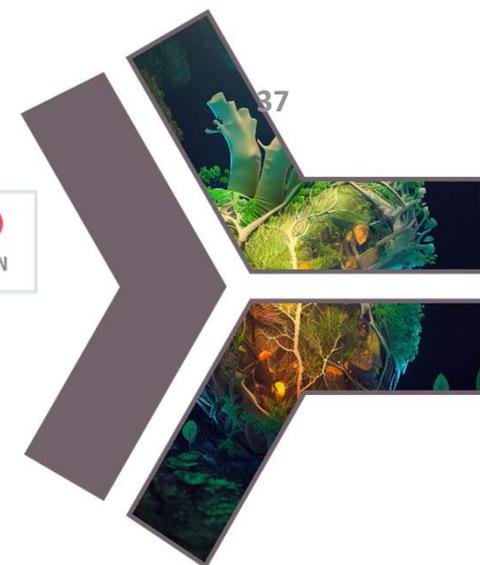




Carrefours de l'innovation INRAE  
Agriculture / Alimentation / Environnement

ÉCOPHYTO  
RECHERCHE & INNOVATION



# GEO-K-PHYTO

Dispositif de surveillance épidémiologique des cancers en lien avec les expositions environnementales aux produits phytopharmaceutiques agricoles en France

- Responsable scientifique: Alain Monnereau (Institut Bergonié / INSERM-EPICENE)
- Présentateur: Sébastien ORAZIO (Institut Bergonié / INSERM-EPICENE)



# 01. Contexte, objectifs et caractère novateur du projet par rapport aux enjeux Ecophyto

Des records Européens:  
1<sup>er</sup>: Surface Agricole Utile  
2<sup>eme</sup>: consommation de pesticide

Les pesticides se propagent au-delà des zones d'épandages:  
dérive / volatilisation



Riverains des zones agricoles largement exposés ?

Rapport INSERM 2021: Forte Plausibilité de lien sur la Santé des Travailleurs (notamment les hémopathies malignes)

# 01. Contexte, objectifs et caractère novateur du projet par rapport aux enjeux Ecophyto

Environmental Science and Pollution Research  
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14789-3>

REVIEW ARTICLE



Passive environmental residential exposure to agricultural pesticides and hematological malignancies in the general population: a systematic review

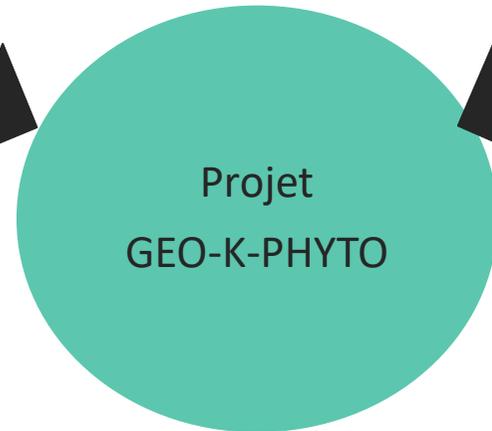
Camille Roingeard<sup>1</sup> • Alain Monnerau<sup>1,2,3</sup> • Stéphanie Goujon<sup>4</sup> • Sébastien Orazio<sup>1,2</sup> • Ghislaine Bouvier<sup>2</sup> • Blandine Vacquier<sup>1,2</sup>

Received: 9 January 2021

Peu d'information sur l'impact sanitaire des pesticides chez les riverains de zones agricoles

Absence d'outils de surveillance des cancers ↔ expositions environnementales des riverains aux pesticides

Absence de base de données pertinente spatio-temporelle sur l'usage des phytopharmaceutiques agricoles à une échelle fine



# 01. Contexte, objectifs et caractère novateur du projet par rapport aux enjeux Ecophyto

## OBJECTIFS

Améliorer les connaissances et l'information sur l'impact sanitaire des pesticides agricoles

Valider la faisabilité d'un dispositif Epidémiologique pérenne (Santé-Environnement-Cancer)

Améliorer la qualité des données sanitaires et environnementales

## INNOVATIONS

Le dispositif  
Amélioration de l'évaluation de l'exposition

Algorithmes d'IA  
Indicateurs pertinents, fiables, précis et exhaustifs

Analyses spatialisées utilisant deux schémas d'étude  
(Automatiser les analyses)

## ENJEUX

« Préserver la santé publique »

Application  
Lien entre exposition résidentielle aux pesticides agricoles cancers du sang (HM) ?

## 02. Consortiums et partenaires du projet



INSTITUT  
BERGONIE



IGN



INSERM

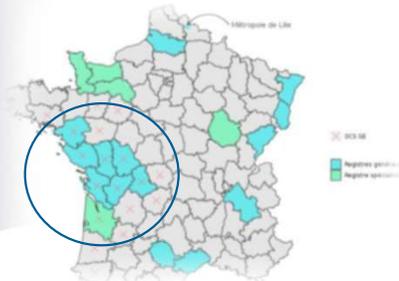


FRANCIM



PROJET

# 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place



## Hypothèse

Lien entre Risque de cancer et épandage de pesticides agricoles pour les populations riveraines

## Les données

### Sanitaires

Registres des cancers FRANCIM  
qualifiés par le CER (qualité, exhaustivité)  
8 départements  
Patients de 15 ans et +  
Période 2006-2017  
17 maladies du sang (*hémopathies malignes*)

### Expositions aux pesticides

Parcelles agricoles: aucune information sur le type et la quantité de produits appliqués réellement  
Proxy d'exposition = parcelles agricoles au voisinage (Vignes, verges, terres arables)  
OCS GE = fiables et exhaustives  
IA pour zones sans OCS GE

# 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place

Surface Agricole Utile par type de culture : une nécessaire information fine et exhaustive

 Surface Agricole Utile (SAU)  
Vigne (Source RPG)

 Surface Agricole Utile (SAU)  
Vigne manquante

 Buffer 500m autour du point  
adresse

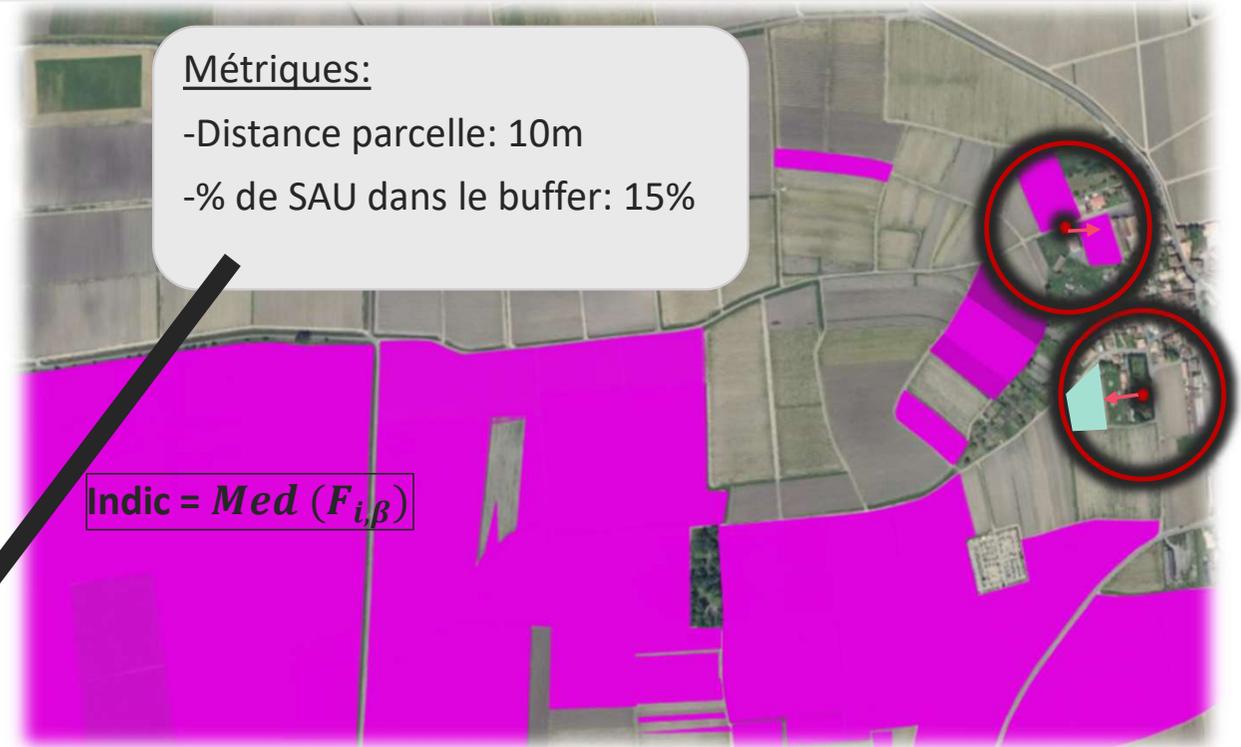
Indicateurs:

- Etude cas/témoin: adresses
- Etude écologique: résumé sur agrégation géographique

Métriques:

- Distance parcelle: 10m
- % de SAU dans le buffer: 15%

$$\text{Indic} = \text{Med}(F_{i,\beta})$$



Extrait du Géoportail sur la commune de Saint-Julien-de-Beycheville (33) – données superposées : Photo aériennes (millésime 2018 20cm) et RPG 2019, 2018, 2017, 2016 © Géoportail

# 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place

Stratégie d'analyse: 1-Etude écologique (exploratoire) -> 2-Etude cas/témoins (complémentaire)

## Etude écologique:

Résumé sur agrégation géographique  
(commune / IRIS)

Observons-nous plus de cancers dans les unités spatiales à forte exposition que ce que l'on aurait pu attendre ?

$$SIR = \frac{O}{E}$$

$$\log\left(\frac{E(O)}{E}\right) = \mu + X^T \beta \Leftrightarrow \log(E(O)) = \mu + X^T \beta + \log(E)$$

$$\log(E(O)) = \log(E) + \mu + X^T \beta + \phi + \theta$$

## Etude cas/témoins:

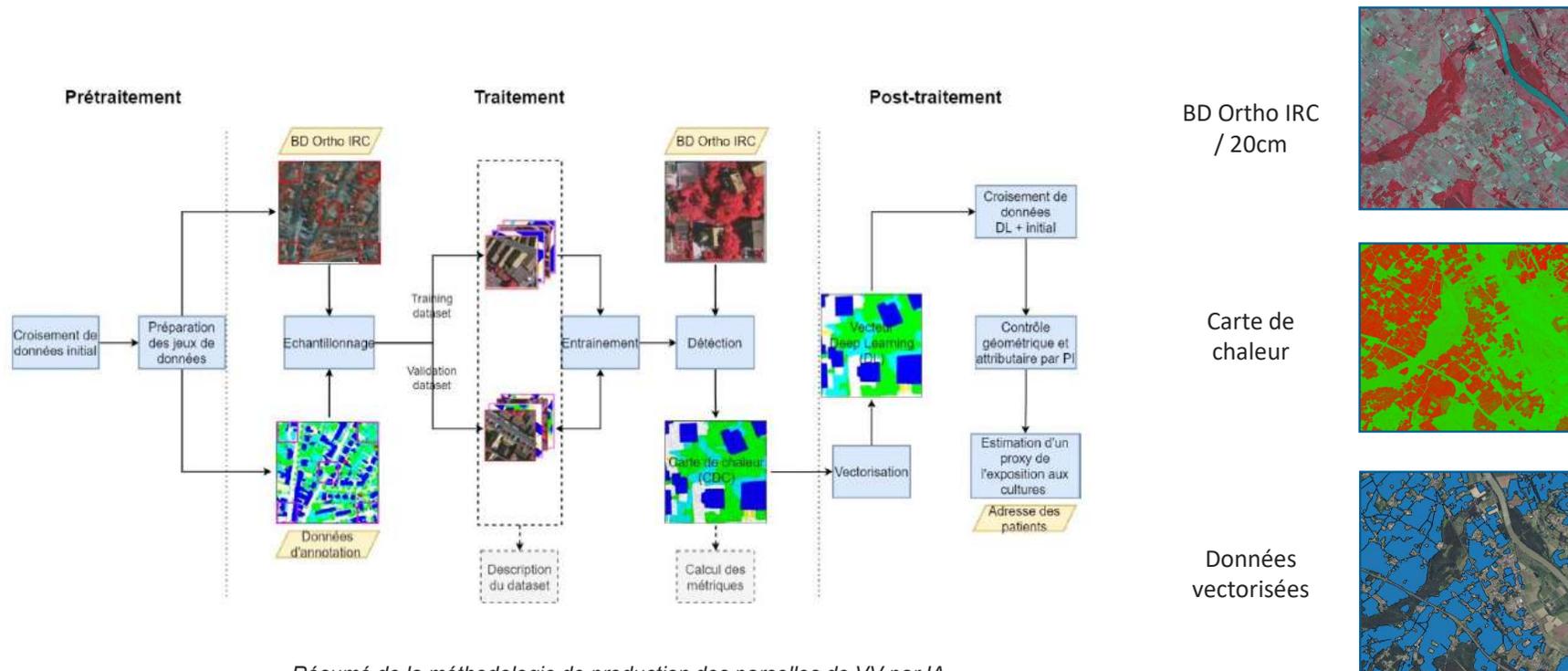
Information individuelle (exposition) et comparaison entre cas et témoin

La proportion de sujets exposés chez les cas est-elle supérieure à celle des témoins ?

$$\text{logit}(P(Y_i = 1|X_{ik})) = \beta_{0k} + \beta_1 X_{ik1} + \beta_2 X_{ik2} + \dots + \beta_p X_{ikp}$$

# 03. Hypothèse(s) et méthodologie(s) mises en place

## Méthode de production des parcelles par IA



Résumé de la méthodologie de production des parcelles de VV par IA

Source : <https://dai-projets.gitlab.io/odeon-landcover/>

# 04. Principaux résultats finaux

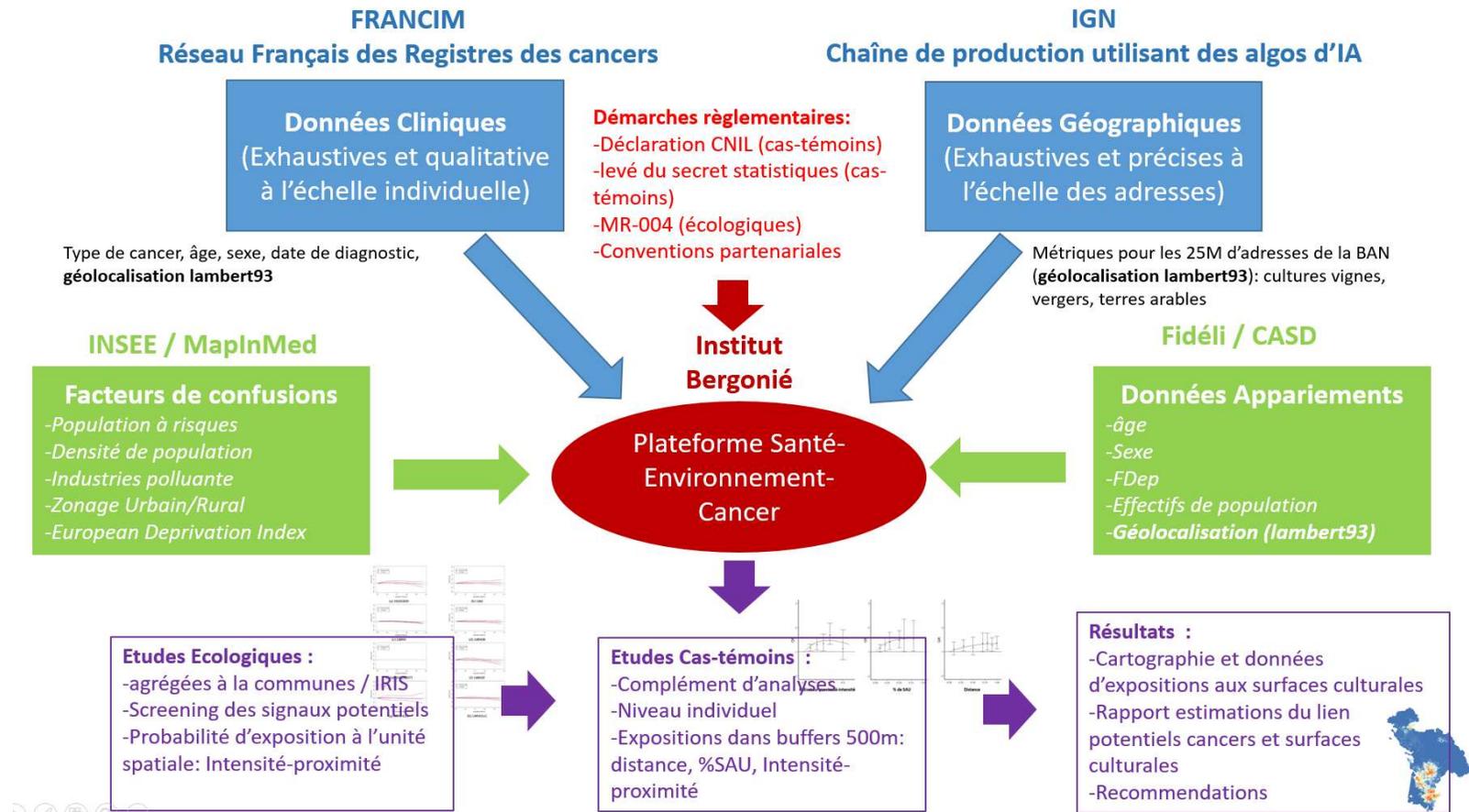


Schéma fonctionnel du dispositif de surveillance épidémiologique des cancers en lien avec les expositions environnementales aux produits phytopharmaceutiques agricoles en France.

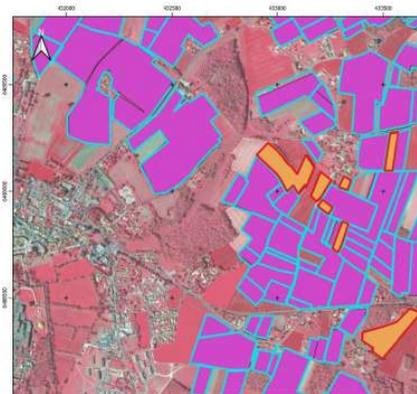
# 04. Principaux résultats finaux

## Impact de l'IA dans la définition des expositions aux SAU (Vigne)

Amélioration de l'exhaustivité  
 RPG = 73,1% / IA = 90%  
 + 1790,8 hectares  
 + 24% sur la zone

IGN INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE Saint-Mandé

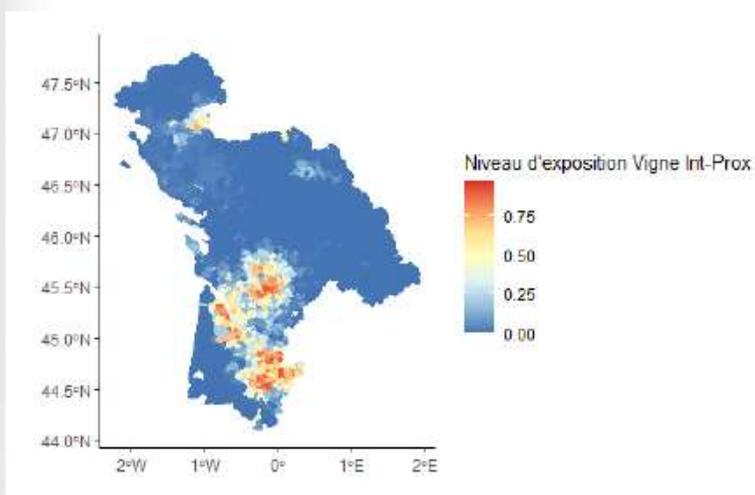
**Méthode de production d'une base de données géographiques exhaustive à échelle fine sur les Vignes et les Vergers**

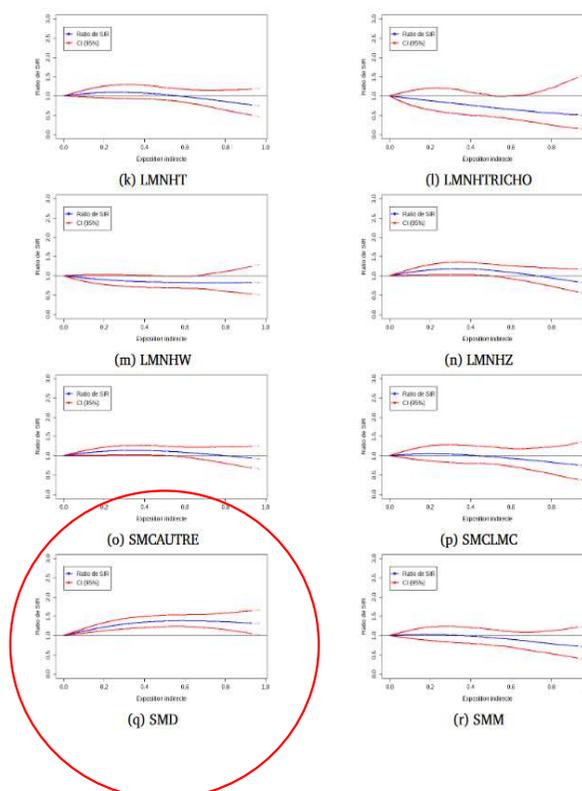
Extrait de comparaison entre la carte initiale RPG et la carte finale après le processus

# 04. Principaux résultats finaux

## Exploration du lien HM / Exposition aux SAU (Vigne)

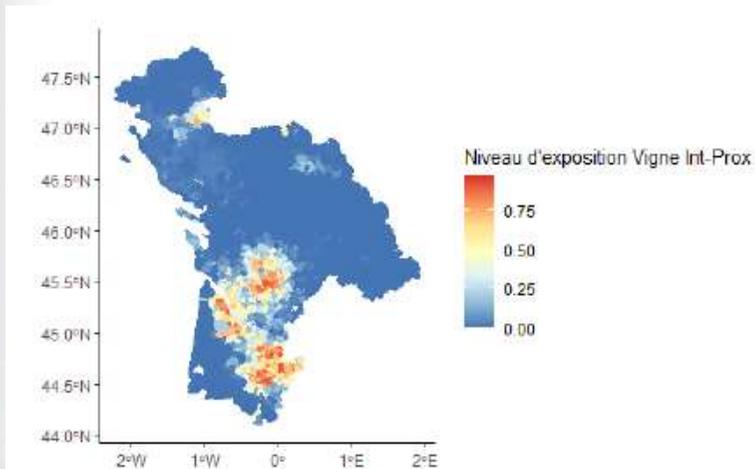


Cartographie de l'indicateurs d'exposition proximité-intensité aux SAU vignes à l'échelle de l'IRIS (départements Français 16, 17, 33, 44, 79, 85, 86, 87).

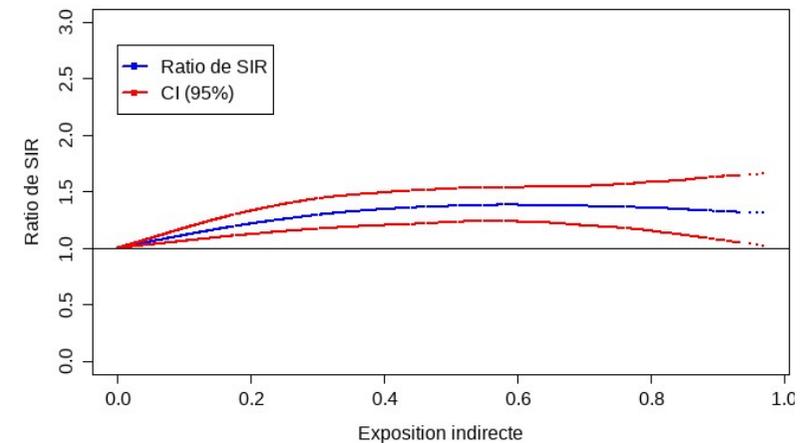


# 04. Principaux résultats finaux

## Exploration du lien HM / Exposition aux SAU (Vigne)



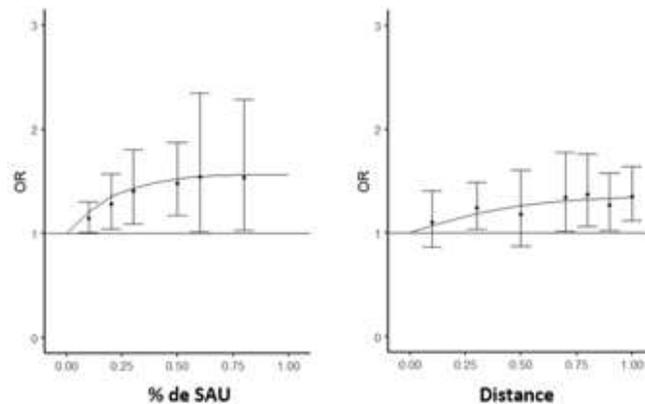
Cartographie de l'indicateurs d'exposition proximité-intensité aux SAU vignes à l'échelle de l'IRIS (départements Français 16, 17, 33, 44, 79, 85, 86, 87).



Résultat de l'étude écologique à l'unité spatiale de l'IRIS pour le Syndrome Myélodysplasique et une exposition aux surfaces culturelles de vignes. Le ratio de SIR peut s'interpréter comme un risque. Le modèle spatialisé BYM utilisé est ajusté sur les co-facteurs suivant : Index Européen de déprivation sociale (EDI), Zonage Urbain/Rural, Densité de population. La période d'étude est 2006-2017 et concerne 8 départements Français (16, 17, 33, 44, 79, 85, 86, 87).

## 04. Principaux résultats finaux

### Exploration du lien HM / Exposition aux SAU (Vigne)



Résultats de l'étude cas-témoins pour le Syndrome Myélodysplasique et une exposition aux surfaces de vignes utilisant l'indicateur % de SAU vigne et la distance. Les OR estimés par régression logistique conditionnelle et peuvent s'interpréter comme un risque individuel de survenue de la maladie. La période d'étude est 2006-2017 et concerne 8 départements Français (16, 17, 33, 44, 79, 85, 86, 87).

Maintenir un niveau raisonnable de sur-risque de SMD chez les riverains (+5%)

- Distance minimale de 76 m de l'habitation
- 3% de surface de vignes dans un rayon de 500m autour de l'habitation

## 05. Transfert & valorisation de ces résultats

- *Publications scientifiques: n=2 (Environmental Science and Pollution Research ; Environnement, Risques et Santé)*
- *Conférences scientifiques et techniques: n=9 (GRELL 2022, Workshop on spatial sciences control meeting, Geodatadays 2023-USA, cancéropole GSO, Meet/Up Greentech, Oncosphère)*
- *Présentation à des instances professionnelles ou de décision: n=1 (comité de suivi des études nationales pesticides de la DGS)*
- *Article de valorisation: n=1 (JMS de l'INSEE)*
- *Autres valorisations: n=3 (Conseils scientifiques, Green Data for Health, DINUM des ministères sociaux)*

A venir:

- Publication scientifique (Medline)
- Revue Innovations en agriculture, alimentation et environnement

# 05. Transfert & valorisation de ces résultats

*Comment ces résultats peuvent-ils venir appuyer les utilisateurs et les politiques publiques ?*

*Contribuent à apporter des éléments de réponses aux citoyens et aux décideurs*

- *Des informations sur le rôle de l'exposition aux pesticides sur le risque de survenue des cancers*
- *Surveillance des cancers en lien avec une exposition environnementale **au cours du temps***
- *Définition possible de ZNT avec impact en termes de coût (estimation des surfaces concernées)*
- *Information sur le lien entre produits et risque de cancer (ré-évaluation des autorisations des produits)*

*Quels verrous de transfert ?*

- *Nécessite une définition plus fine des expositions (type de molécules + quantités)*
- *Accès aux cahiers des traitements (Exemple des USA: Pesticides user reports)*
- *A quels décideurs s'adresser ?*



## 06. Perspectives issues du projet

*Elargir le dispositif à :*

- *L'ensemble de la zone registre (confirmation résultats)*
- *Etudier d'autres localisations de cancer*
- *Etudier d'autres nuisances d'intérêt (Champs électromagnétiques)*

*Projets connexes en cours de développement:*

- *Indicateur pesticides plus proches de la réalité (CNES, INRAe)*
- *ATLAS des cancers sur zone registres FRANCIM (communes)*



# Remerciements

## ***Equipe projet***

*Angelo Andriamanamamonjy (IGN)*

*Caleb Carloss Aguida (Institut Bergonié)*

*Floriane Bertin (Institut Bergonié)*

*Arnaud Desqueyroux (IGN)*

*Marie Gombert (IGN)*

*Raphaëlle Teyssere (INSERM)*

*Blandine Vaquier (INSERM)*

## ***Conseil scientifique***

*Edouard Chatignoux (SpF)*

*Marc Colonna (Registre cancer Isère)*

*Jacqueline Clavel (INSERM)*

*Stéphanie Goujon (INSERM)*

*Thomas Mettey (IGN)*

*Florence Molinié (FRANCIM)*

*Matthieu Noucher (CNRS)*

*Thomas Poméon (INRAe)*

*Olivier Salesses (AUAT)*

*Ludovic Warangot (DRAAF)*