10.3390/agronomy15081878](https://doi.org/10.3390/agronomy15081878)
- Aguilar-Bañuelos JA, Bernal-Hernández YY, Medina-Díaz IM, et al. Environmental exposure to pesticides is associated with oxidative stress, oxidative DNA damage, and elevated interleukin-8 in a child population. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2025;114:104656. doi:[10.1016/j.etap.2025.104656](https://doi.org/10.1016/j.etap.2025.104656)
- Šulc L, Figueiredo D, Huss A, et al. Current-use pesticide exposure pathways in Czech adults and children from the CELSPAC-SPECIMEn cohort. *Environment International*. 2023;181:108297. doi:[10.1016/j.envint.2023.108297](https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108297)
- Madrigal JM, Gunier RB, Jones RR, et al. Contributions of nearby agricultural insecticide applications to indoor residential exposures. *Environment International*. 2023;171:107657. doi:[10.1016/j.envint.2022.107657](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107657)
- Teyssiere R, Manangama G, Baldi I, et al. Assessment of residential exposures to agricultural pesticides: A scoping review. *PLoS One*. 2020;15(4). doi:[10.1371/journal.pone.0232258](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232258)
- Van Maele-Fabry G, Gamet-Payraastre L, Lison D. Household exposure to pesticides and risk of leukemia in children and adolescents: Updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2019;222(1):49-67. doi:[10.1016/j.ijheh.2018.08.004](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.08.004)
- Bailey HD, Fritschi L, Metayer C, et al. Parental occupational paint exposure and risk of childhood leukemia in the offspring: findings from the Childhood Leukemia International Consortium. *Cancer Causes Control*. 2014;25(10):1351-1367. doi:[10.1007/s10552-014-0441-z](https://doi.org/10.1007/s10552-014-0441-z)
- Patel DM, Gyldenkerne S, Jones RR, et al. Residential proximity to agriculture and risk of childhood leukemia and central nervous system tumors in the Danish national birth cohort. *Environment International*. 2020;143:105955. doi:[10.1016/j.envint.2020.105955](https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105955)
- Malagoli C, Costanzini S, Heck JE, et al. Passive exposure to agricultural pesticides and risk of childhood leukemia in an Italian community. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2016;219(8):742-748. doi:[10.1016/j.ijheh.2016.09.015](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.015)
- Carozza SE, Li B, Elgethun K, Whitworth R. Risk of Childhood Cancers Associated with Residence in Agriculturally Intense Areas in the United States. *Environ Health Perspect*. 2008;116(4):559-565. doi:[10.1289/ehp.9967](https://doi.org/10.1289/ehp.9967)
- Van Deventer D, Ritz B, Cockburn M, Heck JE. Prenatal pesticide exposure and neuroblastoma – A statewide case-control study in California. *Environmental Research*. 2025;287:123027. doi:[10.1016/j.envres.2025.123027](https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.123027)
- Nguyen A, Crespi CM, Vergara X, Kheifets L. Pesticides as a potential independent childhood leukemia risk factor and as a potential confounder for electromagnetic fields exposure. *Environmental Research*. 2023;238:116899. doi:[10.1016/j.envres.2023.116899](https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116899)
- Thompson S, Ritz B, Cockburn M, Heck JE. Prenatal ambient pesticide exposure and childhood retinoblastoma. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2022;245:114025. doi:[10.1016/j.ijheh.2022.114025](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114025)
- Lombardi C, Thompson S, Ritz B, Cockburn M, Heck JE. Residential proximity to pesticide application as a risk factor for childhood central nervous system tumors. *Environmental Research*. 2021;197:111078. doi:[10.1016/j.envres.2021.111078](https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111078)
- Park AS, Ritz B, Yu F, Cockburn M, Heck JE. Prenatal pesticide exposure and childhood leukemia - A California statewide case-control study. *Int J Hyg Environ Health*. 2020;226:113486. doi:[10.1016/j.ijheh.2020.113486](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113486)
- Baldi I, Carles C, Blanc-Lapierre A, et al. A French crop-exposure matrix for use in epidemiological studies on pesticides: PESTIMAT. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2017;27(1):56-63. doi:[10.1038/jes.2015.72](https://doi.org/10.1038/jes.2015.72)
- Lungarska A, Poméon T, Ramalanjaona L, Lision O, Cantelaube P, Lardot B. Spatialization of phytopharmaceutical products' purchases data at the scale of the agricultural plot in France. *Environnement, Risques & Santé*. 2023;22(S1):19-26. doi:[10.1684/ers.2023.1761](https://doi.org/10.1684/ers.2023.1761)

Compléments

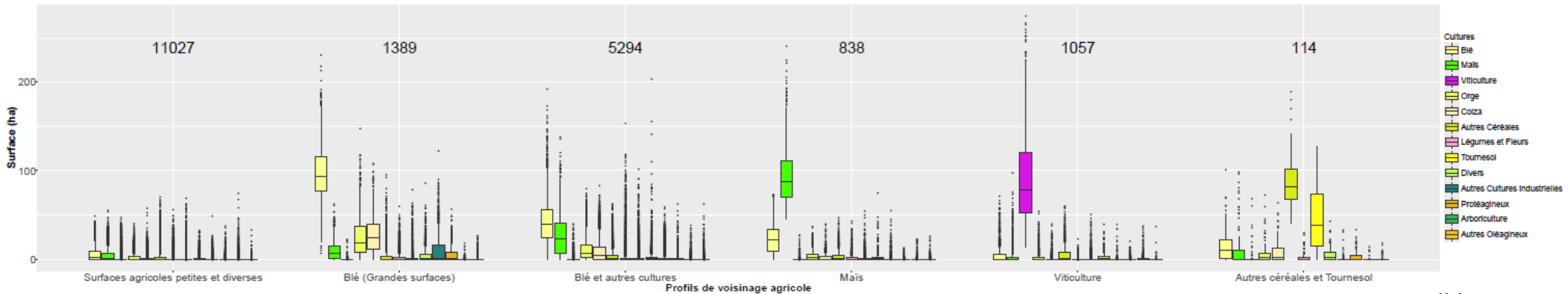








Profils d'exposition identifiés d'après la classification hiérarchique de 13 types de cultures agricoles présentes dans un rayon de 1000 m autour des adresses de résidence géocodées (N=6690 cas et 19719 témoins, 2008-2013)



Distribution des surfaces des 13 cultures agricoles selon les profils et sous-profils parmi les témoins

