



HAL
open science

La BNVDs : spatialisation à l'échelle de la parcelle agricole des données d'achats des produits phytopharmaceutiques en France

Anna Lungarska, Thomas Poméon, Lovasoa Ramalanjaona, Olivier Lision, Pierre Cantelaube, Benjamin Lardot

► To cite this version:

Anna Lungarska, Thomas Poméon, Lovasoa Ramalanjaona, Olivier Lision, Pierre Cantelaube, et al.. La BNVDs : spatialisation à l'échelle de la parcelle agricole des données d'achats des produits phytopharmaceutiques en France. Environnement, Risques & Santé, 2023, 22 (S1), pp.19-26. 10.1684/ers.2023.1761 . hal-04473662

HAL Id: hal-04473662

<https://hal.inrae.fr/hal-04473662v1>

Submitted on 22 Feb 2024

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.

La BNVDs : spatialisation à l'échelle de la parcelle agricole des données d'achats des produits phytopharmaceutiques en France

ANNA LUNGARSKA
THOMAS POMÉON
LOVASOA RAMALANJAONA
OLIVIER LISION
PIERRE CANTELAUBE
BENJAMIN LARDOT

¹ INRAE
Observatoire du
développement rural
24, chemin de Borde Rouge
Auzeville
CS 52627
F- 31326 Castanet Tolosan
cedex
France
<anna.lungarska@inrae.fr>
<thomas.pomeon@inrae.fr>
<rama.lova@hotmail.fr>
<olivier.lision@inrae.fr>
<pierre.cantelaube@inrae.fr>
<benjamin.lardot@inrae.fr>

Tirés à part :
A. Lungarska

Résumé. Afin d'alimenter des études liant usage de produits phytopharmaceutiques et différents indicateurs portant sur la pollution diffuse (eau et air), la biodiversité ou la santé humaine, nous proposons une procédure de spatialisation des données d'achats desdits produits à l'échelle des parcelles agricoles en nous basant sur la réglementation cadrant leur usage. Les résultats obtenus facilitent les opérations de changement d'échelle, que l'échelle initiale des données au code postal limite fortement.

Mots clés : protection des cultures ; cartographie géographique ; exposition environnementale ; France.

Abstract

Spatialization of phytopharmaceutical products' purchases data at the scale of the agricultural plot in France

In order to facilitate future studies linking the phytopharmaceutical products and various indicators of ambient pollution (air and water), biodiversity or human health, we propose a procedure for spatializing the purchase data of these products at the scale of agricultural plots based on the legal regulation of their use. The results obtained allow an easier change of scale as opposed to the initial scale of the data.

Key words: crop protection; geographic mapping; environmental exposure ; France.

Les produits phytopharmaceutiques (PPP), appelés couramment pesticides, sont utilisés majoritairement dans l'agriculture moderne afin de protéger les végétaux des ravageurs, adventices et pathogènes. Ils contiennent une substance active (SA), qui en constitue le principe actif, et des coformulants qui en améliorent l'efficacité. Leur utilisation a connu un essor considérable depuis les années 1950, non sans poser des questions sur leur dangerosité vis-à-vis de la santé humaine [1], la biodiversité [2] mais également par rapport à la résistance développée par leurs cibles [3]. Au regard de cette dangerosité, un dispositif réglementaire associe une approbation par l'Union européenne des substances actives et une autorisation de mise en marché (AMM) d'un PPP au niveau des États

membres qui en homologuent la commercialisation et fixent des exigences réglementaires, notamment sur les conditions d'usages (cibles, doses, etc.) et la maîtrise des potentiels effets nocifs sur la santé humaine et animale ou l'environnement. Pour prouver cette innocuité, les demandeurs présentent des résultats d'essais et d'études suivant des documents guides établis par les pouvoirs publics (à l'échelle nationale et de l'Union européenne). Cependant, des AMM peuvent être retirées suite à l'identification de risques au vu de nouvelles connaissances ou de déclarations incomplètes, et la maîtrise du risque lié aux PPP fait encore largement débat.

Pour surveiller les effets indésirables, la phytopharmacovigilance couvre la contamination des milieux, l'exposition et les

Pour citer cet article : Lungarska A, Poméon T, Ramalanjaona L, Lision O, Cantelaube P, Lardot B. La BNVDs : spatialisation à l'échelle de la parcelle agricole des données d'achats des produits phytopharmaceutiques en France. *Environ Risque Santé* 2023 ; 22 (S1) : 19-26. doi : 10.1684/ers.2023.1761

impacts sur la santé et l'état des écosystèmes. Les travaux scientifiques s'appuient en grande partie sur des mesures de concentrations dans les différentes matrices biologiques ou environnementales. D'autres études¹ considèrent la proximité aux zones agricoles supposées traitées comme un proxy de l'exposition. Cependant, ce type d'information peut être enrichi en apportant des précisions sur le type de culture, les produits utilisés, les pratiques d'épandage, etc. Il existe cependant une grande diversité des PPP et pratiques d'une parcelle à l'autre, ce qui rend difficile un suivi fin dans le temps et l'espace des usages en la matière. Dans cette optique, nous proposons une spatialisation des données d'achats de PPP répertoriées dans la Banque nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés (BNV-D), en nous appuyant sur un parcellaire complet de l'agriculture française et les données d'homologation. Les données d'achats de la BNV-D sont globalement exhaustives (notamment pour les produits présentant le plus fort risque) mais leur disponibilité au code postal de l'acheteur rend complexe et incertaine une utilisation directe pour mesurer l'exposition aux PPP. Spatialiser la BNV-D permet donc d'en faciliter l'usage et de créer un référentiel commun et homogène pour différentes finalités. Dans cet article, nous détaillerons la méthodologie de cette spatialisation, les données mobilisées, les résultats et atouts de la procédure ainsi que les limites de l'approche adoptée et les perspectives qui peuvent être proposées.

Données et méthodes

La méthode de la spatialisation peut être découpée en trois grandes étapes (*figure 1*). L'étape 1 vise à constituer une couche d'occupation des sols (agricoles ou non) susceptibles de recevoir des traitements avec des PPP. Nous construisons un parcellaire fin et qui ambitionne de couvrir de manière exhaustive le territoire de la France métropolitaine. Ces usages sont regroupés dans des grandes classes de cultures selon une nomenclature compatible avec toutes les sources de données mobilisées. Des doses de traitement de référence sont ensuite établies pour chaque couple AMM/cultures cibles pour lesquels les produits sont autorisés. Dans l'étape 2, en combinant les informations sur les doses et les surfaces potentiellement traitées, un coefficient de répartition des ventes est calculé. C'est grâce à ce coefficient que les quantités achetées sont spatialisées à la parcelle et que des réaggrégations à des échelles différentes peuvent ensuite facilement être opérées (étape 3).

¹ Dites « écologiques » dans le cadre des études sur la santé humaine.

Données sur l'occupation des sols

À notre connaissance, il n'existe pas une source unique exhaustive (en termes de couverture spatiale, temporelle et de classes d'occupation du sol détaillées) de l'occupation des sols agricoles en France. Pour construire notre couche d'occupation du sol, nous mobilisons donc le Registre parcellaire graphique (RPG) qui, dans sa version dite de « Niveau 2+ », fournit non seulement la géométrie et la culture des parcelles mais également le code postal du siège de leur exploitant. Cette donnée s'avère très importante pour notre travail puisque quelque 20 % des surfaces du RPG ont un code postal siège différent du code postal de leur localisation physique. Cet écart est relativement stable selon les différents groupes de cultures et l'ignorer induirait un biais non négligeable pour la spatialisation des ventes qui sont rapportées à l'échelle du code postal siège des exploitations acheteuses.

Cependant, le RPG ne représente que les parcelles subventionnées par des aides directes de la politique agricole commune (PAC) et a donc une couverture moins exhaustive pour la viticulture, l'arboriculture, le maraîchage et l'horticulture, par opposition aux grandes cultures qui y sont très bien représentées. Pour compléter le RPG, l'unité de service de l'Observatoire du développement rural (US-ODR) [4, 5] a développé une couche dite « RPG complété » permettant de rajouter des parcelles à usage agricole absentes du RPG (en particulier en vignes, vergers et légumes). Le RPG complété est sujet à certaines limites inhérentes aux données et à la méthodologie de reconstitution statistique estimée des occupations du sol des parcelles. En outre, il ne fournit pas d'information concernant la localisation du siège des exploitants des parcelles recensées.

Données sur les doses homologuées

Les doses homologuées indiquent les valeurs maximales d'utilisation selon la législation en cours pour les PPP. Elles sont répertoriées pour l'ensemble des AMM dans le catalogue E-Phy proposé par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) et mis en accès libre via un portail dédié² ou en données libres³. Grâce aux doses homologuées, nous identifions les cultures associées aux différents PPP et effectuons une pondération qui introduit une hétérogénéité dans la spatialisation des ventes en fonction des assolements au niveau des régions et des codes postaux. Plusieurs traitements successifs sont nécessaires afin d'attribuer une dose dite de référence à chaque groupe de cultures représenté dans la couche de

² Portail catalogue E-Phy : <https://ephy.anses.fr>

³ Données libres du catalogue E-Phy : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-ouvertes-du-catalogue-e-phy-des-produits-phytopharmaceutiques-matieres-fertilisantes-et-supports-de-culture-adjuvants-produits-mixtes-et-melanges/#/information>

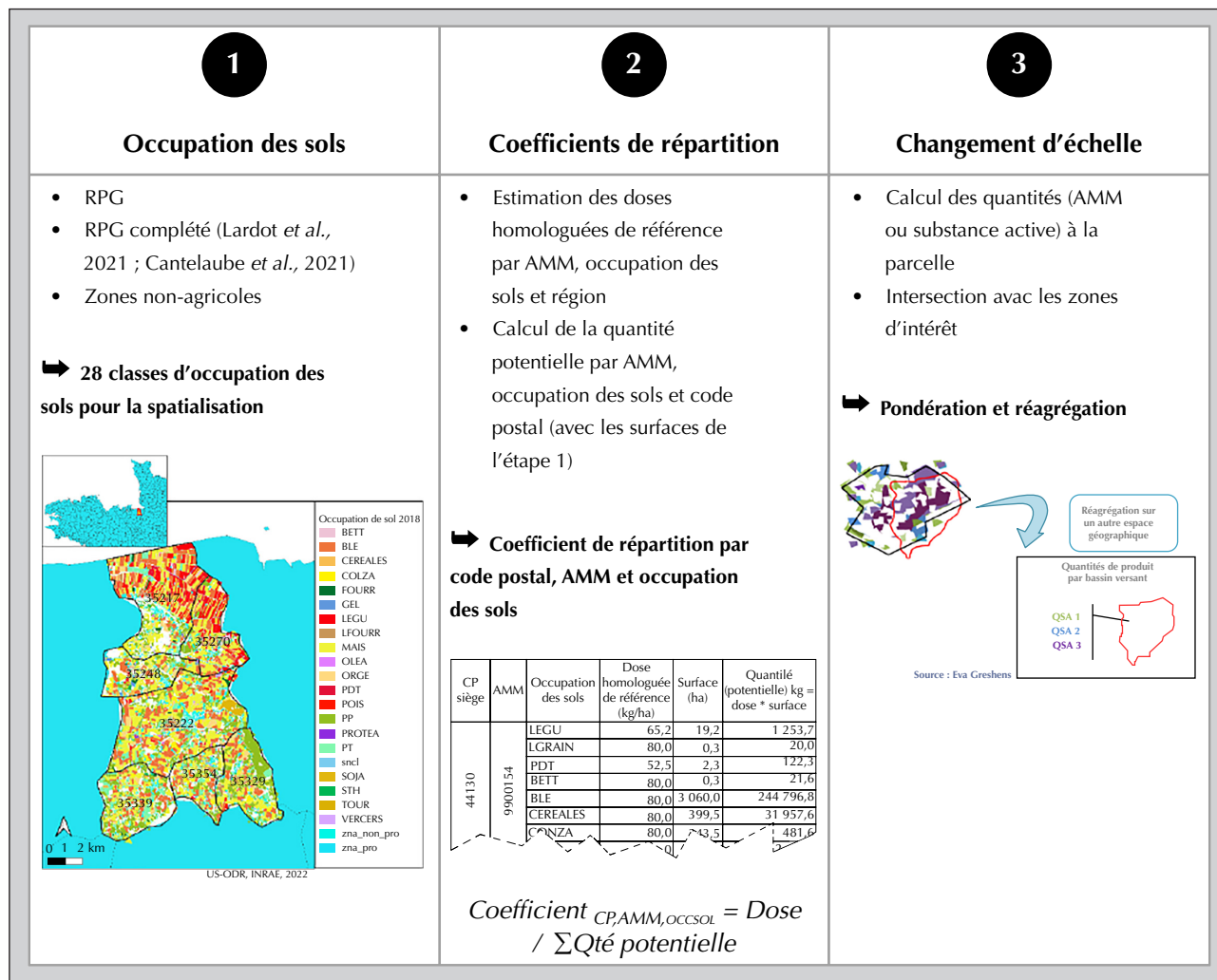


Figure 1. Étapes de la spatialisation de la BNVD.

Figure 1. Stages of spatialization of the BNVD.

l'occupation des sols. En effet, les doses homologuées sont définies sur un triplet culture-cible-bioagresseur. Une première étape dans la définition des doses de référence est l'estimation d'une dose médiane pour chaque culture (agrégation des différents usages). Par la suite et selon la surface dédiée à chacune des cultures par région au sein des différents groupes, une moyenne pondérée des doses (dite « dose de référence intermédiaire ») est attribuée aux groupes de cultures. Les surfaces prises en compte proviennent des statistiques agricoles annuelles fournies à l'échelle des régions administratives. Cette source a été retenue afin de limiter les données manquantes pour les cultures minoritaires à des échelles plus fines. Certains produits ont une dose dite de « traitements généraux » qui est autorisée indépendamment de la cible et du bioagresseur. Cette dernière dose est prise en compte en

la moyennant avec la « dose de référence intermédiaire ». Ainsi, nous obtenons la « dose de référence finale » pour chaque AMM. Ces doses peuvent s'écarter des usages réels (les agriculteurs appliquent des doses inférieures, ou plus – si dérogation ou mésusage). Néanmoins, elles permettent une répartition hétérogène des quantités entre les différents groupes de cultures et le calcul des coefficients de répartition (explicité dans la sous-section Calcul des coefficients de répartition).

La BNVD Registre

Les données de la BNVD Registre renseignent sur les ventes de PPP agrégées par année et par code postal des établissements acheteurs. Ces données couvrent des

années civiles et non les campagnes culturelles : elles ne correspondent donc pas aux usages réels faits par les agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, ces derniers peuvent réaliser des stocks ou utiliser plus que leurs achats en déstockant. Pour avoir une représentation plus « lissée » des usages, il est possible d'utiliser des moyennes pluriannuelles (triennales par exemple) pour limiter les spécificités liées à une campagne culturelle aux conditions particulières (agronomiquement) ou à des comportements économiques donnés (anticipation des achats avant interdiction d'une AMM ou augmentation de redevances, etc.)

Calcul des coefficients de répartition

Une fois la couche des occupations des sols construite et les doses de référence définies, les coefficients de répartition des ventes peuvent être calculés. Ce calcul est réalisé par AMM et par code postal acheteur en évaluant d'abord une quantité de PPP potentiellement utilisée par groupe de culture (colonne « Usage potentiel » du *tableau 1*) qui est le produit de la dose de référence et du nombre d'hectares associés.

Le coefficient de répartition est ensuite déterminé en appliquant l'équation 1.

$$\text{coefficient}_{(cp,amm,occsol)} = \frac{\text{Dose de référence}_{(amm,occsol)}}{\sum_{cp,amm,occsol} \text{Usage potentiel}_{(cp,amm,occsol)}} \quad (1)$$

En divisant par la dose de référence, nous obtenons un coefficient dont l'unité est par hectare (^{-ha}) ce qui permet d'obtenir des quantités spatialisées à l'échelle des parcelles en le multipliant par leur surface et la quantité de vente du PPP associées au code postal de leur siège. Par exemple, selon les données du *tableau 1*, le coefficient de répartition d'AMM 2000018 au sein du code postal 44130 et pour les parcelles de vignes est de :

$$\frac{16,25}{36126,17} \approx 0,0004498^{-ha}$$

L'ensemble des traitements est décrit en détail dans la note méthodologique de [6].

Résultats

En spatialisant la BNV-D, certaines quantités sont perdues à cause de différentes limitations de la méthodologie décrite ci-dessous. En effet, toutes les AMM de la BNV-D ne figurent pas dans le catalogue E-Phy. Ainsi, pour les données 2015-2020, le pourcentage des AMM de la BNV-D retrouvées dans E-Phy varie entre 95 % et 90 %. Parmi elles, 41 AMM ne sont pas spatialisables puisqu'utilisées pour le stockage de la production agricole. Par ailleurs, certains codes postaux de la BNV-D ne trouvent pas d'analogues dans les codes postaux de la couche d'occupation des sols. Il s'agit souvent de codes postaux de type Cedex. Dans ces cas et si possible, un ou plusieurs codes postaux de la couche d'occupation des sols sont attribués à ces ventes en passant par le code commune Insee associé (selon la base de données SIRENE de l'Institut national de la statistique et des études économiques [Insee]). Par ailleurs, une partie des ventes est référencée au code postal « 00000 », c'est-à-dire inconnu. En éliminant ces différentes limitations, la quantité de substances actives (QSA) spatialisée représente 95 % en variant peu selon les années.

BNV-D versus BNVDs

Pour apprécier l'impact sur la QSA totale de la procédure de spatialisation, nous réalisons une extraction de la BNV-D spatialisée (BNVDs) au code postal siège des parcelles, c'est-à-dire sans tenir compte de la localisation physique des parcelles et donc sans correction du

Tableau 1. Calcul du coefficient de répartition.

Table 1. Calculation of the distributional weights.

Code postal (cp)	AMM	Groupe Cultures (occsol)	Dose de référence	Unité	Surface (ha)	Usage potentiel
44130	2000018	BETTERAVE	7,50	kg/ha	0,27	2,03
44130	2000018	BLE	10,00	kg/ha	3 020,79	30 207,91
44130	2000018	INDUSTRIEL	8,75	kg/ha	1,75	15,31
44130	2000018	LEGUMES	7,62	kg/ha	88,89	677,08
44130	2000018	ORGE	10,00	kg/ha	509,40	5 094,00
44130	2000018	VERGERS	7,50	kg/ha	13,04	97,82
44130	2000018	VIGNES	16,25	kg/ha	1,97	32,01
				Somme	3 636,11	36 126,17

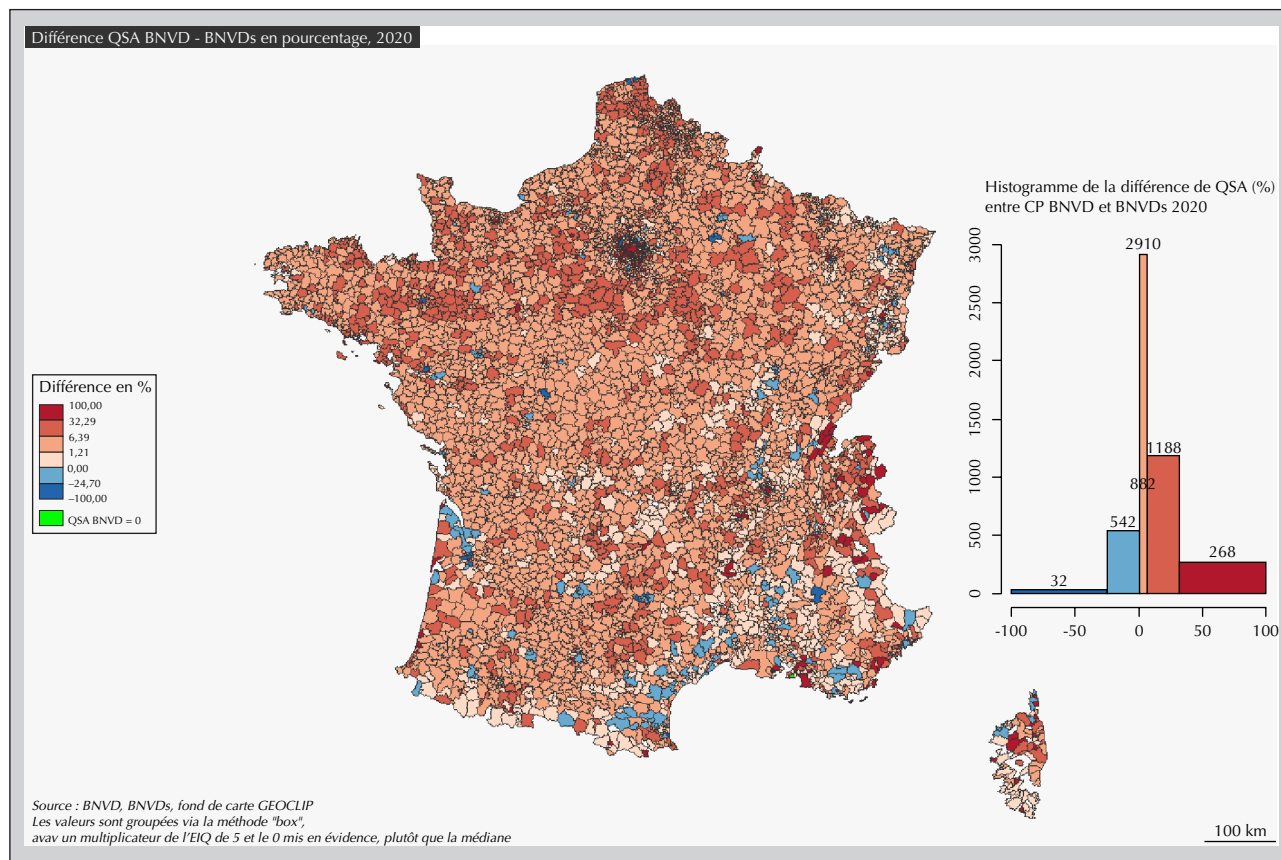


Figure 2. Comparaison des quantités de substances actives (QSA) de la BNVD et la BNVDs aux codes postaux siège (an 2020).

Figure 2. Comparison of active substances quantities for the BNVD and BNVDs at the headquarters' zip code (year 2020).

biais lié à la divergence entre code postal siège et code postal physique. Ainsi, la *figure 2* représente à l'échelle des codes postaux la différence de QSA en pourcentage entre la BNVD et la BNVDs calculée selon l'équation 2. Les polygones en rouge indiquent les zones où une partie de la QSA de la BNVD n'est pas spatialisée et est « perdue » dans la BNVDs. Les zones en bleu sont celles où la BNVDs donne des quantités supérieures à BNVD. Ce cas de figure est observé lorsque les codes postaux en question se voient affecter des quantités de PPP venant d'autres codes postaux suite à la correction pour code postal manquant dans la couche d'occupation des sols (procédé détaillé précédemment) et que ces quantités surpassent celles « perdues ». Dans la grande majorité des cas, les écarts sont dans l'intervalle [-20 %, 20 %] et pour la moitié des codes postaux les écarts sont proches de zéro. En termes de corrélation entre les deux, le coefficient de Pearson est d'approximativement 0,993.

$$\text{différence en \%} = \frac{QSA_{BNVD-D} - QSA_{BNVDs}}{QSA_{BNVD-D}} * 100 \quad (2)$$

Comparaison de la BNVDs au code postal siège et de la BNVDs au code postal physique

Nous nous intéressons maintenant à la différence entre les QSA issues de la BNVDs au code postal siège et code postal physique des parcelles. Ainsi, nous mettons de côté les quantités perdues lors de la spatialisation (environ 5 % du total, voir plus haut) et nous nous focalisons exclusivement sur l'impact de la différence entre ces deux attributs des parcelles RPG. Pour rappel, les parcelles concernées représentent quelque 20 % de la surface. La *figure 3* illustre les différences dans la QSA avec les deux méthodes avec des écarts négatifs lorsque la QSA de la BNVDs au code postal physique (avec correction du biais donc) est supérieure à celle de la BNVDs au code postal siège (échelle de la BNVD de base). Les écarts positifs et négatifs sont observables partout sur le territoire métropolitain suggérant des dynamiques locales où certains codes postaux cumulent les achats (en regroupant les sièges des exploitations qui ont des parcelles dans d'autres codes

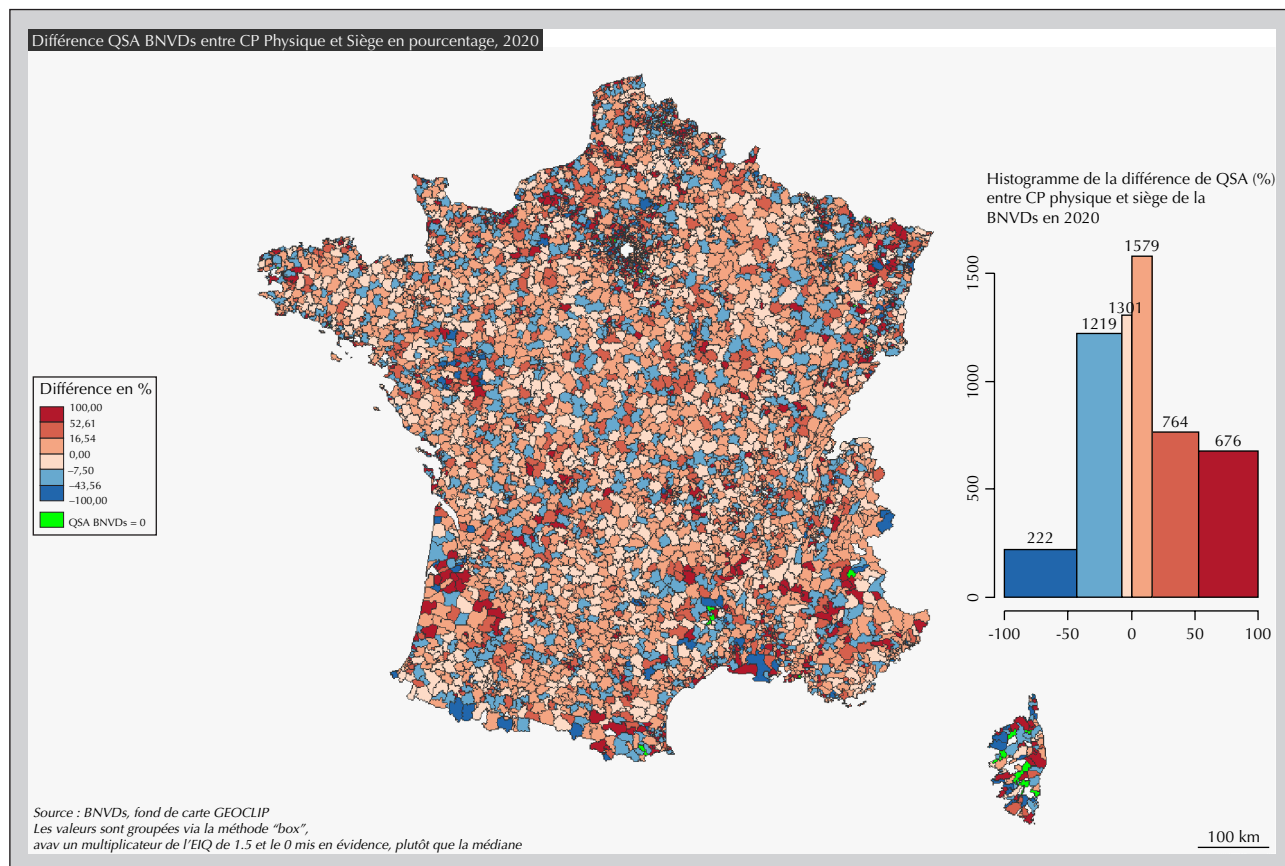


Figure 3. Comparaison des quantités de substances actives (QSA) en pourcentage de la BNVDs au code postal siège (base de la comparaison) et de la BNVDs au code postal physique (an 2020).

Figure 3. Comparison of the active substance quantities in percentage of the BNVDs at the headquarters' zip code and BNVDs at the agricultural plot's physical zip code (year 2020).

postaux) et ont donc une moindre QSA répartie sur leur territoire par la suite. Une partie de celle-ci se retrouvant sur des parcelles situées physiquement sur le territoire d'autres codes postaux.

Pour mieux comprendre les écarts entre les deux méthodes, nous ramenons les deux QSA à l'hectare de surface agricole utilisée (hors prairies et friches auxquelles nous n'attribuons pas de PPP). La différence exprimée en pourcentage par rapport au cas du code postal siège est montrée sur la *figure 4*. Ainsi, pour quelque 25 % des codes postaux étudiés, la différence est inférieure à -20 %, et pour quelque 10 % elle est supérieure à 20 %. Les 65 % restants ont un écart compris entre -20 % et 20 %. Dans l'intervalle [-10 % ; 10 %], la part de l'effectif tombe à 40 % seulement. Ces écarts soulignent l'importance des données concernant les codes postaux siège des parcelles issues du RPG pour établir un proxy spatialement plus

juste des PPP épanchés et susceptibles de se diffuser dans le milieu (eau, sol et air).

Limites et perspectives

Les principales limites de la BNVDs découlent à la fois des données disponibles et des hypothèses nécessaires pour spatialiser de manière homogène l'ensemble des PPP sur le territoire national. Ainsi, la BNV-D comme source de données des achats de PPP par les professionnels est elle-même sujette à des critiques par rapport au fait que les achats ne représentent pas forcément les usages en une année donnée avec la possibilité pour les agriculteurs de faire des stocks. La préconisation généralement faite

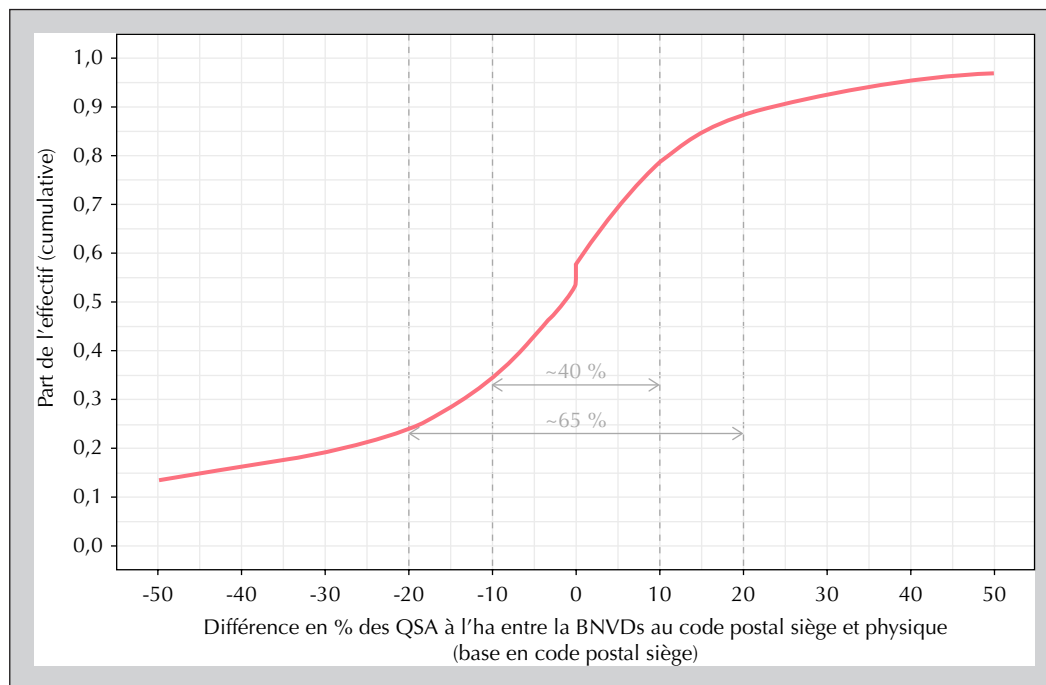


Figure 4. Part (cumulative) de l'effectif des codes postaux et différences entre quantité de substances actives (QSA) à l'hectare de surface agricole utilisée.

Figure 4. Share (cumulative) of the number of zip codes with respect to the difference between the quantity of active substances per ha of utilized agricultural area.

face à cette limitation est de baser les analyses sur des moyennes glissantes triennales.

Une autre limite de notre approche est l'absence de traitement spécifique pour les surfaces en agriculture biologique sur lesquelles l'utilisation des PPP est restreinte. Cette information n'est pour l'instant accessible que par le biais du RPG et donc non-exhaustive selon la couverture du registre (moindre pour les vignes, vergers et maraîchage). Ainsi, la prise en compte de cette donnée pourrait introduire un biais selon la spécialisation des territoires. Par exemple, si le territoire d'intérêt est quasi exclusivement dédié aux grandes cultures, la couche « bio » issue du RPG aurait une bonne couverture. L'amélioration de la spatialisation dans ce sens serait possible si les informations sur les périmètres de l'ensemble des parcelles « bio » deviennent accessibles.

Des améliorations pourraient aussi être apportées en intégrant des informations sur les pratiques agricoles [7]. En effet, notre approche réglementaire suppose des usages (cultures impactées et doses associées) qui sont probablement différents des vraies pratiques des agriculteurs. Malheureusement, les données sur ces dernières ne sont exploitables qu'à des échelles régionales et les enquêtes les alimentant ne sont pas conduites chaque année. De plus, comme constaté dans le rapport d'information

de l'Assemblée nationale⁴ sur le suivi de la stratégie de sortie du glyphosate, en extrapolant les déclarations faites dans les enquêtes pratiques culturales du ministère chargé de l'Agriculture, on retrouve seulement 50 % des volumes commercialisés selon la BNV-D. Dans ce sens, la spatialisation de la BNV-D pourrait aiguiller l'action publique de contrôle des usages en identifiant des zones d'incohérences entre les achats et les déclarations des agriculteurs (potentiellement minimisant les doses ou omettant certains produits) par la confrontation aux occupations de sol susceptibles de les recevoir. Ceci permettrait une meilleure efficacité des interventions sur le terrain.

La procédure de spatialisation repose sur plusieurs hypothèses à l'égard desquelles des précautions sont de mise. Cependant, à notre connaissance, c'est la procédure d'association des achats répertoriés dans la BNV-D à l'occupation des sols la plus aboutie et exhaustive. La finesse de la donnée parcellaire, qui est la base de la méthodologie, permet le changement d'échelles entre les données sources et les périmètres d'intérêt (aire de captage, zone de tampon autour du domicile, masses

⁴ Rapport d'information, déposé en application de l'article 145 du Règlement par la mission d'information commune sur le suivi de la stratégie de sortie du glyphosate et présenté par Jean-Luc Fugit et Jean-Baptiste Moreau, rapporteurs, députés. Accédé le 16/05/2023 via le lien : <https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/opedata/RINFANR5L15B2406.html>

d'eau, etc.). Des futures variantes de ce premier produit sont étudiées notamment en intégrant des données sur les pratiques (y compris l'agriculture biologique) à l'échelle nationale ou territoriale selon la disponibilité des données nécessaires. Des améliorations de la couche RPG complétée sont également en développement. Afin de pouvoir suivre ces évolutions, une page dédiée sur la plateforme de l'Observatoire du développement rural (unité de service de l'Institut national de la recherche agronomique

[Inrae]) est proposée à l'adresse suivante : https://odr.inrae.fr/intranet/carto_joomla/index.php/reseaux/reseau-sdc-sdp/pdt-phyto. ■

Remerciements et autres mentions

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Inserm. *Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données*. Collection Expertise collective. Montrouge : EDP Sciences, 2021.
2. Mamy L, Pesce S, Sanchez W, et al. *Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques*. Rapport de l'expertise scientifique collective. Inrae, Ifremer, 2022 : 1408.
3. Hawkins NJ, Bass C, Dixon A, Neve P. The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biol Rev* 2019 ; 94 : 135-55.
4. Cantelaube P, Lardot B. *Construction d'une base de données géographiques à échelle fine exhaustive sur l'occupation agricole du sol : Le « RPG complété ». Partie 2 : Attribution des cultures aux parcelles susceptibles d'accueillir les surfaces agricoles hors RPG*. Note méthodologique. US ODR, INRAE, 2021.
5. Lardot B, Cantelaube P, Carles M, Séard C, Truche C, Poméon T. *Construction d'une base de données géographiques exhaustive à échelle fine sur l'occupation agricole du sol : Le « RPG complété ». Partie 1 : Production de la couche géographique des parcelles susceptibles d'accueillir les surfaces agricoles hors RPG*. Note méthodologique. US ODR, INRAE, 2021.
6. Ramalanjaona L, Poméon T, Martin P, et al. *Mise à jour du calcul des coefficients de répartition spatiale des données de la BNVd*. Note méthodologique. US ODR, INRAE, 2020.
7. Martin P, Ramalanjaona L, Truche C, Ballot R, Carozzi M, Pomeon T. Modelling the spatialisation of pesticide sales to monitor environmental policies in France. *J Clean Prod* 2023 ; 403 : 136880.