

➤ Les défis de la surveillance nationale des contaminants





➤ Les contaminants en première campagne

2000 – 2010 : ETM et POP

➤ Les contaminants en RMQS1

- **Paramètres pédologiques**

- Granulométrie, pH, C, N, P assimilable, CEC, cations échangeables, éléments majeurs, etc.

- **Propriétés hydriques**

- Réservoir en eau utilisable (1 site sur 4)

- **Contaminants et santé (RMQS 1)**

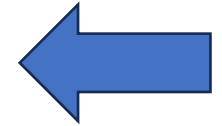
- Éléments traces : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Tl, Zn
- Micropolluants organiques : HAP, PCB, dioxines, furanes, OCP, herbicides (sélection de sites)
- Microorganismes pathogènes

- **Carbone et changement climatique**

- Stocks de carbone profond $\leq 1\text{m}$
- Matières organiques particulaires (1 site sur 2)
- Qualité des matières organique par spectrométrie NIRS, MIRS, Black carbon, Glomaline

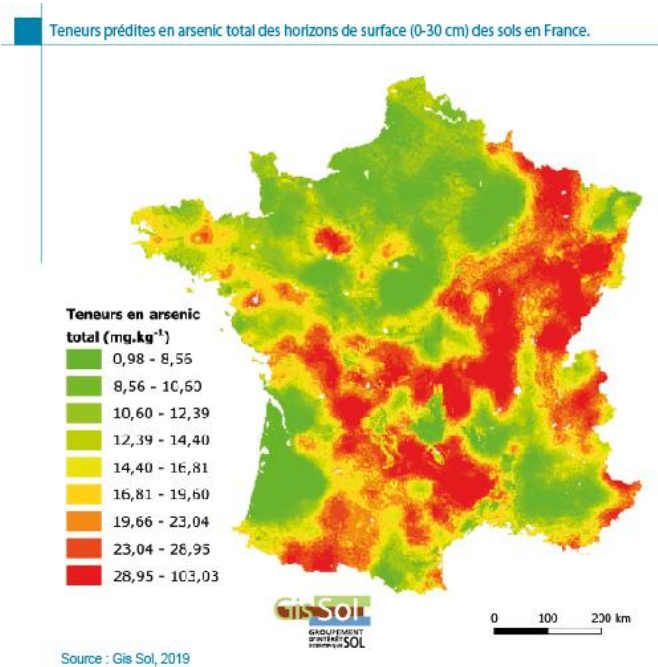
- **Biodiversité**

- Richesse et diversité microbienne par extraction d'ADN bactérien et fongique (Génosol)
- Activités enzymatiques (BioChemEnv)
- Faune du sol : vers de terre, nématodes, collemboles, etc. (Bretagne)



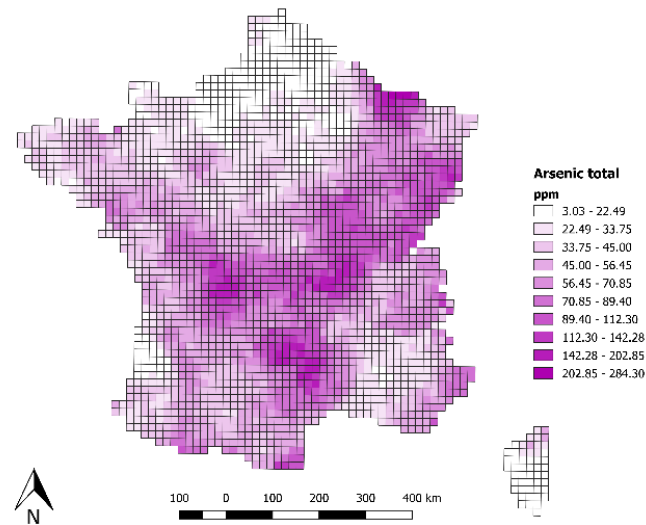
➤ Elements traces

Teneurs totales et extractibles (EDTA)



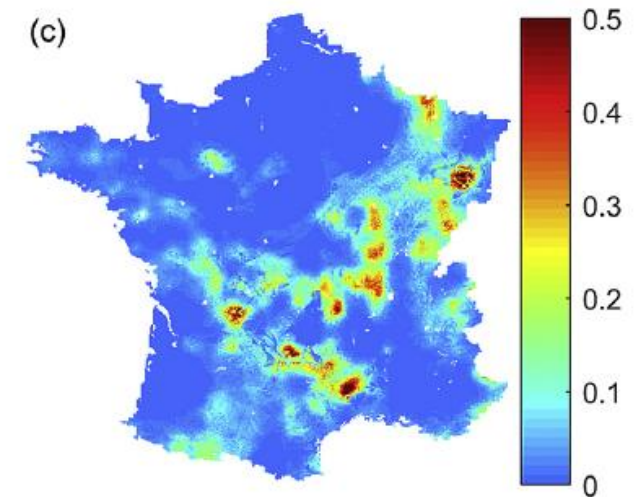
Vibrisses : seuils de détection d'anomalies pour différents éléments traces (RMQS)

RMQS : vibrisses pour l'Arsenic total (ppm), couche 0-30 cm



Arsenic

As Probabilité de dépasser la valeur de 50 mg/kg



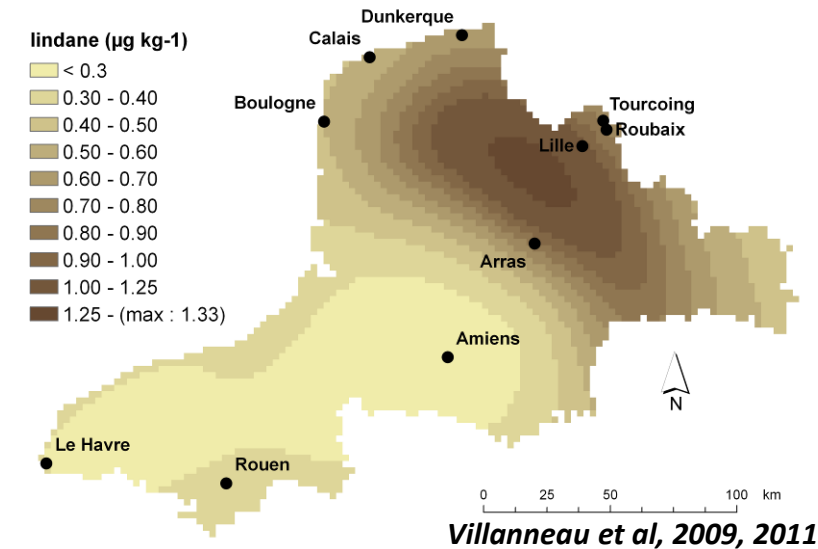
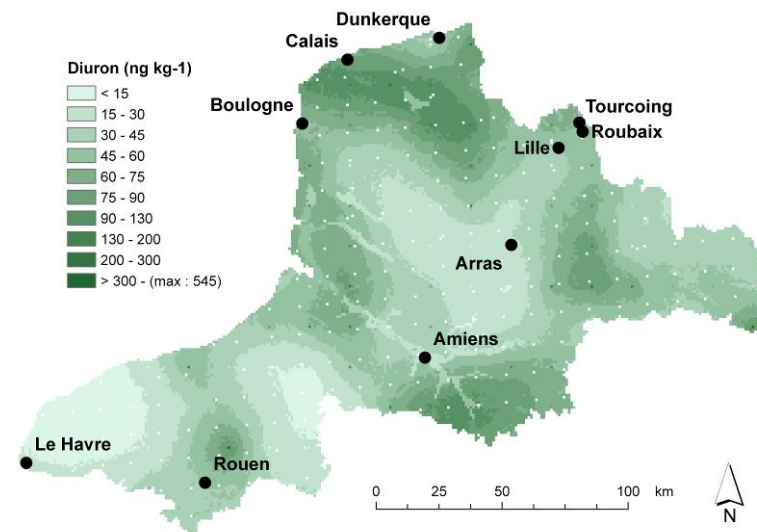
➤ Projet POP – RMQS (ORP 2006 – 2008)

■ 183 sites RMQS

- Ensemble Nord Pas de Calais - Somme - Seine Maritime : 105 sites
- Transect Est - Ouest Brest Paris Colmar : 78 sites

■ 93 molécules recherchées

- 16 HAP,
- 20 PCB,
- 20 dioxines et furanes,
- 12 OCP
- 25 herbicides



Villanneau et al, 2009, 2011

INSECTICIDES		HERBICIDES			
organo-chlorés		triazines		urées substituées	
molécules	métabolites	molécules	métabolites	molécules	métabolites
DDT	DDD - DDE	atrazine	DIA - DEA	isoproturon	IPPMU - IPPU
aldrine	dieldrine	simazine	DIA	diuron	DCPMU - DCPU
dieldrine		cyanazine		neburon	
endrine		desmetryne		linuron	
lindane (γHCH)		prometon		methabenzthiazuron	
α HCH		methoprottryne		monolinuron	
δ HCH		ametryne		monuron	
heptachlore		prometryne		fenuron	
		propazine			
		terbuthylazine			



INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Projet OCP – HAP – France (ORP 2009 – 2011)

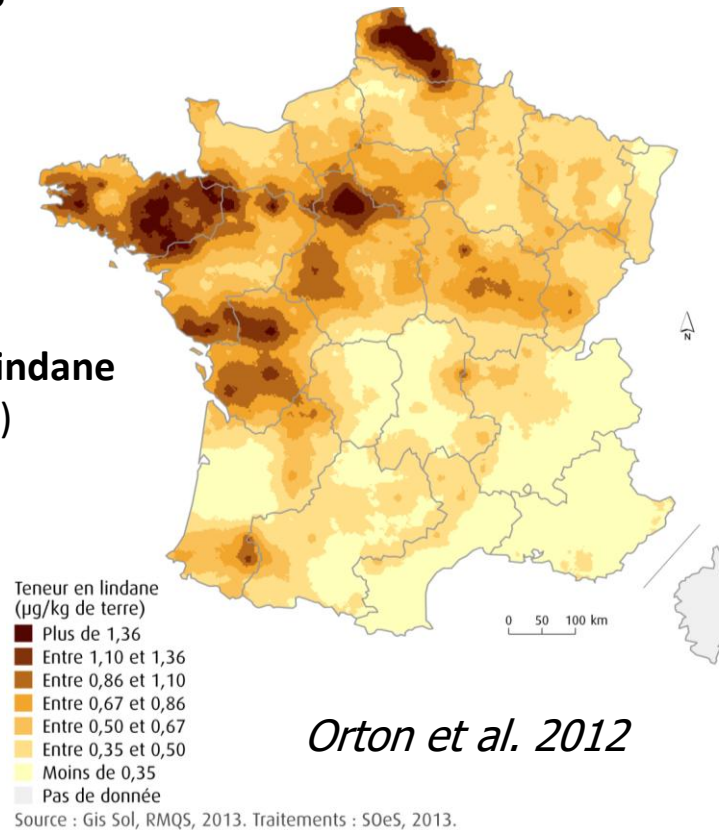
- **504 sites**

RMQS France 1 site sur 4

- **28 molécules**

- 12 OCP
- 16 HAP

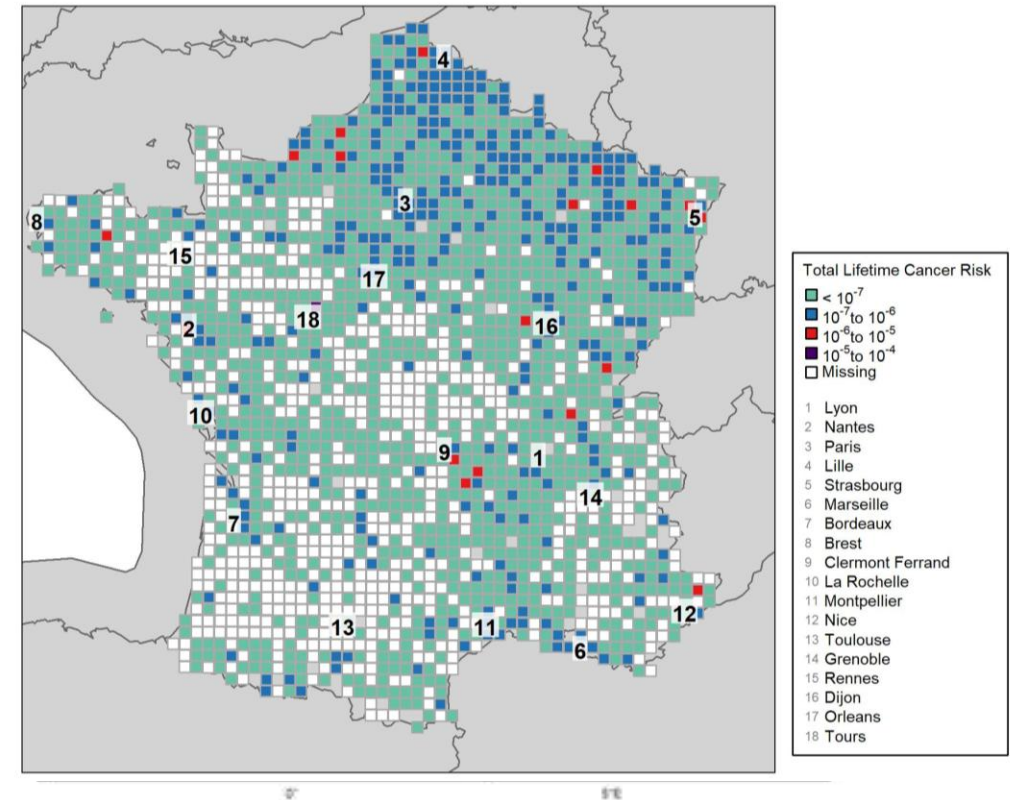
Teneurs en lindane
($\mu\text{g}/\text{kg}$)



Orton et al. 2012

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

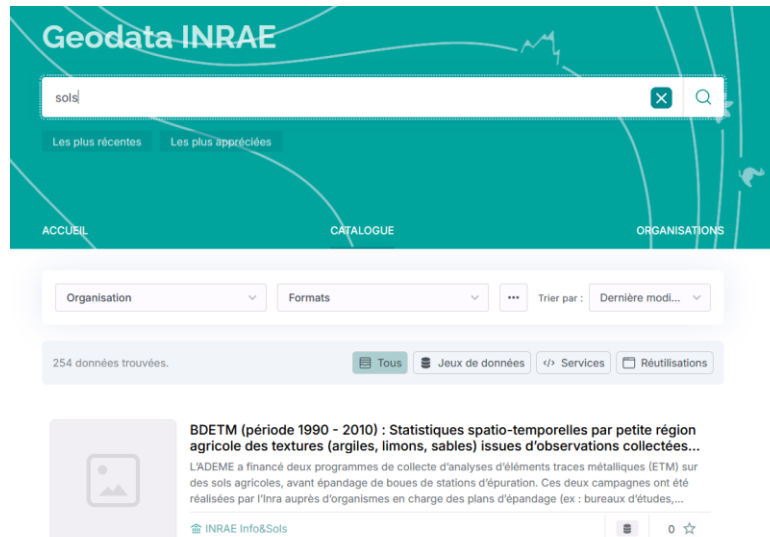
Risk for residents



(Froger et al., 2021)

➤ Accès aux données « sol »

- Une base de données nationale : DoneSol
- Le site du GIS Sol (www.gissol.fr)
- Accès aux données via les infrastructures INRAE
 - IDS : <https://geodata.inrae.fr/datahub/news>
 - Dataverse : <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/gissol>
 - Outil de consultation des tableaux statistiques <https://traitementinfosol.pages-forge.inrae.fr/statistiquesrmqs/>
- Accès possible via des conventions (*ex : données avec les coordonnées x/y, données de certains RRP*)



<https://geodata.inrae.fr/datahub/news>



<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/gissol>

INRAE

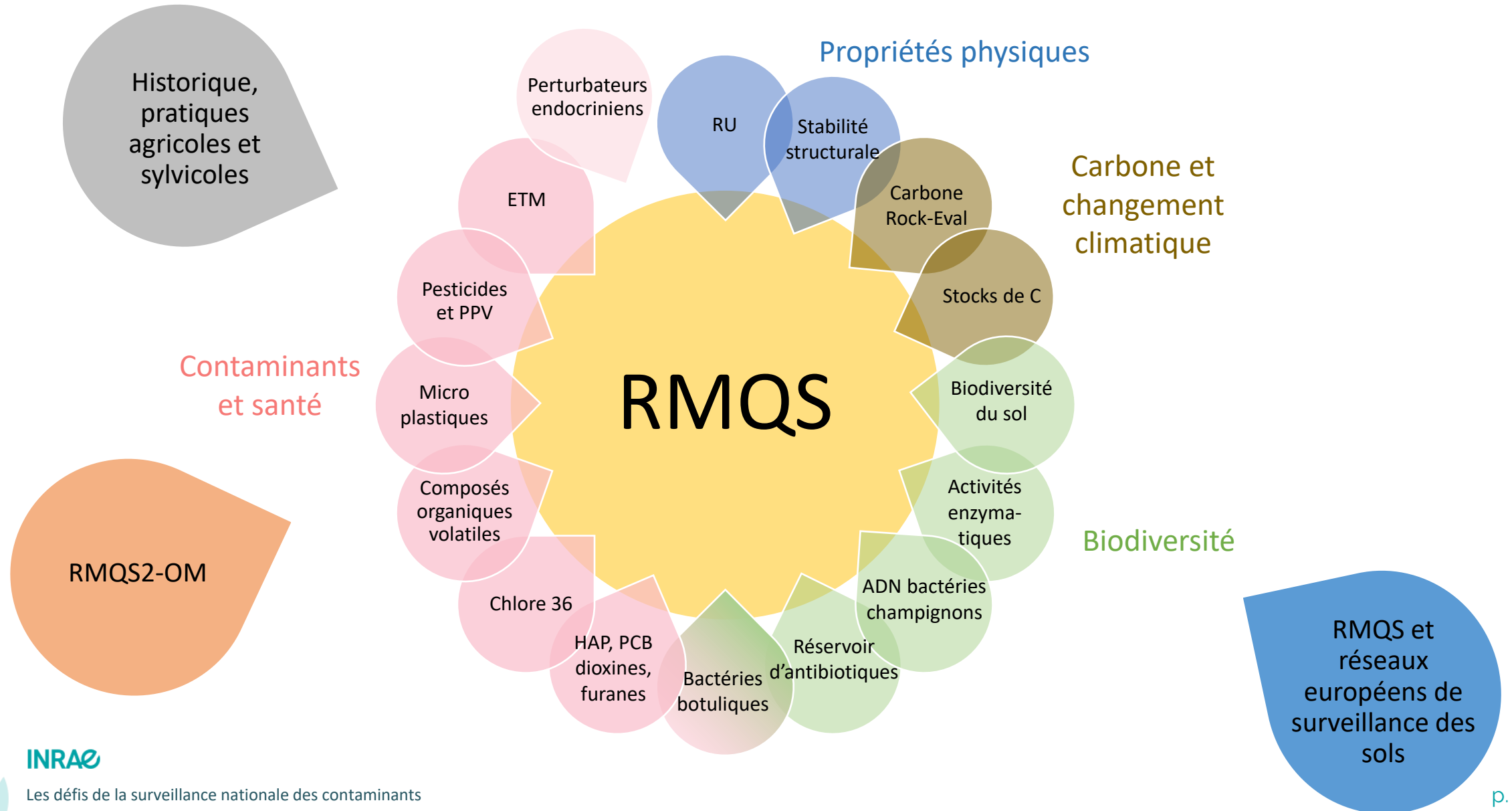
Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

A faint, white line-art graphic of a plant with several leaves is visible in the background on the left side of the slide.

➤ Les nouveaux défis : pesticides, PFAS, bisphénols et microplastiques

➤ De nombreux projets associés



➤ Les pesticides

- Les usages

- 2,7 millions de tonnes de pesticides utilisées en 2020 dans le monde
- Augmentation de 50% depuis 1990
 - ➔ France : plus gros consommateur européen avec 65 000 tonnes

- Des conséquences

- Sur la santé humaine (Cancer de la prostate aux Antilles (chlordécone), maladie de Parkinson etc.)
- Sur la biodiversité



RESEARCH ARTICLE | ECOLOGY |



Farmland practices are driving bird population decline across Europe

Stanislas Rigal , Vasilis Dakos , Hany Alonso, +47, and Vincent Devictor [Authors Info & Affiliations](#)

Edited by Ivette Perfecto, University of Michigan, Ann Arbor, MI; received September 28, 2022; accepted March 6, 2023

May 15, 2023 | 120 (21) e2216573120 | <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>

Article

Pesticide residues alter taxonomic and functional biodiversity in soils

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09991-z>

Received: 14 June 2024

J. Köninger^{1,11}, M. Labouyrie^{2,3,4,11}, C. Ballabio², O. Dulya^{5,6}, V. Mikryukov^{5,6}, F. Romero^{3,4}, A. Franco², M. Bahram^{7,8}, P. Panagos², A. Jones², L. Tedersoo^{5,9}, A. Orgiazzi^{10,12}, M. J. I. Briones^{1,12} & M. G. A. van der Heijden^{3,4,12}

➤ Des études relativement récentes

- Surveillance sur les eaux et l'air, mais qu'en est-il des sols?
 - Peu de données jusqu'en 2018 ou seulement sur des molécules déjà interdites



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

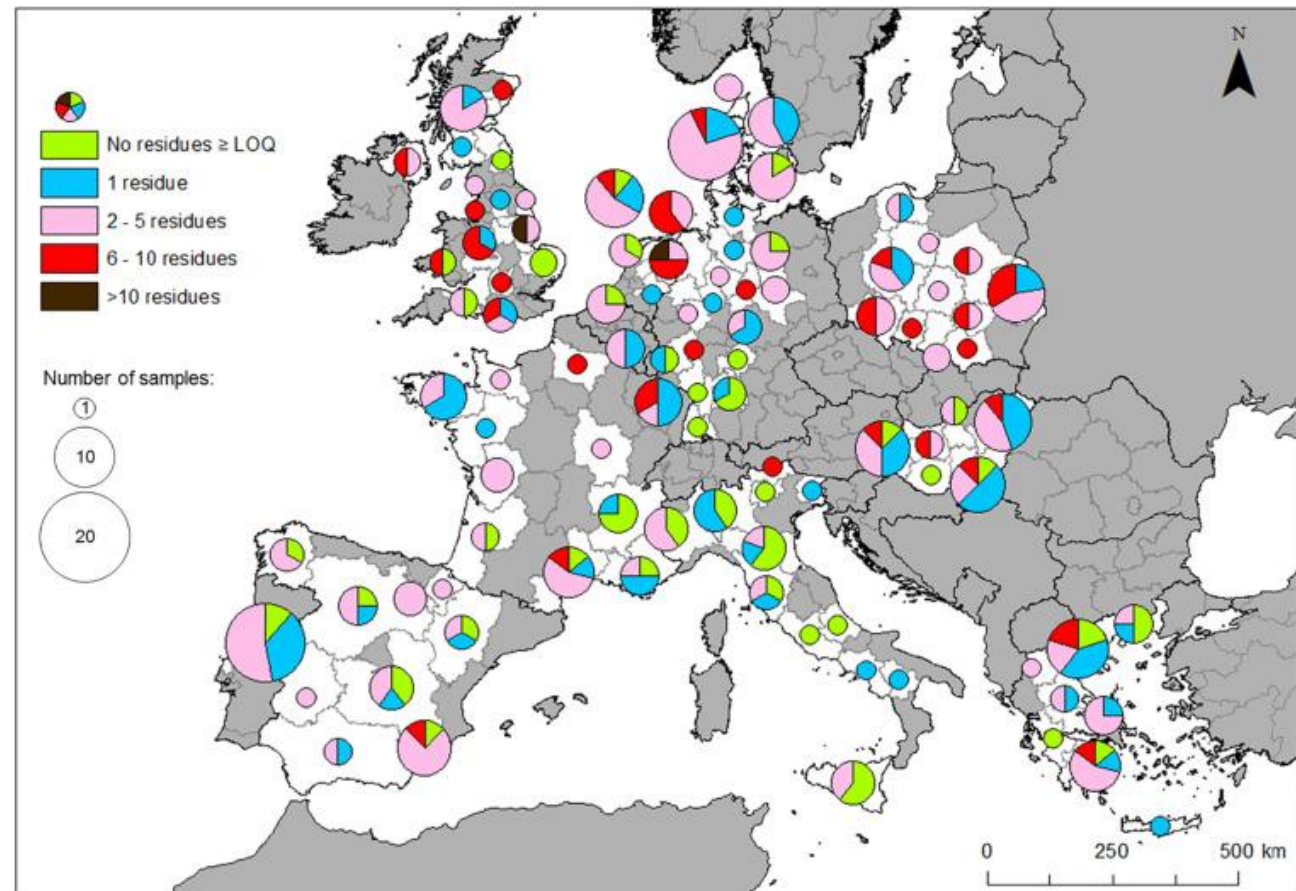
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded

Vera Silva ^{a,*}, Hans G.J. Mol ^b, Paul Zomer ^b, Marc Tienstra ^b, Coen J. Ritsema ^a, Violette Geissen ^a

2019



INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Le projet Phytosol (2019 – 2023)



Objectifs scientifiques



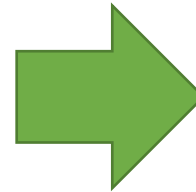
Etat des sols : nombre de substances, concentrations



Risques potentiels pour les organismes du sol



Persistance dans les sols



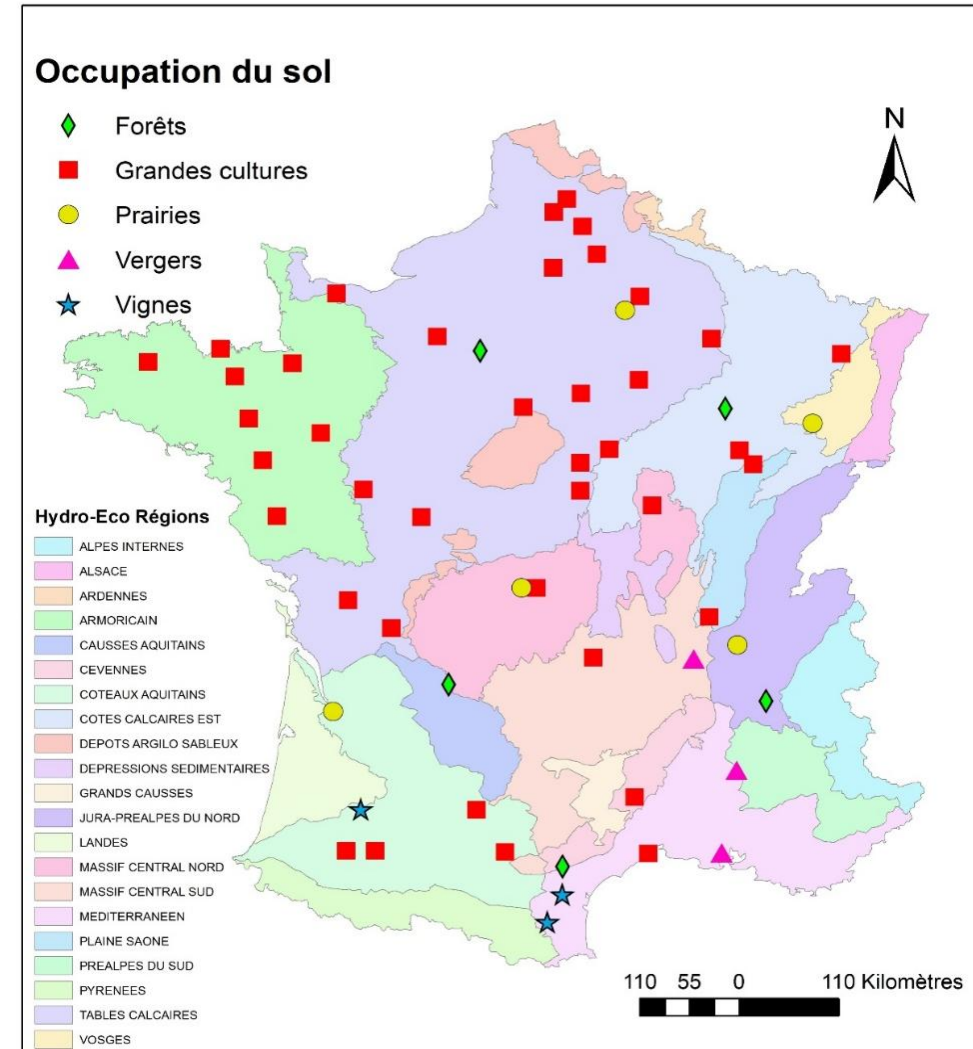
S'appuyer sur un réseau national de surveillance des sols

RMQS

Réseau de mesures
de la qualité des sols

➤ Mise en place de la campagne

- Les sites :
 - **47 sites sélectionnés** parmi les sites prévus en 2019 and 2020
 - Principalement **sols cultivés** (**grandes cultures**, **vergers** and **vignes**)
 - Des sols non traités (**forêts**, **prairies permanentes**, **friches**)
 - Profondeur : 0 – 20 cm
 - 111 molécules mesurées (1 métabolite)

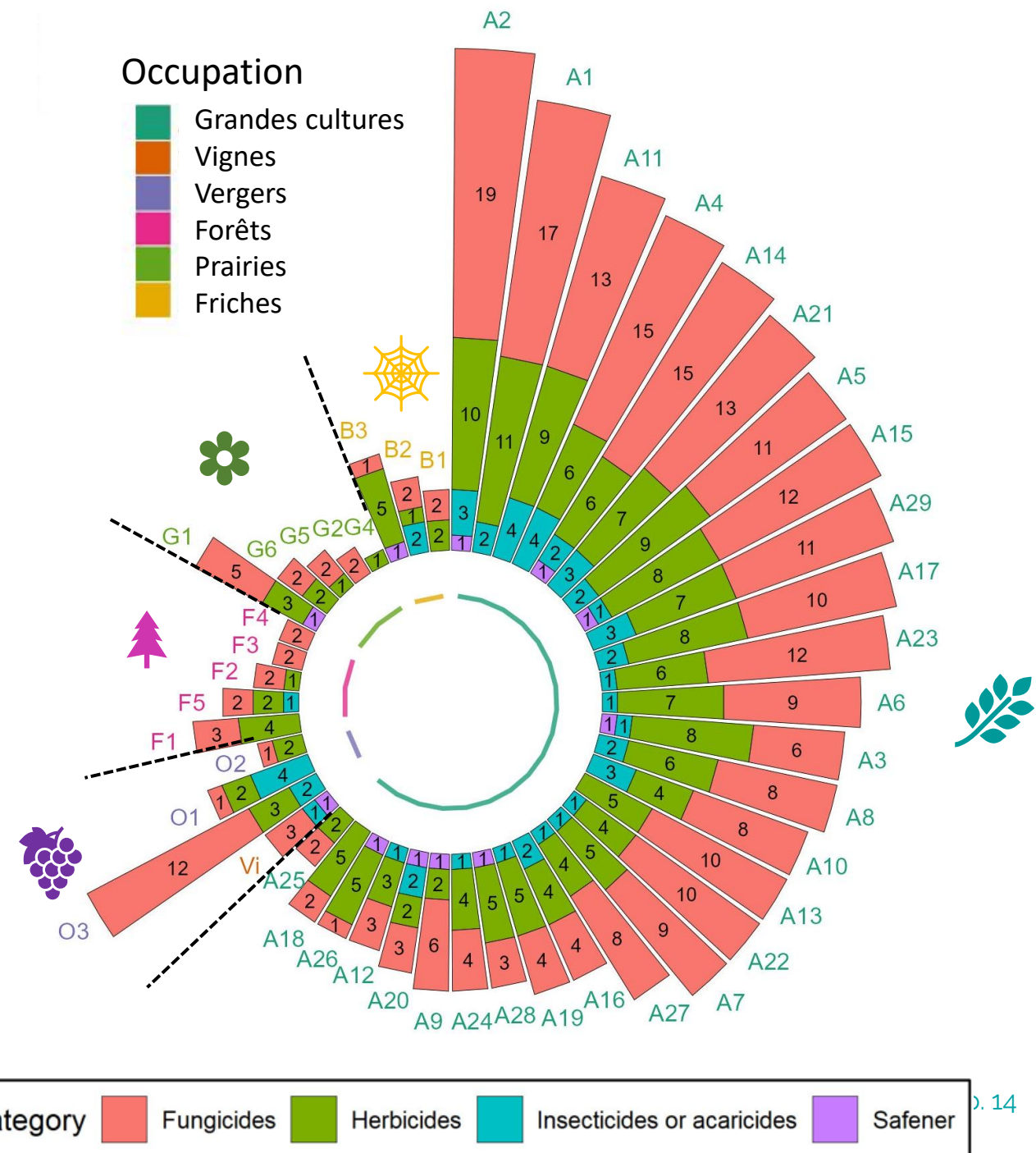


➤ Présence dans les sols

- 67 substances détectées sur les 111 mesurées (60%)
- Un seul site sans quantification (prairie longue durée > 30 ans)
- Les plus détectées : **fongicides** > **herbicides**
- 9 molécules en moyenne / 33 au maximum
- Le top 5 des substances les plus fréquentes:

Substances	Fréquence de détection
AMPA	83%
Glyphosate	70%
Fluopyram	69%
Fluxapyroxad	68%
Diflufenican	51%

SDHi probables perturbateurs endocriniens, toxiques pour le foie des poissons



➤ Quantité de pesticides

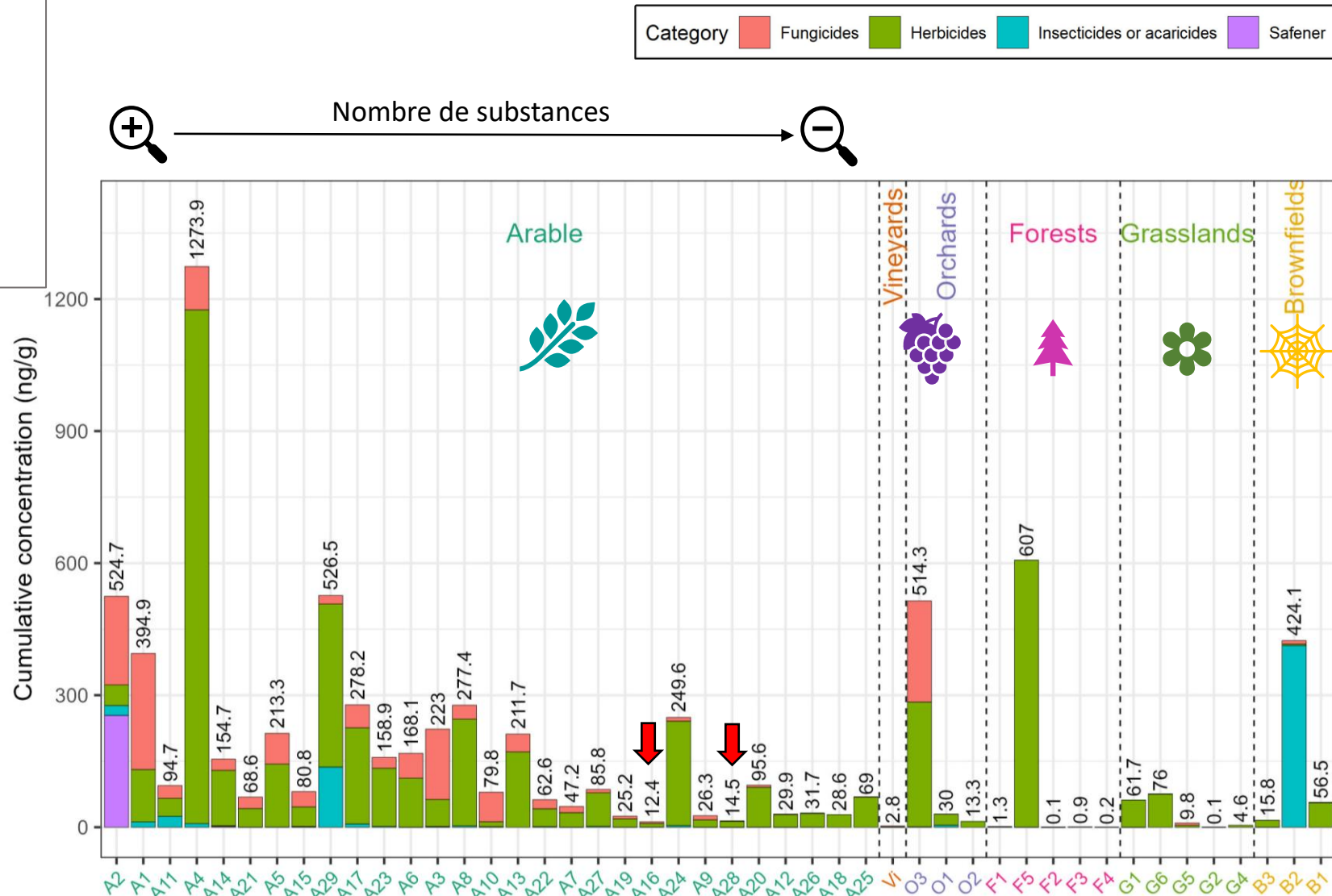
Froger et al., 2023

- Contribution majeure des herbicides en concentrations
- Glyphosate et son métabolite AMPA avec les conc. les plus hautes (~70% du total)



La quantité ne fait pas forcément la toxicité!

→ Les insecticides sont souvent toxiques à faible dose



INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Présence dans les sols

- On en trouve également dans des sols qui ne reçoivent pas (ou plus) de pesticides



2 sites en AB depuis 2 et 10 ans :

- 16 molécules différentes
- 9 et 10 substances par site



3 sites en friche depuis 2, 7 et 10 ans :

- 13 molécules différentes
- 4, 5 et 7 substances par site



5 sites en prairies :

- 13 molécules différentes
- 1 à 9 substances par site



5 sites en forêt :

- 13 molécules différentes
- 2 à 7 substances par site

➔ 32 substances différentes au total (tous sites témoins confondus)

Les plus fréquentes :

- AMPA (10)
- Fluopyram (8)
- Fluxapyroxad (6)
- Glyphosate (6)
- Diflufenican (4)

...

➤ Quels risques pour la biodiversité des sols ?

Froger et al., 2023

- Données de toxicité de chaque molécule pour les vers de terre

→ Toxicité chronique : de long terme



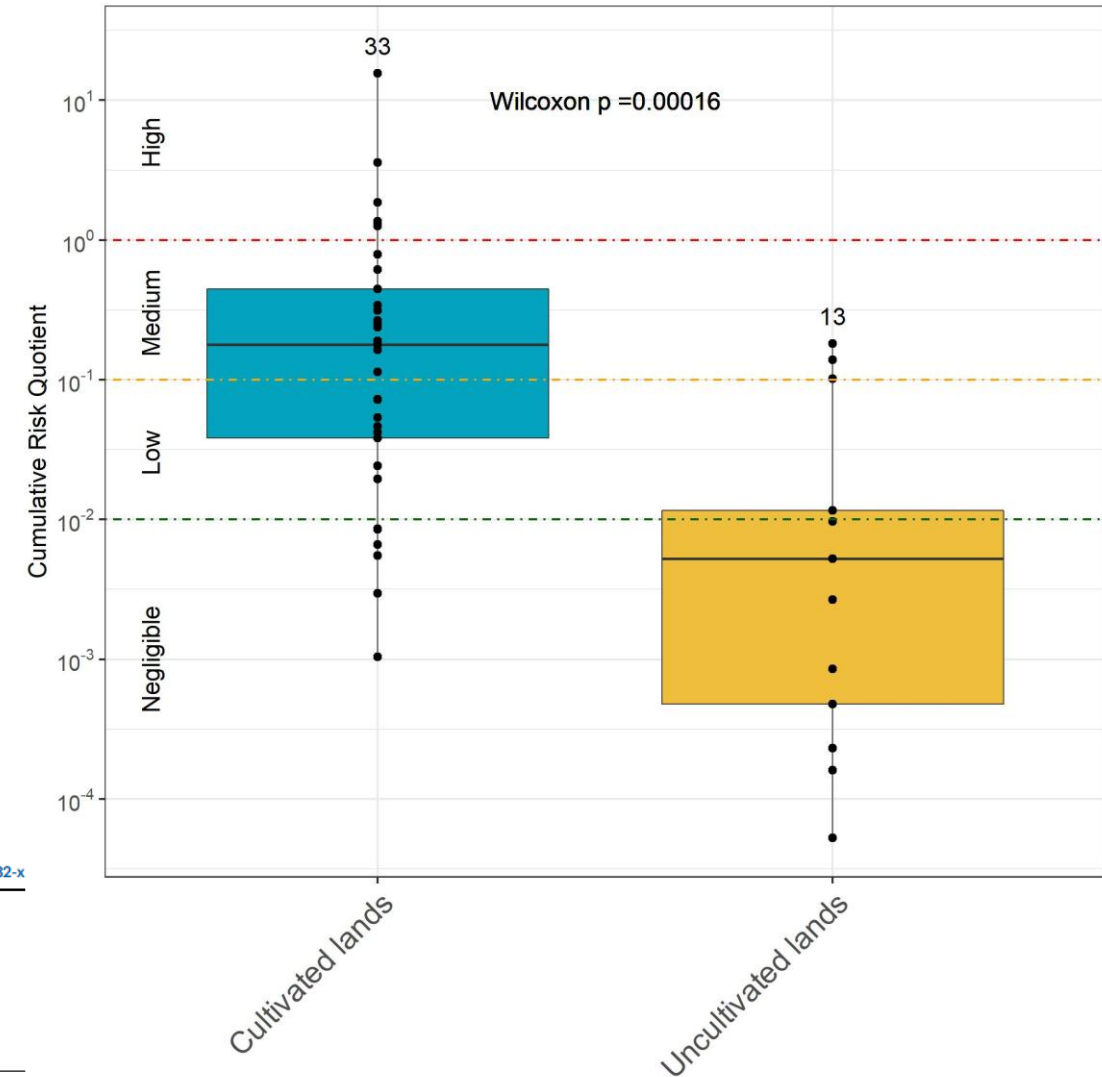
Indice de risque cumulé



- Risque modéré à haut pour les sols cultivés
- Risque faible à négligeable pour les sites témoins



*Données de toxicité acquises en laboratoire sur une espèce de vers de terre « résistante » (*E. fetida*)*
→ Quels risques pour les organismes plus sensibles?



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>

Pesticides have negative effects on non-target organisms

Received: 9 August 2023

Accepted: 28 January 2025

Published online: 13 February 2025

Nian-Feng Wan^{1,12}, Liwan Fu^{2,12}, Matteo Dainese³,
Lars Pødenphant Kiær⁴, Yue-Qing Hu⁵, Fengfei Xin⁶, Dave Goulson⁷,
Ben A. Woodcock⁸, Adam J. Vanbergen⁹, David J. Spurgeon⁸,
Siyuan Shen⁵ & Christoph Scherber^{10,11}

INRAE

Les défis de la
12/02/2026 / 1

➤ Persistance des substances

Dans les dossiers d'autorisation des pesticides

→ Tests en laboratoire et au champ pour déterminer le temps de dégradation des molécules

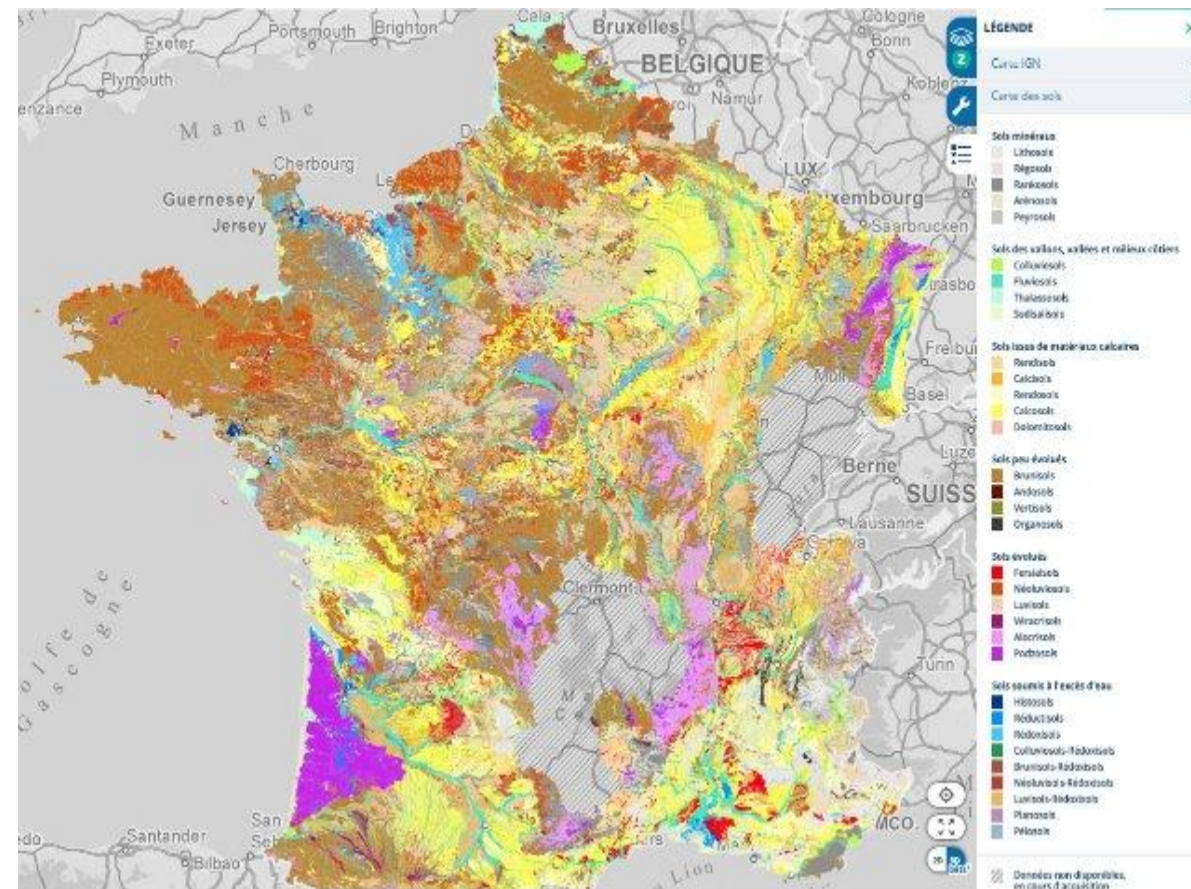


- Types de sols non représentés
- Conditions contrôlées

Le climat et les conditions météo impactent le devenir des pesticides

Pas de surveillance des pesticides jusqu'ici pour valider la dégradation réelle...

En France : grande diversité des types de sols



<https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

> Persistance des substances



Enquête sur les pratiques culturales auprès des exploitants

- Successions culturales
- Intrants et produits phytosanitaires appliqués



On va pouvoir comparer ce qui a été épandu et ce qu'on a détecté dans les sols



21 enquêtes avec phytos

- 232 applications pour 61 substances
- *36 substances détectées et appliquées*



On peut calculer la concentration qu'on devrait retrouver dans les sols au moment de notre prélèvement (PEC)... qu'on compare à ce qu'on a vraiment mesuré



- Dégradation plus lente et persistance
- Dérive des parcelles alentours

- Plusieurs substances dépassent les PEC
- Et sont retrouvées au-delà des temps de dégradation théoriques

- Tefluthrine
- Imidaclopride
- Bixafen
- Sedaxane,
- Glyphosate
- Dimoxystrobine
- Conazoles...

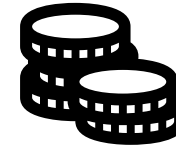


INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Conclusions de l'étude et perspectives



- **Omniprésence des pesticides dans les sols**
 - 98% des sols avec au moins 1 résidu
 - Jusqu'à 33 substances différentes
 - Y compris dans des sols de parcelles non traitées (forêts et prairies)
- **Risque non négligeable pour les vers de terre**
 - Et potentiellement plus élevé pour les organismes plus sensibles
- **Soulève des questions sur la persistance de ces composés dans l'environnement**



- **Une extension de la surveillance à tous les sites du RMQS**
 - 540 sites de 2024 à 2027 → toutes occupations confondues
 - Liste des molécules : avec des métabolites
- **Anticiper des besoins de connaissances**
 - Nouvelles molécules à chercher (métabolites inconnus, médicaments, perturbateurs endocriniens...)
 - Analyses non ciblées pour tout détecter
 - PFAS, bisphenols et phtalates en cours de mise en place pour une partie des sites

Nécessité d'une surveillance des pesticides dans les sols



INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Pesticides dans les sols

EPOC
UMR 5805

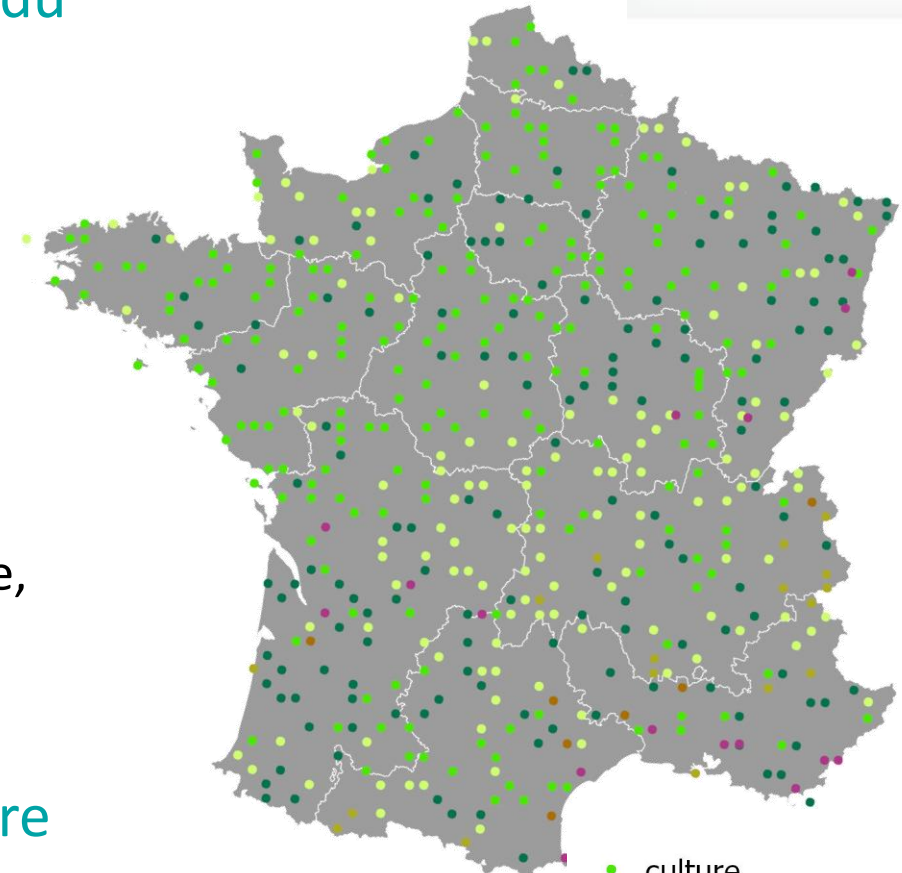
ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

- Une extension de la surveillance à tous les sites du RMQS

- 540 sites de 2024 à 2027 → toutes occupations confondues
- Liste des substances sélectionnées:
 - 224 molécules au total
 - 187 substances actives
 - 41 métabolites
 - Actuellement utilisé mais aussi interdits (atrazine, SDHI)

- Non target screening pour compléter (Laboratoire d'Analyse des Sols)

➔ Vieilles substances comme les dérivés de l'atrazine mais aussi tout ce qu'on ne connaît pas encore...



- culture
- forêt
- friches
- milieux naturels
- prairie permanente
- vigne/verger

INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants
12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

➤ Les PFAS

DÉCRYPTAGE

PFAS : la Belgique cherche des responsables dans le scandale de la contamination des eaux

La ministre wallonne de l'environnement, Céline Tellier, aurait été avertie de la présence massive de « polluants éternels » dans l'eau consommée par des milliers d'habitants.

Publié le 15 novembre 2023 à 18h06, modifié le 16 novembre 2023 à 09h16 - Jean-Pierre Stroobants



DÉCRYPTAGE

PFAS : le polluant éternel TFA contamine aussi les eaux minérales en bouteille

Le réseau Pesticide Action Network a retrouvé des niveaux élevés de TFA dans plusieurs eaux minérales, dont Vittel. Issu principalement de la dégradation de pesticides, ce polluant éternel est considéré comme une « menace planétaire » par les scientifiques.

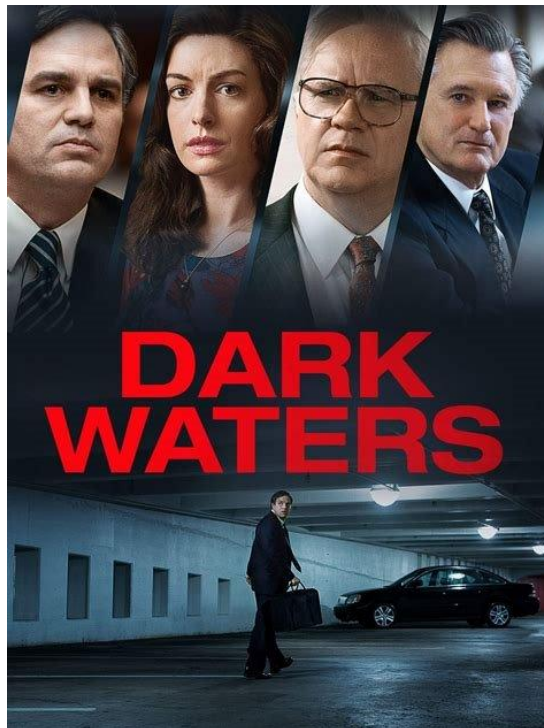
Publié le 04 décembre 2024 à 05h15, modifié le 04 décembre 2024 à 15h44 - Stéphane Foucart et Stéphane Mandard



PFAS : des restrictions de consommation de l'eau pour onze communes du Haut-Rhin

La préfecture du Haut-Rhin a pris cet arrêté en raison d'une pollution liée à l'usage passé de mousse anti-incendie contenant des polluants éternels à l'aéroport de Bâle-Mulhouse.

Publié le 25 avril 2025 à 21h45, modifié le 26 avril 2025 à 07h26



PLANÈTE • EAU

PFAS : une contamination généralisée de l'eau potable par le TFA, le plus répandu des polluants éternels

L'Anses a analysé plus de 600 prélèvements d'eau potable à travers le pays : 92 % contiennent des traces d'acide trifluoroacétique (TFA), le plus petit des PFAS, soupçonné d'être toxique pour la santé.

INRAE

Les défis de la surveillance nationale des contaminants

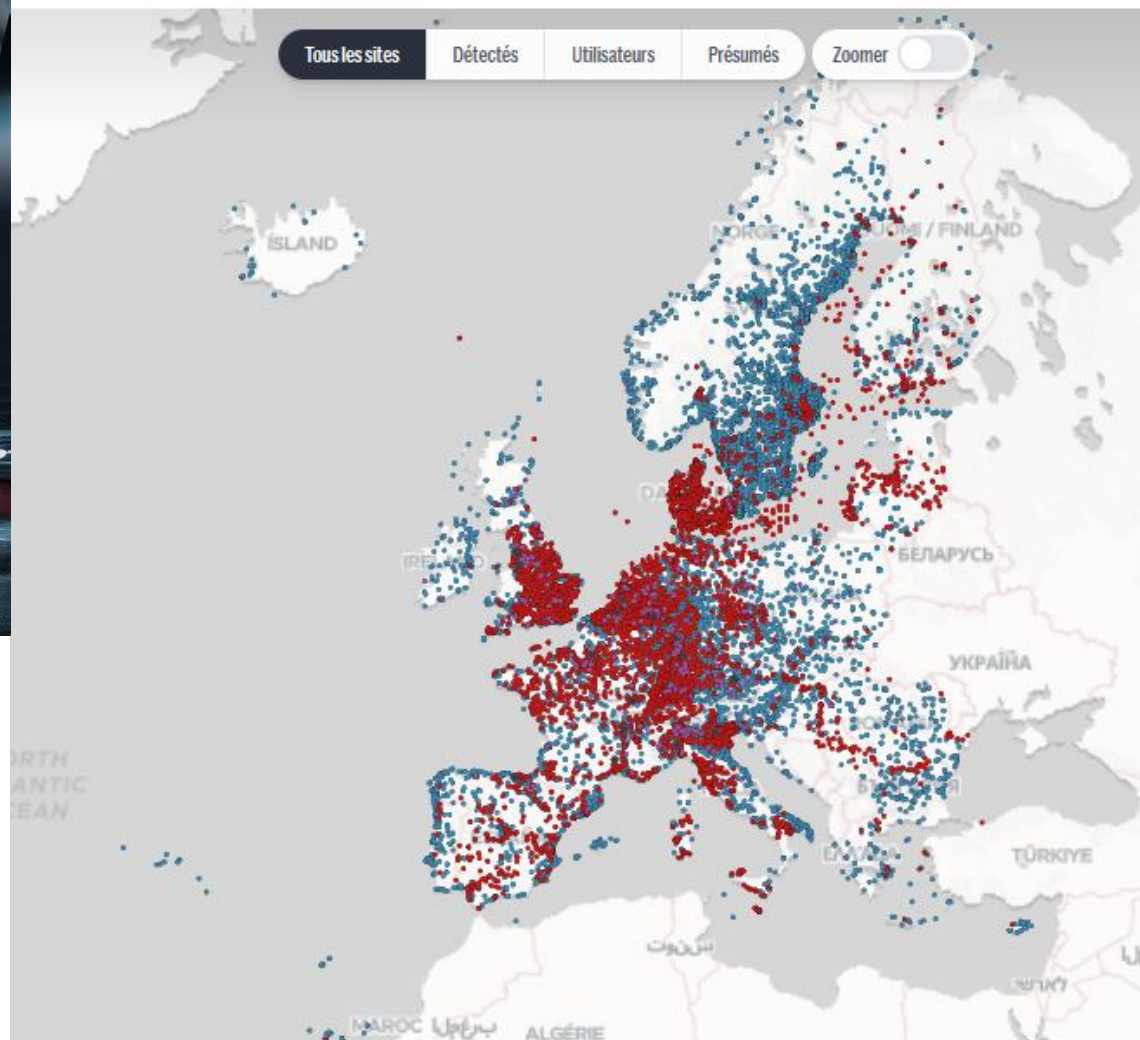
12/02/2026 / Rendez-vous RMQS

La carte de la pollution éternelle en Europe

Cette carte montre les sites de contamination aux PFAS détectée et présumée en Europe.

Activez le zoom et survolez un point pour afficher plus d'informations.

Les bloqueurs de publicité peuvent empêcher l'affichage, pensez à les désactiver.



● Contamination détectée ● Utilisateur de PFAS ● Contamination présumée ◆ Producteur de PFAS

Source : Forever Pollution Project

> Projet PFASol

Organisation

49 PFAS **Méthode TOP**

- 13 Acides carboxyliques
- 8 Acides sulfoniques
- 4 Fluorolomère sulfonates
- 7 Sulfonamides et Précurseurs du PFOS
- 6 Bétaines et assimilés
- 3 Acides carboxyliques fluorotélomères
- 2 Phosphate diesters (diPAP)
- 6 Autre

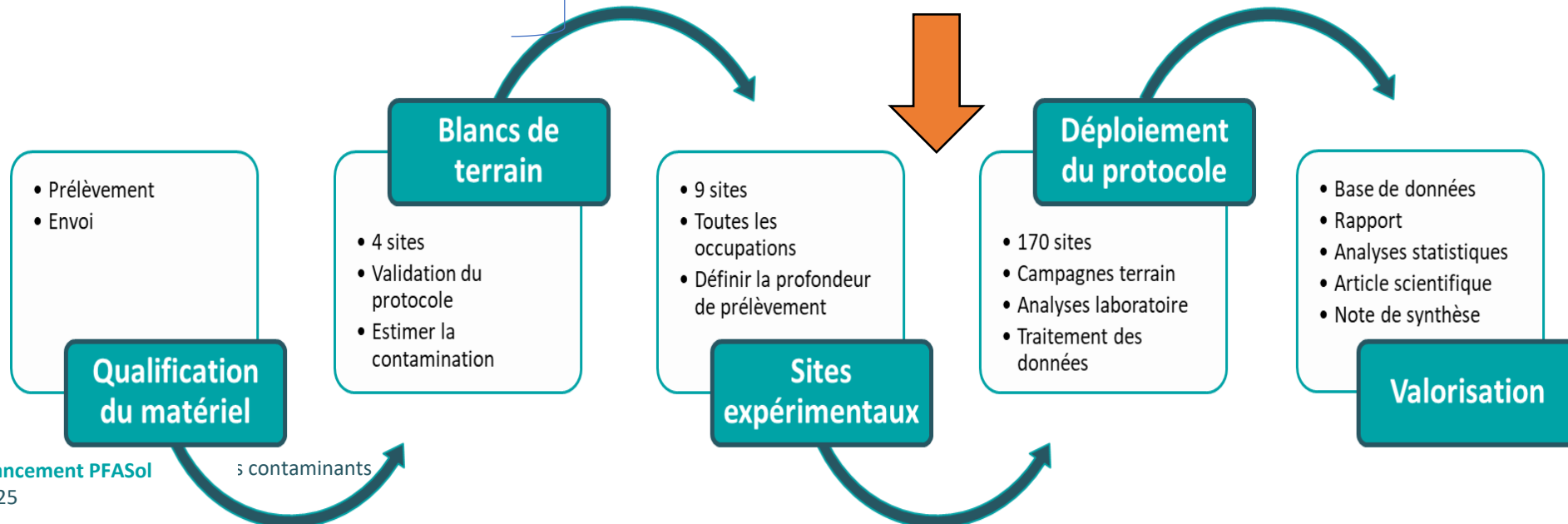
170 sites



8 Bisphénols 13 Phtalates

30 sites

→ En construction



➤ Microplastiques

Objectifs du projet :

- Établir des premières références nationales de contamination des sols français par les microplastiques
- Développer une méthode reproductible de qualification et quantification de ces microplastiques

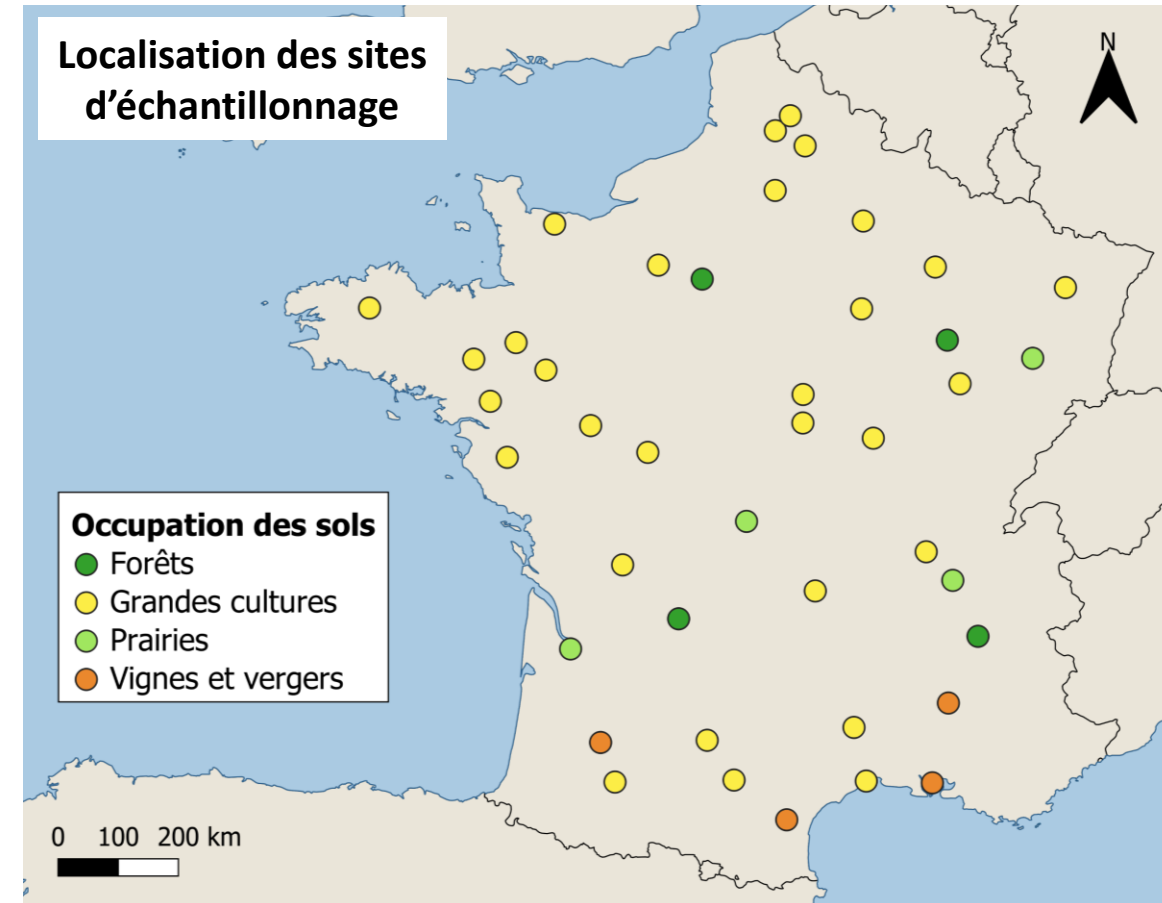
Mise en place :

- 42 sites du réseau RMQS de 2019 et 2020
- Profondeur de 0 – 20 cm
- Protocole identique (composite de 25 placettes)



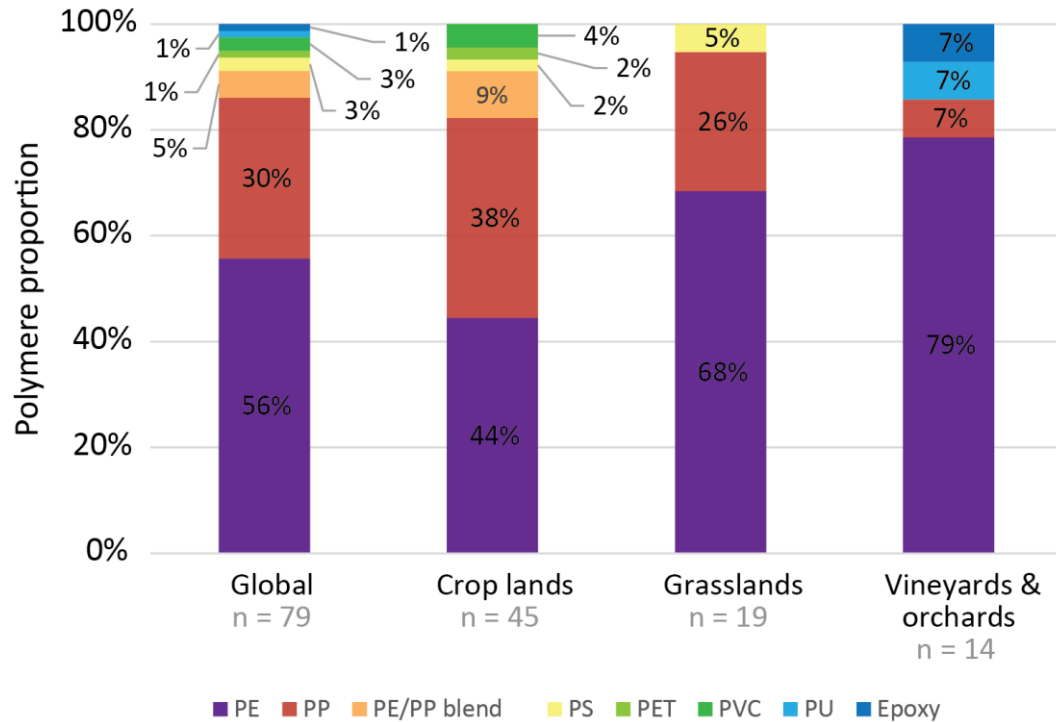
First national reference of microplastic contamination of French soils

Maïalen Palazot^a, Lata Soccalingame^a, Claire Froger^b, Claudy Jolivet^b, Antonio Bispo^b, Mikaël Kedzierski^{a,*}, Stéphane Bruzaud^a

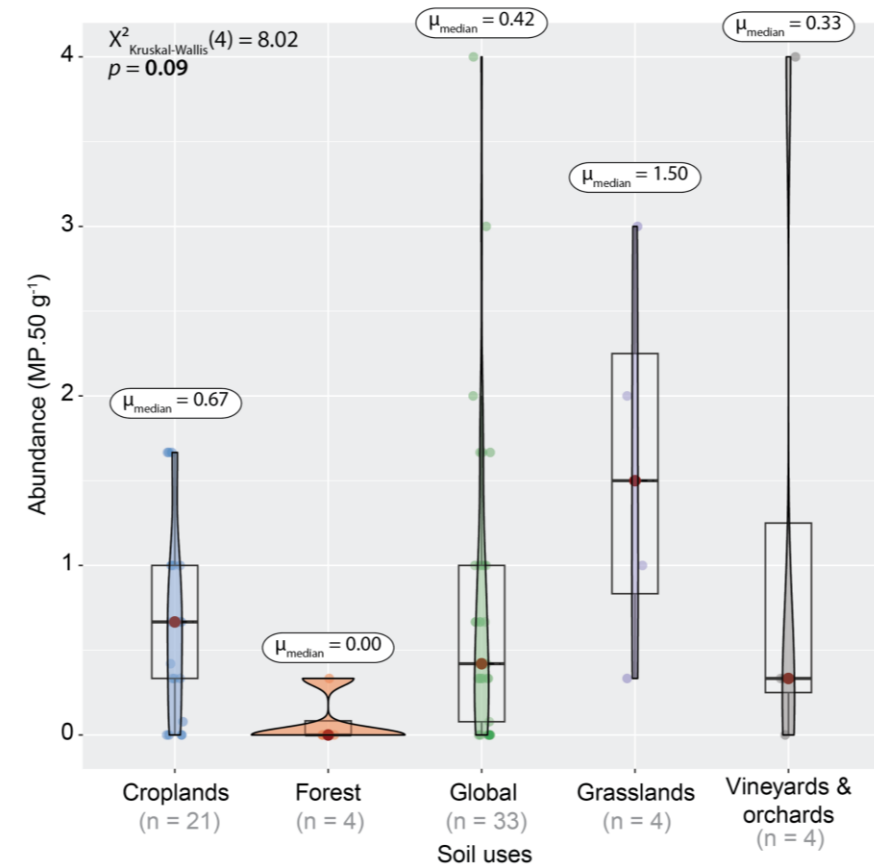


➤ Microplastiques

- 75% des sols avec des MP
- MP retrouvés dans tous les sols de prairies et dans une seule forêt
- Moyenne de 0,8 MP par 50g de sols



B)



- Surtout du polyéthylène (56%)
- Polypropylène ensuite (30%)
- En nombre de MP : 597 ± 895 MP.kg⁻¹
- En masse : 94 mg.kg⁻¹ dw

Poursuite en montage



50 à 70 sites

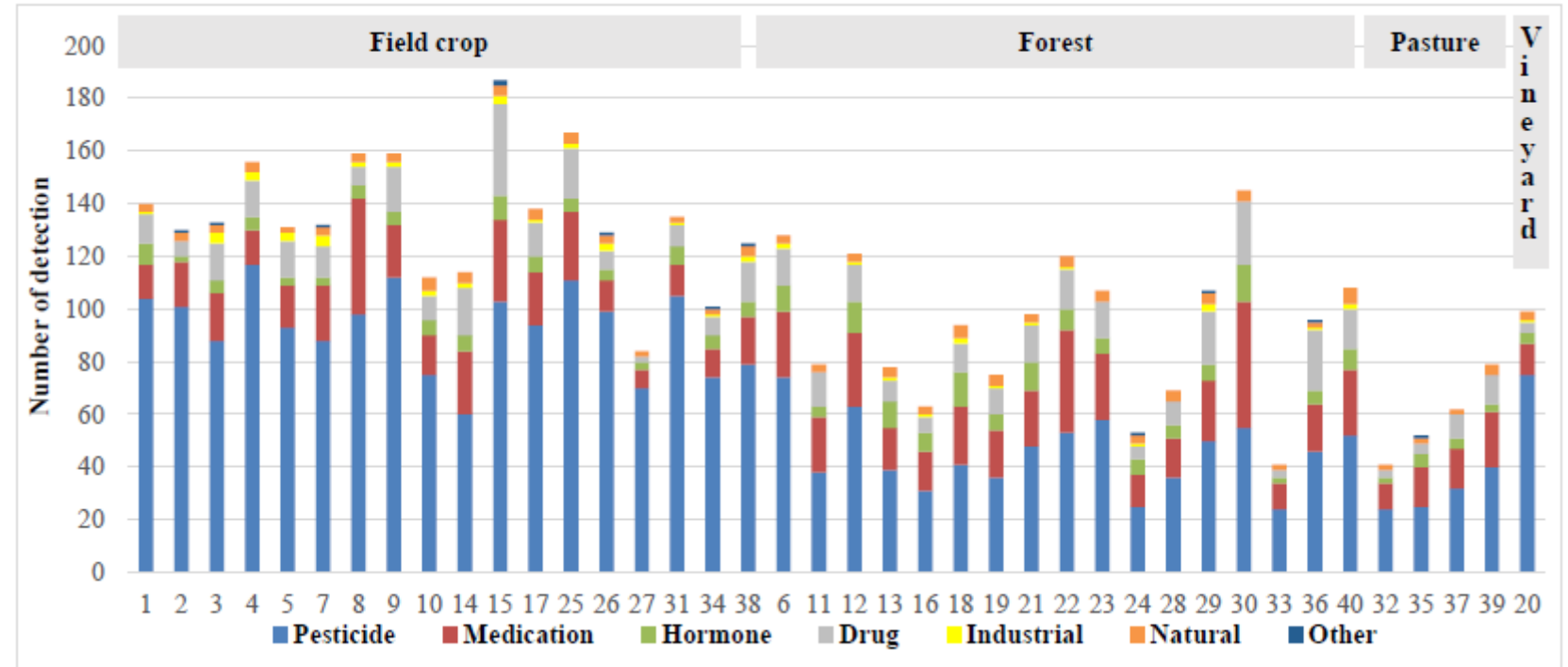
➤ Et tous les autres ?

Les avantages du non target screening

La complexité des contaminants présents dans les sols :

- Médicaments
- Hormones
- Composés chimiques industriels

Intérêt de nouvelles techniques d'analyses comme de suspect ou non-target screening pour capter plus de molécules... y compris celles que l'on ne connaît pas encore



➤ Conclusion et perspectives

• Surveillance des contaminants

- Essentiel d'intégrer les contaminants émergents

→ Apport des approches analytiques non ciblées pour anticiper les molécules non encore recherchées

- Contexte réglementaire favorable (Directive européenne)

• Aller plus loin sur les risques et l'exposition et l'approche systémique

- Multi-contamination : comment la traiter
- Transfert entre les compartiments
- Exposition de la biodiversité et des populations → des liens forts avec le RMQS- Biodiversité et l'importance des enquêtes

→ Harmonisation de la priorisation et des campagnes bioimprégnation et des mesures environnementales (ex: réseau BRAMM)

<i>Soil contamination¹⁰</i>	- concentrations of PFAS-21¹¹ or concentrations of PFAS-43¹² or selected PFAS set by Member States in accordance with article 7(3a); - concentrations of selected active substances in pesticides and their metabolites set by Member States in accordance with article 7(3a); <i>Optional:</i> <i>concentrations or presence of a selection of other emerging soil contaminants set by Member States in accordance with article 7(3a)-</i>
--	---

¹⁰ May be measured on a limited number of sampling points.

¹¹ 6:2 FTS, PFBA, PFBS, PFDA, PFDoDA, PFDoDS, PFDS, PFHpA, PFHpS, PFHxA, PFHxS, PFNA, PFNS, PFOA, PFOS, PFPeA, PFPeS, PFTTrDA, PFTTrDS, PFUnDA, PFUnDS or other 21 PFAS as available in the laboratories.

¹² PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA, PFBS, PFPeS, PFHpS, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS, PFTTrDS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTTeDA, PFOSA, N-EtFOSA, N-MeFOSA, FOSA, N-EtFOSA, N-MeFOSA, FHSAA, N-EtFHSAA, N-MeFHSAA, FHSAA, N-EtFHSAA, N-MeFHSAA, FBSA, N-EtFBSA, N-MeFBSA, FBSAA, N-EtFBSAA, N-MeFBSAA, 6:2 FTS, 8:2 FTS, 5:3 FTCA, 7:3 FTCA or other 43 PFAS as available in the laboratories.



➤ **Merci de votre attention!**

Des questions?