

Document d'études

direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques

Numéro 211

Juillet 2017

Enquête sur les chantiers de désamiantage

Résultats et enjeux
méthodologiques

Karim MOUSSALLAM (Dares)

Résumé

L'enquête conduite par la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) et la Direction générale du travail (DGT) sur les chantiers de désamiantage a été réalisée en mai 2016. Elle a pour objectif de dénombrer ces chantiers déclarés en 2015, ainsi que d'en décrire les principales caractéristiques. Malgré la taille réduite de l'univers du sondage, constitué d'environ 250 unités de contrôle de l'inspection du travail, et l'échantillonnage limité à 60 unités, les résultats obtenus se sont avérés exploitables, selon les indicateurs de précision calculés. Ce diagnostic est conforté par le fait que le nombre de chantiers ainsi estimé (25 000) est proche des évaluations calculées auparavant par la DGT. Au delà de ce résultat, l'enquête a permis une analyse suffisamment détaillée de la nature des chantiers. La méthode employée paraît produire des résultats utiles, pour un coût de collecte réduit par l'échantillonnage et en dépit de quelques écarts à la rigueur statistique.

Ce document présente dans une première partie les principaux résultats de l'enquête. La deuxième partie détaille la méthodologie employée, comme retour d'expérience sur le montage et l'exploitation de cette enquête particulière par la taille réduite de la population ciblée, par le fait que la principale variable d'intérêt était partiellement connue sur une partie de la population et enfin par un tirage guidé par le souci d'alléger la charge d'enquête.

Mots-clés : chantiers de désamiantage, tirage à deux degrés, unités de contrôle de l'inspection du travail

Table des matières

I	Résultats de l'enquête	5
I.1	Introduction	5
I.2	Estimation du nombre de chantiers de désamiantage	6
I.3	Estimations pour les caractéristiques des chantiers	8
I.3.1	Nature des ouvrages concernés	9
I.3.2	Nature des travaux	9
I.3.3	Matériaux concernés	9
I.3.4	Localisation dans l'ouvrage	9
II	Méthodologie	10
II.1	Les unités échantillonnées	10
II.2	Le plan de sondage retenu pour les unités de contrôle	10
II.3	Résumé du plan de sondage des unités de contrôle	12
II.4	Echantillon tiré	12
II.5	Le plan de sondage des chantiers	13
II.6	Taux de réponse à l'enquête	13
Annexes		
Annexe A	Questionnaire	13
Annexe B	Enumération de l'échantillon tiré	17
Annexe C	Compléments méthodologiques sur le plan de sondage	20
C.1	Nombre de chantiers utilisé comme information auxiliaire du sondage	20
C.2	Facteurs explicatifs du nombre de chantiers de désamiantage	23
C.3	Comparaison de tirages	26
Annexe D	Choix de l'estimateur et calculs de précision	27
D.1	Notations	27
D.2	Formules d'estimation	27
D.3	Linéarisations	31
D.4	Récapitulatif de l'estimateur de variance	31
D.5	Estimation du nombre de chantiers	32
D.6	Estimations de caractéristiques des chantiers	32

Chapitre I Résultats de l'enquête

I.1 Introduction

L'amiante : un matériau très utilisé de 1960 à 1990 dans le bâtiment et les travaux publics

Pendant les années 1960 à 1990, l'amiante a été utilisé de façon intensive dans le bâtiment et les travaux publics (BTP), mais également dans d'autres secteurs (tels que la construction navale) en raison de ses propriétés de résistance à la chaleur, d'isolation thermique ou phonique associées à de bonnes performances mécaniques et à un faible coût. Interdit en France depuis 1997, l'amiante reste aujourd'hui présent dans de nombreux bâtiments ainsi que dans des immeubles non bâtis (enrobés routiers, canalisations enterrées...), installations industrielles (centrales de production électrique), matériels de transport ferroviaire et autres articles (aéronefs, navires...). La structure du parc des bâtiments montre que la grande majorité a été construite avant 1997. La probabilité de rencontrer de l'amiante lors de travaux dans le parc résidentiel construit dans le début de la seconde moitié du XX^{ème} siècle (1950-1980) est élevée (1 bâtiment sur 2 en général). Si, dans les années qui ont suivi l'interdiction de l'amiante, les travaux de retrait ou d'encapsulation d'amiante concernaient essentiellement les flocages, calorifugeages et faux-plafonds, progressivement ils se sont élargis au cours des années 2000 à :

- des matériaux tels que l'amiante-ciment (plaques de toitures, canalisations intérieures et extérieures), les produits de sols (colles et dalles vinyl-amiante), en général dans le cadre d'opérations de rénovation urbaine ;
- des secteurs d'activité autres que le seul bâtiment (génie civil, matériel roulant ferroviaire, installations industrielles, navires, ...).

Une réglementation fondée sur des données scientifiques et techniques

L'évolution de la connaissance sur les risques liés à l'inhalation des fibres d'amiante a conduit à la refonte de la réglementation par le décret du 4 mai 2012 et à l'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle à 10 F/l (fibres par litre), mesuré par microscopie électronique à transmission analytique (META), incluant les fibres fines et longues d'amiante, ce qui fait de la réglementation française la plus protectrice de l'Union européenne. Un chantier réglementaire a également été annoncé pour 2018 afin d'intégrer les résultats d'études récentes ou en cours afin d'assurer une meilleure protection des travailleurs. En parallèle, un décret sur le repérage avant travaux de l'amiante, en cours de finalisation, prévoit de définir des obligations adaptées aux différents domaines d'activité concernés (immeubles bâtis, installations, navires...).

L'effectivité de la réglementation par un meilleur ciblage des contrôles du système d'inspection du travail

L'amiante est une priorité du Ministère chargé du travail qui a fait évoluer son organisation dans le cadre de la réforme de l'inspection du travail pour améliorer la prise en charge du risque amiante notamment avec la mise en place des réseaux régionaux des risques particuliers.

Dans ce contexte, une connaissance plus fine des typologies des travaux de retrait ou d'encapsulation à partir de l'exploitation des plans de démolition, de retrait ou d'encapsulation (PDRE) de l'année 2015 est apparue indispensable afin :

- d'évaluer l'importance relative des travaux les plus empoussiérants ;
- d'estimer les domaines d'activité et les types de matériaux concernés ;
- de renforcer en conséquence les dispositions réglementaires ;
- de cibler les actions de contrôle du système d'inspection du travail ;
- d'organiser le pilotage de son action.

Les travaux effectués sur des bâtiments de permis de construire antérieur doivent faire l'objet d'un rapport de repérage. Ensuite le chantier de confinement ou de retrait de l'amiante doit faire l'objet d'un plan de retrait transmis à l'inspection du travail un mois auparavant.

L'objectif principal de l'enquête est de mesurer le nombre de chantiers de désamiantage enregistrés en 2015 par les unités de contrôle (UC) de l'inspection du travail. Pour limiter la charge d'enquête, les unités de contrôle sont échantillonnées. La taille de cet échantillon est de 60 UC. Les unités de contrôle sont tirées aléatoirement de manière à fournir les résultats les plus précis possibles sous cette contrainte de taille. Chaque unité est interrogée seulement sur les 10 derniers chantiers de la période de 12 mois précédant le mois de référence qui lui est attribué aléatoirement. Le questionnaire figure en [Annexe A](#).

Grâce à l'effort de relance, la non-réponse a été limitée à 3 unités ([II.6](#)). Cependant, certaines unités de contrôle répondantes ont omis de renseigner certaines questions, notamment sur la quantité de matières concernées.

Le projet d'enquête a été lancé mi-décembre 2015. La collecte s'est déroulée d'avril à juin 2016. Les dernières estimations et la communication aux répondants ont eu lieu début octobre 2016.

Les principaux contributeurs sont, pour la Dares : S. Guillaume, C. Lagarenne, D. Le-Ninivin, S. Mas et K. Moussallam, et pour la DGT : S. Lesterpt et V. Tiano.

I.2 Estimation du nombre de chantiers de désamiantage

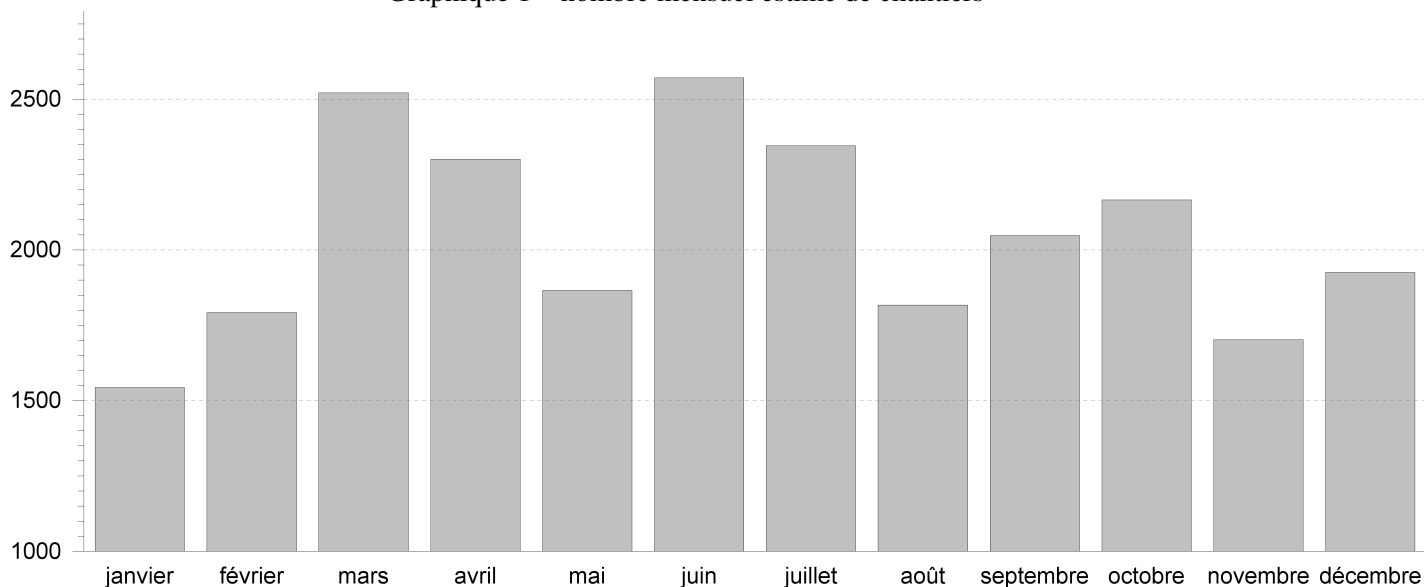
Le nombre de chantiers de désamiantage déclarés à l'inspection du travail en 2015 est estimé par l'enquête à 25 000. Le coefficient de variation est de 7% ¹. La qualité de cette estimation paraît correcte, malgré la petite taille de l'échantillon ². Cette précision bénéficie du bon taux de réponse des unités. De plus, le taux de sondage de celles-ci est assez élevé ($60 / 225 \cong 27\%$).

1. Il mesure l'incertitude autour de l'estimation, due à l'échantillonnage et à la non-réponse.

2. En première approximation et sans non-réponse, le coefficient de variation (CV) de l'estimateur d'un total est égal à celui de la variable divisé par la racine carrée de la taille de l'échantillon.

La ventilation mensuelle du nombre estimé de chantiers déclarés en 2015 suggère que celui-ci est plus bas en janvier (Graphique 1).

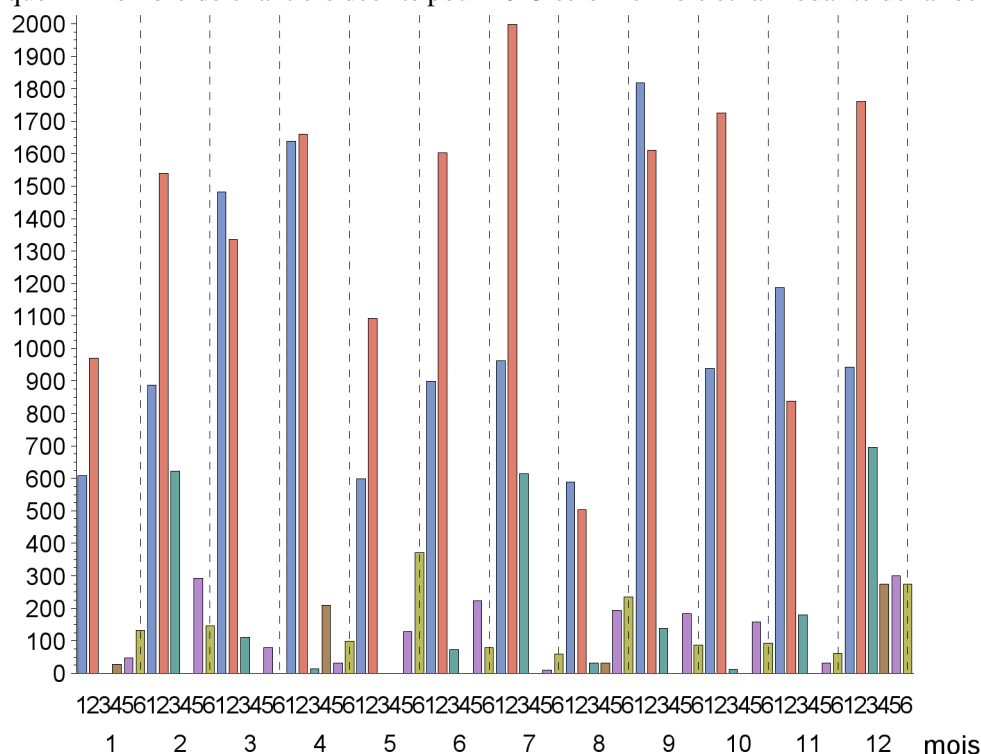
Graphique 1 – nombre mensuel estimé de chantiers



Source : Dares-DGT, enquête 2016 auprès des unités de contrôle

– La saisonnalité selon le type de chantier déclaré paraît difficile à interpréter, y compris la localisation intérieur de bâtiment/extérieur (Graphique 2).

Graphique 2 – nombre de chantiers décrits pour 2015 selon le mois et la modalité de la localisation



Notes :

- 1=extérieur de bâtiment, 2=intérieur, 3=extérieur de génie civil, 4=intérieur, 5=extérieur installations industrielles, 6=intérieur.
- Les données sont pondérées par la méthode décrite en annexe. (Le cumul des estimations mensuelles diffère de l'estimation annuelle.)

I.3 Estimations pour les caractéristiques des chantiers

Les estimations portant sur les caractéristiques des chantiers de désamiantage sont calculées en compensant le déficit de réponse de chaque variable (cf D.2 en annexe). L'importance de la non-réponse pour la quantité de matières concernées explique l'ampleur de l'incertitude sur la mesure de cette statistique (Tableau 1). En dehors de ce cas particulier, la précision relative est croissante en fonction de la fréquence de la variable. Ainsi, le coefficient de variation sur les 19 300 chantiers portant sur des immeubles bâtis est de 8% alors que celui sur les 1 500 chantiers qui concernent des canalisations est de 27%. Les statistiques mesurées avec un CV supérieur à 20% ne sont à utiliser qu'avec précaution.

Tableau 1 – Estimations pour les caractéristiques des chantiers

variable	statistique	1	2	3	4	5	6	7	8	0
quantité de matière	niveau									133 105 261
	borne inf									52 686 902
	borne sup									213 523 621
	CV (%)									30,2
nature de l'ouvrage	niveau	19 268	796	1 553	2 749	0	0	5 077	2 058	
	borne inf	16 113	138	708	1 604	0	0	3 019	1 040	
	borne sup	22 422	1 455	2 398	3 894	0	0	7 134	3 075	
	CV (%)	8,2	41,3	27,2	20,8			20,3	24,7	
nature des travaux	niveau	4 337	20 121	215	732					
	borne inf	2 948	17 012	-1	-18					
	borne sup	5 726	23 229	431	1 482					
	CV (%)	16,0	7,7	50,1	51,2					
matériaux concernés	niveau	19 485	5 753	227	4 255	1 976	0			
	borne inf	16 470	3 972	-29	2 862	604	0			
	borne sup	22 501	7 535	484	5 648	3 349	0			
	CV (%)	7,7	15,5	56,4	16,4	34,7				
localisation dans l'ouvrage	niveau	12 550	12 723	1 900	289	1 148	1 098			
	borne inf	9 581	10 482	507	-74	527	486			
	borne sup	15 520	14 964	3 293	653	1 769	1 709			
	CV (%)	11,8	8,8	36,7	62,7	27,0	27,8			

Source : Dares-DGT, enquête 2016 auprès des unités de contrôle

Note : Aucune réponse sur la nature de l'ouvrage n'a été enregistrée pour les modalités 5-matériel et équipement de transport ferroviaire et 6-navires ou bateaux.

- Les modalités des variables sont explicitées ci-dessous (extrait du questionnaire).

1- Nature de l'ouvrage

1-1 Immeuble bâti
1-2 Route, tunnel, voie ferroviaire
1-3 Canalisation de génie civil
1-4 Installations industrielles
1-5 Matériel et équipement de transport ferroviaire (si oui ne pas répondre à la question 4)
1-6 Navires ou bateaux (si oui ne pas répondre à la question 4)
1-7 IGH ou ERP
1-8 Habitat collectif
1-9 Autre/ préciser :

2- Nature des travaux concernant les MCA

2-1 Retrait de MCA avant démolition totale ou partielle d'immeubles bâtis (plan de démolition)
2-2 Retrait de MCA (plan de retrait)
2-3 Encapsulage de MCA (plan d'encapsulage)
2-4 Travaux de désamiantage ou démantèlement en installations fixes

3- Matériaux contenant de l'amiante concernés

3-1 Amiante-ciment
3-2 Plâtres, flocages, peintures et enduits
3-3 Enrobés routiers
3-4 Joints
3-5 Déchets
3-6 Autre, précisez

4- Localisation des MCA dans l'ouvrage

4-1 Extérieur de bâtiment (couvertures, bardages façades)
4-2 Intérieur de bâtiment (sols, murs, plafonds, ouvrants, canalisations,...)
4-3 Extérieur de génie civil (canalisations, routes, tunnels, voies ferroviaires)
4-4 Intérieur de génie civil (canalisations des égouts, du chauffage urbain, de stations de traitement d'eau)
4-5 Extérieur en installations industrielles
4-6 Intérieur en installations industrielles

On pourrait s'attendre à ce que les CV soient sensiblement plus élevés au niveau chantier qu'au niveau unité vu la différence de taux de sondage. En effet, les chantiers décrits ($\sum_r c_{10} = 568$) ne représentent que 2% du nombre total estimé de chantiers, soit une fréquence dix fois moins élevée qu'au niveau des unités. En fait, la précision mesurée n'est pas nettement moins bonne pour les modalités fréquentes, pour des raisons théoriques (c'est plutôt la taille d'échantillon qui joue) et pratiques (le tirage des 10 chantiers n'est pas explicitement pris en compte dans l'estimateur de variance).

I.3.1 Nature des ouvrages concernés

80% des chantiers de désamiantage affectent des immeubles bâtis, et 20% des immeubles de grande hauteur ou des établissements recevant du public. L'habitat collectif concerne 8% des chantiers. 11% des chantiers portent sur des installations industrielles.

I.3.2 Nature des travaux

L'essentiel des chantiers portent sur le retrait de matériaux amiantés. L'encapsulage ne concerne que 1% des chantiers de désamiantage. Un cinquième des chantiers comporte le retrait d'amiante avant démolition. 3% des chantiers sont réalisés dans des installations fixes de désamiantage ou démantèlement.

I.3.3 Matériaux concernés

L'amiante-ciment constitue le premier matériau traité par le désamiantage, il est impliqué dans 80% des chantiers.

Les plâtres, flocage et peintures sont concernés dans près de 23% des chantiers.

Des déchets amiantés sont présents dans 8% des chantiers.

Des enrobés routiers amiantés sont traités dans 1% des chantiers.

I.3.4 Localisation dans l'ouvrage

L'extérieur des bâtiments (couverture, bardages, façades) et l'intérieur (sols, murs, plafonds, ouvrants, canalisations) représentent chacun la moitié des chantiers.

8% des chantiers portent sur du génie civil en extérieur (canalisations, routes, tunnels, voies ferroviaires).

Le génie civil en intérieur (canalisations des égouts, chauffage urbain, stations de traitement d'eau) ne concerne qu'environ 1% des chantiers.

Les retraits en extérieur et en intérieur des installations industrielles concernent chacun 5% des chantiers.

remarque : L'enquête permet également d'évaluer la part des chantiers qui sont caractérisés à la fois par telle nature de l'ouvrage et telle nature des travaux, ou telle localisation des matériaux contenant l'amiante et telle nature des travaux (croisements de modalité de variables).

Chapitre II Méthodologie

La méthodologie choisie pour le tirage et l'estimation est en partie ad hoc. Certains choix méthodologiques difficiles à formaliser sont motivés par le souci d'alléger la charge d'enquête, en facilitant la recherche de l'information demandée. Ils devraient avoir une incidence négligeable sur la représentativité des résultats, car la conception du plan de sondage a été optimisée (prise en compte d'information auxiliaire, de la saisonnalité...). Les calculs de précision, bien qu'approximatifs, ont éclairé les choix du plan de sondage et des estimateurs, et servent de garde-fous pour l'exploitation des résultats.

II.1 Les unités échantillonnées

L'enquête administrative est adressée aux unités de contrôle (UC) de l'inspection du travail, via les Direccte. Un arrêté du 15 décembre 2015 fixe le nombre d'unités de contrôle à 253. La base de sondage effective comporte 225 unités, après mise hors champ notamment des unités régionales ou spécialisées (Roissy, Orly et Marché d'Intérêt National de Rungis). Elle a été élaborée pour cette enquête à partir d'un appariement entre une liste exhaustive gérée au ministère du Travail par la Direction générale du travail (DGT) et la liste des unités de contrôle dans la base Thessalie de la Dares. Cette source présente l'intérêt de comporter des informations auxiliaires, telles que le nombre d'établissements Sirene par secteur NAF88 (niveau division). Dans les deux sources, les unités sont identifiées par un code équivalent à $UTdepUCnn$, où dep est le département et nn un numéro d'ordre. A noter que les plus grandes communes englobent plusieurs UC. L'absence des contours géographiques des UC empêche de leur associer des données du recensement de la population, par exemple. Une recherche de données chiffrées et localisées sur les bâtiments amiantés n'a pas abouti.

II.2 Le plan de sondage retenu pour les unités de contrôle

L'[Annexe C](#) décrit les investigations qui ont mené au choix du plan de sondage.

- La taille de l'échantillon des unités de contrôle est fixée à 60¹, soit un peu plus d'une sur quatre.
- Le tirage est stratifié (voir infra) d'une part entre les unités avec et sans nombre de PDRE pré-connus d'autre part entre le Nord et le Sud de la France (y compris les DOM).

Le sondage est effectué dans l'ensemble constitué de 225 unités de contrôle.

Un plan de sondage est d'autant plus efficace (pour la précision des estimateurs) qu'il exploite l'information auxiliaire connue a priori, en relation avec les objectifs de l'enquête. Deux choix ont été effectués dans cette optique :

- Le tirage est effectué indépendamment dans les 4 sous-ensembles formés par le croisement des deux critères suivants, qui constituent les strates de tirage (indiquées dans la suite par la lettre h) :
 - ▷ distinction des 110 unités pour lesquelles le ministère disposait d'un nombre de plans de désamiantage (PDRE) avant l'enquête.
 - ▷ distinction Nord de la France/ reste du territoire (y compris Dom)
- Dans les deux strates de tirage où le nombre de PDRE est connu a priori, le tirage est effectué à probabilité proportionnelle à ce nombre, et de taille fixe. Pour les deux strates sans information mobilisée, le tirage donne la même probabilité à tous les échantillons possibles de taille fixée (sondage aléatoire simple).

1. Comme $60 = 12 * 5$, ce choix permet une décomposition en 12 sous-échantillons mensuels de même taille.

- L'échantillon est réparti sur les strates de tirage par une optimisation en fonction du nombre de PDRE connu a priori et du nombre d'établissements par UC.

Pour les 5 questions de niveau chantier, l'échantillon est décomposé en 12 sous-échantillons mensuels de même taille avec une même probabilité d'inclusion. L'échantillon de mois m est interrogé sur les 10 derniers chantiers observés à la fin du mois.

Cette répartition de l'échantillon sur les 12 mois de l'année vise à représenter les chantiers saisonniers (désamiantage des écoles en été, par exemple).

Allocation de l'échantillon :

– Pour un sondage aléatoire simple stratifié par H et une variable d'intérêt (ou un proxy de celle-ci) y , l'allocation optimisée (Neyman) minimise (eII.2.1).

$$\sum_{h \in H} \frac{|h|^2 \mathcal{S}_h^2(y)}{|s_h|} \tag{eII.2.1}$$

où $\mathcal{S}_h^2(y) = \frac{\sum_h (y - \bar{y}^h)^2}{|h| - 1}$ est la variance empirique, $|h|$ est la taille de la strate $h \in H$ (ie le nombre d'UC dans la strate) et $|s_h|$ est la taille (entière et non nulle) de l'échantillon par strate.

– Une idée pour répartir l'échantillon entre les strates avec et sans PDRE est de considérer que la perte d'information due au remplacement d'une variable y par une approximation linéaire en fonction d'une variable (vectorielle) x serait proportionnelle à $Var(y) / Var[E(y|x)]$, c'est-à-dire (approximativement) à l'inverse du R^2 de la régression de y par x . La régression étudiée sur le nombre de PDRE suggère d'appliquer un facteur de dilatation de $\sqrt{\frac{10}{4}}$ sur la strate sans PDRE (cf R^2 ajusté proche de 40% en annexe C.2).

– Ce facteur est appliqué ici au nombre d'établissements ². L'optimisation sur le nombre d'établissements ainsi dilaté (qui joue alors le rôle de y dans la précédente équation) répartit l'échantillon selon le [Tableau 2](#).

Tableau 2 – Répartition de l'échantillon entre les strates avec et sans PDRE

strate tirage	$ s_h $	$ h $	var nombre établissements	var nombre établissements dilate
avec PDRE	25	110	190 328 278	190 328 278
sans PDRE	35	115	137 113 852	342 784 629

Notes :

- Les deux dernières colonnes mesurent les variances par strate.
- La procédure d'allocation utilisée est itérative (méthode de Wright [TW]).
- On vérifie que $|s_h| \cong n_+ \frac{\sqrt{A_h}}{\sum \sqrt{A_H}}$ avec $A_h = |h|^2 Var_h(x)$ et n_+ la taille de l'échantillon global.

2. Ce choix est discutable vu la faiblesse du lien entre nombre de PDRE et d'établissements Sirene. Dans un cadre simplifié, une allocation optimisée sur une variable x est bénéfique pour estimer le total d'une variable y si $\sum_H N \frac{\mathcal{S}_h^2(y)}{\mathcal{S}_h^2(x)} \sum_H N \mathcal{S}_h^2(x) < \sum_H N \mathcal{S}_h^2(y) N_+$. Cette relation est vérifiée si $y = \alpha x + \beta$. On peut penser que ça reste le cas lorsque $E[Var(y|x)]$ est 'assez' petit par rapport à $Var[E(y|x)]$. (En fait, la variabilité inter-strate de $\mathcal{S}_H(x)$ intervient également dans la condition suffisante.)

– L’optimisation sur le nombre de PDRE pour le tirage des unités avec PDRE renseigné mène à l’allocation du [Tableau 3](#)³.

Tableau 3 – Répartition de l’échantillon sur les sous-strates avec PDRE

strate tirage	$ s_h $	$ h $	var nombre PDRE évalués
Nord	15	47	7 379
Sud	10	63	1 766

– Sur la population sans PDRE, l’allocation entre les strates Nord et Sud optimise la précision sur le nombre d’établissements ([Tableau 4](#)). D’autres choix plus élaborés sont techniquement possibles, comme de minimiser la somme des CV sur les variables de la régression ([C.2](#)).

Tableau 4 – Répartition de l’échantillon sur les sous-strates sans PDRE

strate tirage	$ s_h $	$ h $	var nombre établissements
Nord	25	86	115 843 096
Sud	10	29	173 442 059

II.3 Résumé du plan de sondage des unités de contrôle

- La stratification et l’allocation sont synthétisées par le [Tableau 5](#).

Tableau 5 – Allocations de l’échantillon des unités de contrôle par strate de tirage

	Nord	Sud	total
avec PDRE	15	10	25
sans PDRE	25	10	35
total	40	20	60

- Le tirage dans les deux strates des unités avec PDRE est effectué à probabilité proportionnelle au nombre de PDRE évalué.
 - Dans les deux strates sans PDRE, le tirage est aléatoire simple⁴, c’est-à-dire sans prise en compte d’information auxiliaire.

II.4 Echantillon tiré

- L’échantillon tiré d’unités de contrôle est listé en [Annexe B](#), dans l’ordre des identifiants préfixés par le code de la région (avant la fusion régionale de janvier 2016).
- Le [Tableau 6](#) permet d’évaluer la précision du plan de sondage retenu sur les variables disponibles sur la base de sondage, sans non-réponse.

Tableau 6 – Précision du plan de sondage choisi, évaluée sur la base de sondage

variable	total	P5	P95	CV lot 1	CV lot 2	CV
nombre_etablissements	6 931 180	6 267 142	7 705 641	6,32	6,30	6,31
nombre_etablissements_anciens	6 152 461	5 118 813	7 255 760	10,57	10,55	10,56
nombre_etablissements_industrie	288 128	260 939	319 000	6,15	6,12	6,14
nombre_etablissements_medicosoc	77 170	70 310	84 821	5,73	5,71	5,72
nombre_commerces_grande_surface	44 197	39 411	49 260	6,80	6,77	6,78
nombre_residences_anciennes	78 347 118	68 461 755	88 855 838	7,94	7,92	7,93

Notes :

- Les deux premiers coefficients de variation (CV) sont calculés sur deux lots de 100 000 simulations du tirage de 60 unités parmi 225, avec les totaux estimés par simulation et le vrai total. La comparaison au troisième permet de vérifier la stabilité de l’estimation.
- P5 et P95 sont les fractiles d’ordre 5% et 95% pour l’estimation calculée sur toutes les simulations réalisées.

3. Cette optimisation ne tient pas compte du fait que le tirage dans la partie ‘avec PDRE’ est à probabilité proportionnelle au nombre de PDRE, et non un sondage aléatoire simple.

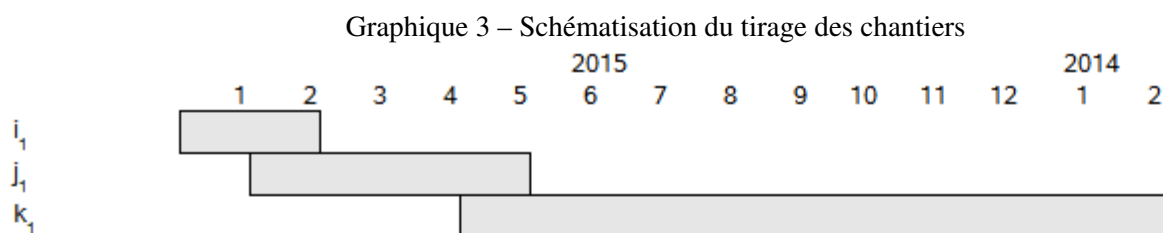
4. En pratique, ceci n’a pas tout à fait été le cas. Le tirage dans ces deux strates a été réalisé par la procédure `SurveySelect` avec la méthode PPS et une taille uniforme de 1, par commodité de programmation.

II.5 Le plan de sondage des chantiers

Le mode d'échantillonnage des chantiers à décrire par chaque unité de contrôle enquêtée a été choisi de manière à limiter la charge d'enquête. En contrepartie, il complique l'estimation. En particulier, la probabilité d'inclusion des chantiers est inconnue, et nulle pour certains chantiers. En effet, pour les unités de plus de 10 chantiers déclarés un mois donné, la probabilité de tirage d'une partie de ces chantiers est nulle. Néanmoins le biais induit devrait être négligeable. En effet, il n'affecte pas les estimations mensuelles de nombre de chantiers mais seulement la ventilation par catégories.

Les unités échantillonnées sont réparties aléatoirement en 12 sous-échantillons mensuels de même taille ⁵. Chaque unité est interrogée sur les 10 derniers chantiers observés jusqu'à la fin du mois échantillonné.

Ainsi, la période d'observation dépend de la taille de l'unité en nombre de PDRE. Donc elle peut excéder l'année 2015 (Graphique 3). L'idée est que cet aléa temporel est acceptable en contrepartie d'une meilleure représentativité de l'échantillon pour les chantiers saisonniers. De plus, ce choix de mode de collecte devrait faciliter la recherche d'information par l'unité de contrôle enquêtée.



Notes :

- Chaque rectangle gris représente les 10 chantiers échantillonnés pour l'unité considérée.
- Les trois lignes correspondent à trois unités de contrôle échantillonnées, avec comme mois de référence respectivement janvier, février et mai.

II.6 Taux de réponse à l'enquête

Le Tableau 7 présente le taux de réponse par strate de tirage. Celui-ci est utilisé pour pondérer les réponses.

Tableau 7 – Nombre d'unités de contrôle répondantes par strate de tirage

strate tirage	nombre enquêtés	nombre réponses	taux de réponse (%)
avec PDRE-Nord	15	14	93
avec PDRE-Sud	10	10	100
sans PDRE-Nord	25	23	92
sans PDRE-Sud	10	10	100
total	60	57	95

La quantité de matières n'est renseignée que pour moins de trois chantiers sur quatre (Tableau 8).

Tableau 8 – Taux de réponse partielle selon la question, en %

strate tirage	quantité de matière	nature de l'ouvrage	nature des travaux	matériaux concernés	localisation dans l'ouvrage
avec PDRE-Nord	73,6	100,0	98,6	91,4	98,6
avec PDRE-Sud	63,0	96,0	99,0	83,0	100,0
sans PDRE-Nord	54,8	93,5	96,5	82,6	94,8
sans PDRE-Sud	70,0	95,0	96,0	82,0	93,0

Note : Il s'agit du rapport entre le nombre de réponses à la question et le nombre de chantiers renseignés, sans pondération, exprimé en pourcentage. 68 des 85 'non-réponses' aux matériaux concernés correspondent à des réponses qualitatives, non exploitées ici.

Annexe A Questionnaire

5. Il était envisageable d'enquêter davantage d'unités sur les mois où le nombre de chantiers (global ou d'un type particulier) fluctue davantage. Mais le tirage ne disposait pas d'information pertinente pour ce raffinement.



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DU TRAVAIL, DE L'EMPLOI,
DE LA FORMATION
PROFESSIONNELLE
ET DU DIALOGUE SOCIAL

DARES
DGT

Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques

Direction générale du travail - 39-43 quai André Citroën - 75902 Paris Cedex 15

Mieux connaître les plans de retrait d'amiante Enquête auprès des unités de contrôle

Avril - Mai 2016

Identifiant de l'UC : UT28UC1

Ce questionnaire concerne : 1ère unité de contrôle d'Eure et Loir

Les évolutions de la réglementation sur la protection des travailleurs à l'égard de l'amiante nécessitent pour le ministère du travail d'objectiver le nombre et la nature des chantiers de désamiantage intervenus en 2015.

Plutôt qu'un recensement auprès des 230 unités de contrôle de l'ensemble des plans de retrait d'amiante, avec une information à recueillir pour chacun d'entre eux, il est organisé une enquête par sondage auprès de 60 unités de contrôle concernant le nombre total de plans de retrait d'amiante reçus en 2015 et des informations relatives à 10 plans.

La direction générale du travail a confié à la Dares l'élaboration de ce plan de sondage. Votre unité de contrôle a été tirée au hasard parmi les 230 unités de contrôle.

Afin de garantir la représentativité statistique des plans de retrait d'amiante, nous vous remercions de respecter le protocole précis de l'enquête : les 10 plans de retrait échantillonnés dans votre unité de contrôle sont les 10 reçus avant la date indiquée au verso (partie II).

Merci de bien vouloir retourner ce questionnaire par mail **avant le 27 mai 2016** à Mme Guillaume Salima de la Dares à l'adresse suivante :
salima.guillaume@travail.gouv.fr

Pour toute information, vous pouvez contacter Mme Lesterpt Sylvie de la DGT aux coordonnées suivantes :
Mail : sylvie.lesterpt@travail.gouv.fr
Tel : 01 44 38 25 23

Adresse mail de la personne qui a rempli le questionnaire :

Soyez remercié(e) de votre collaboration.

VOIR SUITE AU VERSO ▶

PARTIE I - Nombre total de plans de retrait d'amiante reçus courant 2015

1.1 Vous avez déclaré avoir reçu courant 2015 : **175** plans de retrait d'amiante.

Confirmez vous ce nombre ? Oui Non

Si non, combien en avez-vous reçu ?

1.2 Quelle est la répartition des ces plans de contrôle selon les 12 mois de l'année ?

<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	=	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Total		Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin
		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	+	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre

PARTIE II - Renseignements relatifs aux 10 derniers plans de retrait d'amiante reçus

Veuillez remplir le tableau en page 3, relatif aux 10 derniers plans de retrait d'amiante reçus sur la période de **juin 2014 à mai 2015** en cochant les cases correspondantes à chacun des plans.

Précisions

MCA= matériau contenant de l'amiante

Il est possible de cocher plusieurs réponses (par exemple si l'immeuble bâti est aussi un IGH ou si le plan de retrait concerne plusieurs matériaux différents).

Ligne 1-3 : Les canalisations de génie civil recouvrent tous types de canalisations intérieures et extérieures, excepté celles qui sont intégrées dans une installation industrielle (installation nucléaire, raffinerie).

Ligne 1-4 : Les installations industrielles se distinguent des immeubles bâtis en ce qu'elles contiennent principalement des réseaux et équipements soumis à des opérations de maintenance industrielle. C'est essentiellement le cas des installations nucléaires, des raffineries.

Ligne 1-7 : IGH = immeuble de grande hauteur
 ERP = établissement recevant du public

Ligne 1-8 : L'habitat collectif recouvre le logement social mais aussi les immeubles en copropriété

1ère unité de contrôle d'Eure et Loir

les 10 derniers plans reçus sur la période de juin 2014 à mai 2015

UT28UC1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Date de réception du plan (jour/mois)	... / / / / / / / / / / ...
Quantité de MCA concernés (en Kg)										
1- Nature de l'ouvrage (cochez la case si c'est le cas, plusieurs réponses possibles)										
1-1 Immeuble bâti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-2 Route, tunnel, voie ferroviaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-3 Canalisation de génie civil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-4 Installations industrielles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-5 Matériel et équipement de transport ferroviaire (si oui ne pas répondre à la question 4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-6 Navires ou bateaux (si oui ne pas répondre à la question 4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-7 IGH ou ERP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-8 Habitat collectif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-9 Autre/ préciser :										
2- Nature des travaux concernant les MCA (cochez la case si c'est le cas, plusieurs réponses possibles)										
2-1 Retrait de MCA avant démolition totale ou partielle d'immeubles bâtis (plan de démolition)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2-2 Retrait de MCA (plan de retrait)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2-3 Encapsulage de MCA (plan d'encapsulage)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2-4 Travaux de désamiantage ou démantèlement en installations fixes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3- Matériaux contenant de l'amiante concernés (cochez la case si c'est le cas, plusieurs réponses possibles)										
3-1 Amiante-ciment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-2 Plâtres, flocages, peintures et enduits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-3 Enrobés routiers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-4 Joints	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-5 Déchets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-6 Autre, précisez										
4- Localisation des MCA dans l'ouvrage (cochez la case si c'est le cas, plusieurs réponses possibles)										
4-1 Extérieur de bâtiment (couvertures, bardages façades)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-2 Intérieur de bâtiment (sols, murs, plafonds, ouvrants, canalisations,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-3 Extérieur de génie civil (canalisations, routes, tunnels, voies ferroviaires)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-4 Intérieur de génie civil (canalisations des égouts, du chauffage urbain, de stations de traitement d'eau)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-5 Extérieur en installations industrielles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-6 Intérieur en installations industrielles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe B Enumération de l'échantillon tiré

Tableau B.9 – échantillon tiré

code uc	titre uc	nombre pdre evalues	nombre etablis- sements	nombre etablis- sements anciens	nombre etablis- sements industrie	nombre eta- blissements medicosoc	nombre commerces grande surface	nombre residences anciennes	proba inclu- sion	strate ti- rage
R01UT971UC1	Unité de contrôle de Gua- deloupe		49 379	17 903	2 930	480	58	88 896	0,34	sans PDRE-Sud
R04UT974UC2	2ème unité de contrôle de la Réunion		40 538	15 201	2 177	324	100	139 516	0,34	sans PDRE-Sud
R11UT75UC03	Unité de contrôle Paris 3- 4-11		57 277	131 812	2 084	324	536	1 071 179	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT75UC09	Unité de contrôle Paris 9		29 228	131 812	719	124	536	1 071 179	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT75UC10	Unité de contrôle Paris 10- 18		56 601	131 812	1 819	363	536	1 071 179	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT75UC16	Unité de contrôle Paris 16		43 016	131 812	621	146	536	1 071 179	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT78UC01		127	39 049	24 689	1 326	516	209	450 535	0,27	avec PDRE-Nord
R11UT92UC04	Unité de contrôle n°4 des Hauts-de-Seine		15 804	32 372	362	110	238	561 556	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT92UC06	Unité de contrôle n°6 des Hauts-de-Seine		22 498	32 372	551	242	238	561 556	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT92UC08	Unité de contrôle n°8 des Hauts-de-Seine		21 986	32 372	692	218	238	561 556	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT92UC09	Unité de contrôle n°9 des Hauts-de-Seine		23 095	32 372	652	310	238	561 556	0,29	sans PDRE-Nord
R11UT93UC04	Unité de contrôle n°4 de Seine-St-Denis	154	34 639	20 625	1 226	299	207	489 215	0,33	avec PDRE-Nord
R21UT10UC1	Unité de contrôle de l'Aube		28 580	11 123	1 327	385	63	110 091	0,29	sans PDRE-Nord
R22UT02UC2	Unité de contrôle 02 de Saint Quentin		12 241	13 300	566	244	130	196 372	0,29	sans PDRE-Nord
R22UT80UC1	Unité de contrôle 01 Amiens Nord		29 057	14 286	1 293	432	143	196 695	0,29	sans PDRE-Nord
R23UT27UC01	Unité de contrôle 27-1 Ouest de l'Eure		25 575	13 073	1 260	340	128	184 413	0,29	sans PDRE-Nord
R24UT28UC1	1ère unité de contrôle d'Eure et Loir	175	17 248	10 736	968	199	106	145 002	0,38	avec PDRE-Nord
R24UT36UC1	Unité de contrôle de l'Indre	70	19 600	9 162	1 076	249	54	88 556	0,15	avec PDRE-Nord
R24UT37UC1	1ère unité de contrôle de l'Indre et Loire	82	27 698	13 834	1 190	368	114	206 899	0,18	avec PDRE-Nord
R24UT41UC1	1ère unité de contrôle du Loir et Cher		27 147	8 896	1 400	346	58	115 805	0,29	sans PDRE-Nord
R24UT45UC1	1ère unité de contrôle du Loiret	287	22 329	13 707	913	244	140	221 388	0,62	avec PDRE-Nord
R24UT45UC2	2ème unité de contrôle du Loiret		24 379	13 707	959	327	140	221 388	0,29	sans PDRE-Nord

Tableau B.9 – (suite)

code uc	titre uc	nombre pdre evalues	nombre etablis- sements	nombre etablis- sements anciens	nombre etablis- sements industrie	nombre eta- blissements medicosoc	nombre commerces grande surface	nombre residences anciennes	proba inclu- sion	strate ti- rage
R24UT45UC3	3ème unité de contrôle du Loiret		27 302	13 707	1 179	362	140	221 388	0,29	sans PDRE-Nord
R25UT14UC02	UT du Calvados - Division 2	67	28 389	18 623	1 307	367	192	228 143	0,14	avec PDRE-Nord
R25UT50UC01	Unité de contrôle 1 de la Manche	108	21 907	20 288	1 035	296	122	173 544	0,23	avec PDRE-Nord
R26UT58UC1	Unité de contrôle 058-U01		18 337	7 940	876	235	59	91 029	0,29	sans PDRE-Nord
R31UT59LUC3	Unité de contrôle de Lille-EST	163	45 844	42 703	1 367	603	552	895 413	0,35	avec PDRE-Nord
R31UT59LUC5	Unité de contrôle de DUN-KERQUE	326	15 058	42 703	736	266	552	895 413	0,70	avec PDRE-Nord
R31UT62UC2	Unité de contrôle de LENS HENIN	394	16 070	26 309	711	245	363	482 610	0,85	avec PDRE-Nord
R31UT62UC3	Unité de contrôle de BETHUNE SAINT-OMER	203	17 801	26 309	808	301	363	482 610	0,44	avec PDRE-Nord
R41UT54UC1	UC1 OUEST Meurthe-et-Moselle	111	24 321	14 472	1 189	383	165	267 061	0,24	avec PDRE-Nord
R41UT57UC1	UC1 MOSELLE NORD		32 693	20 118	1 295	428	253	346 861	0,29	sans PDRE-Nord
R43UT25UC1	Unité de contrôle du Doubs centre	237	34 380	13 224	1 924	514	115	177 184	0,51	avec PDRE-Nord
R43UT39UC3	Unité de contrôle du Jura	98	24 432	8 921	1 747	369	83	92 719	0,21	avec PDRE-Nord
R43UT90UC2	Unité de contrôle Inter-départementale Belfort-Montbéliard		18 286	2 628	1 004	261	29	50 709	0,29	sans PDRE-Nord
R52UT44UC1	Unité de contrôle n° 1 de Loire-Atlantique		24 925	25 140	1 065	287	221	391 900	0,29	sans PDRE-Nord
R52UT44UC3	Unité de contrôle n° 3 de Loire-Atlantique		49 628	25 140	1 759	618	221	391 900	0,29	sans PDRE-Nord
R52UT44UC4	Unité de contrôle n° 4 de Loire-Atlantique		46 972	25 140	1 809	601	221	391 900	0,29	sans PDRE-Nord
R52UT49UC3	Unité de contrôle n° 3 du Maine-et-Loire		18 958	19 851	1 115	301	144	249 802	0,29	sans PDRE-Nord
R53UT22UC2	UT des Côtes-d'Armor - Division Ouest		27 603	19 205	1 212	300	150	194 943	0,29	sans PDRE-Nord
R53UT29UC1	Unité de contrôle Sud Finistère		36 036	24 022	1 928	387	211	309 793	0,29	sans PDRE-Nord
R53UT35UC2	Unité de contrôle Nord 35		28 735	23 602	1 291	383	200	292 160	0,29	sans PDRE-Nord
R54UT17UC2	2ème unité de contrôle de la Charente-Maritime	150	30 737	20 715	1 398	340	147	203 280	0,24	avec PDRE-Sud
R72UT33UC1	Unité de contrôle Littoral Gironde	85	37 818	37 793	1 506	349	299	477 067	0,14	avec PDRE-Sud
R72UT33UC4	Unité de contrôle Nord-Est Gironde		33 603	37 793	1 363	316	299	477 067	0,34	sans PDRE-Sud
R72UT47UC1	Unité de contrôle de Lot-et-Garonne		34 869	13 200	1 655	439	84	114 975	0,34	sans PDRE-Sud

Tableau B.9 – (suite)

code uc	titre uc	nombre pdre evalues	nombre etablis- sements	nombre etablis- sements anciens	nombre etablis- sements industrie	nombre eta- blissements medicosoc	nombre commerces grande surface	nombre residences anciennes	proba inclu- sion	strate ti- rage
R74UT19UC1	Unité de contrôle de la Corrèze	95	24 605	11 084	1 269	394	72	88 883	0,15	avec PDRE-Sud
R74UT87UC1	Unité de contrôle de la Haute-Vienne	155	31 168	10 868	1 682	495	95	141 388	0,25	avec PDRE-Sud
R82UT38UC04	Unité de contrôle Isère Grenoble Sud et Est	155	45 755	28 023	1 961	536	186	378 481	0,25	avec PDRE-Sud
R82UT42UC03	Unité de contrôle Loire Sud-Ouest	102	30 235	19 244	1 644	393	133	264 524	0,16	avec PDRE-Sud
R82UT74UC01	Unité de contrôle Bassin du Lémanique	95	27 961	23 208	1 074	254	141	214 161	0,15	avec PDRE-Sud
R83UT15UC1	Unité de contrôle du Cantal	50	16 717	9 259	633	220	26	55 346	0,08	avec PDRE-Sud
R83UT63UC1	1ère unité de contrôle du Puy-de-Dôme	74	24 484	19 740	1 024	331	125	228 332	0,12	avec PDRE-Sud
R91UT30UC2	Unité de contrôle n°2 du Gard	55	34 761	18 828	1 455	302	149	226 173	0,09	avec PDRE-Sud
R93UT06UC1	Unité de contrôle Ouest des Alpes Maritimes		41 292	34 691	1 534	329	181	417 202	0,34	sans PDRE-Sud
R93UT06UC2	Unité de contrôle Est et Nice		66 270	34 691	2 024	577	181	417 202	0,34	sans PDRE-Sud
R93UT06UC4	Unité de contrôle Nice Nord et Ouest		53 775	34 691	1 522	429	181	417 202	0,34	sans PDRE-Sud
R93UT13UC4	Unité de contrôle Marseille Centre		45 671	43 207	1 458	416	321	687 902	0,34	sans PDRE-Sud
R94UT2AUC1	Unité de contrôle de Corse du Sud		21 363	6 010	880	164	38	47 337	0,34	sans PDRE-Sud
R94UT2BUC1	Unité de contrôle de Haute Corse		22 719	7 027	1 046	169	33	52 774	0,34	sans PDRE-Sud

Annexe C Compléments méthodologiques sur le plan de sondage

Cette annexe présente les investigations méthodologiques qui ont guidé le choix du plan de sondage.

Pour évaluer le plan de sondage, des informations Insee de niveau département ont été 'descendues' sur les unités ⁶, sans ventilation :

- nombre de résidences anciennes, source recensement 2012 : correspond aux résidences principales construites avant 1990 ⁷
- nombre d'établissements de date de création antérieure à 1997, source Sirius
- nombre d'établissements du commerce de grande surface (NAF 4719A Grands magasins, 4711F Hypermarchés, 4711D Supermarchés)
- part des communes rurales (TUU2011='0') dans le nombre de logements du recensement 2012

La précision ⁸ d'un plan de sondage est fonction de l'information connue a priori sur les variables d'intérêt et prise en compte dans la conception de l'échantillonnage. L'exploitation de cette connaissance pour tirer l'échantillon (noté s) peut notamment prendre la forme de :

- ▷ probabilité d'inclusion (*proba* ($i \in s$)) inégale
- ▷ stratification (découpage de la population en sous-ensembles disjoints et tirages indépendants dans chacun d'eux)

▷ équilibrage : tirage d'échantillons s tels que pour un vecteur x de variables d'équilibrage de totaux connus X , l'estimateur d'Horvitz-Thomson soit égal (autant que possible) au total à estimer :

$$\sum_s \frac{x}{\pi} = \sum_{\mathcal{P}} x = X \text{ (où } \pi \text{ est la probabilité d'inclusion et } \mathcal{P} \text{ la population échantillonnée)}$$

C.1 Nombre de chantiers utilisé comme information auxiliaire du sondage

La DGT avait préalablement interrogé les Directe ⁹ sur les nombres de chantiers de désamiantage déclarés (PDRE) en 2015 par unité de contrôle. Les nombres de PDRE 2015 connus au moment du tirage sont fournis ci-dessous. Leur total de 13 000 représente environ la moitié du nombre de chantiers de désamiantage. Dans 53 cas, ces données sont au niveau de l'unité. Pour 9 autres unités, les données connues au niveau départemental sont ventilées par UC selon le nombre d'établissements de Sirius. Enfin, pour 48 unités de contrôle, les chiffres régionaux sont répartis par unité de contrôle de la même façon.

6. L'alternative d'une exploitation des contours communaux des unités de contrôle a fourni des résultats incohérents avec ceux issus de Thessalie, en raison notamment des grandes communes multi-unités, ce qui a mené à abandonner cette piste.

7. Le nombre de résidences principales par année de construction n'est disponible sur le site de l'Insee qu'en trois tranches et que pour les résidences principales (domiciles).

8. mesurée ici par le coefficient de variation (CV, défini plus loin) et l'intervalle de confiance sur les totaux des variables d'intérêt retenues pour optimiser le tirage.

9. Directions régionales des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi

Tableau C.10 – Nombre de PDRE par unité de contrôle, département ou région, disponible pour le tirage

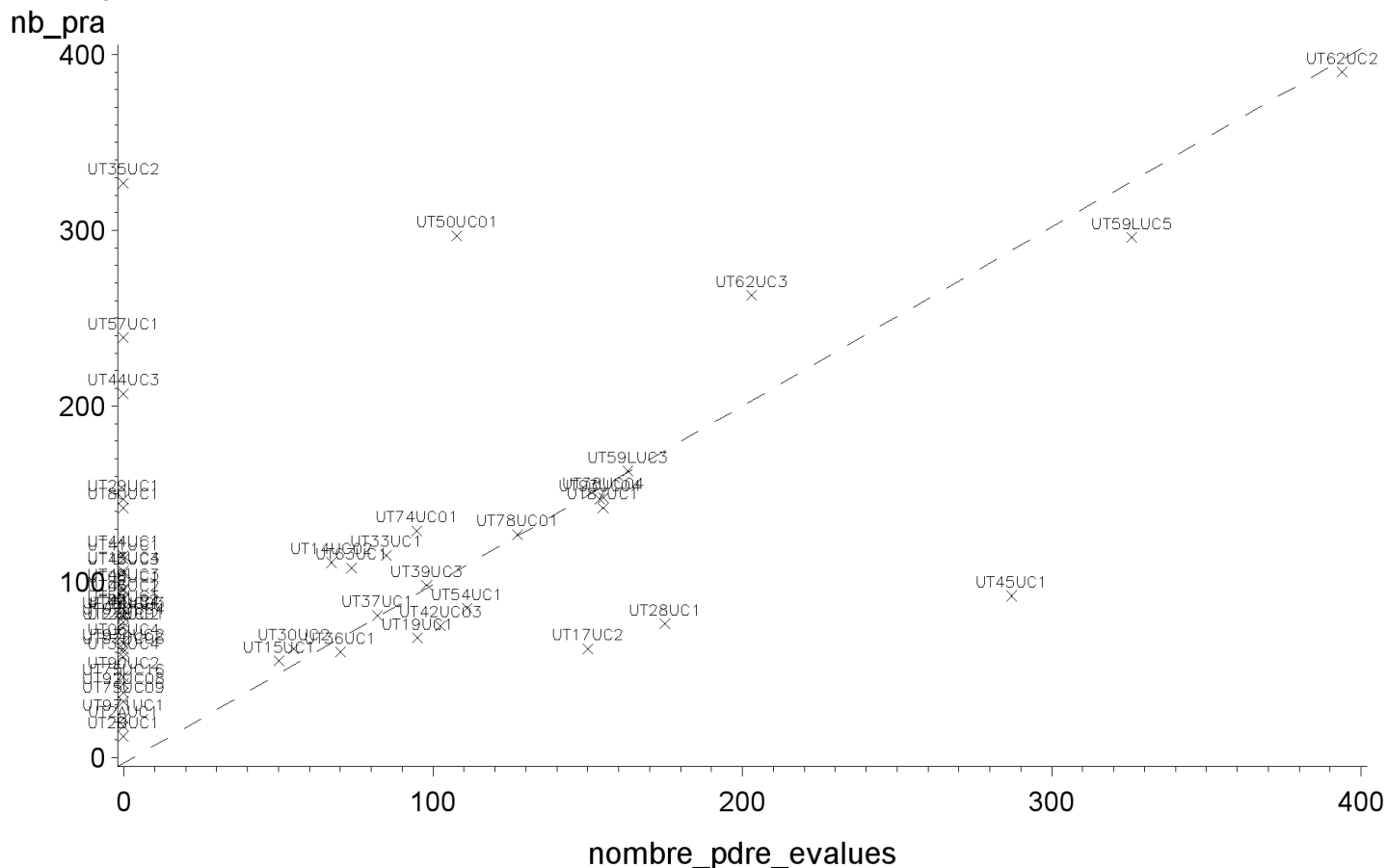
code_region	région	code_uc	nombre de PDRE
42	Alsace		671
72	Aquitaine	UT17UC1	152
		UT17UC2	150
		UT64UC1	153
		UT64UC2	222
		UT86UC1	89
		UT86UC2	57
		UT16UC1	50
		UT79UC1	85
		UT23UC1	49
		UT87UC1	155
		UT19UC1	95
		UT33UC1	85
		UT33UC2	80
		UT24UC1	38
		UT40UC1	36
83	Auvergne		593
24	Centre	UT18UC1	157
		UT37UC1	82
		UT37UC2	234
		UT28UC1	175
		UT36UC1	70
		UT45UC1	287
43	Franche-Comté	UT25UC1	237
		UT25UC2	50
		UT39UC3	98
		UT70UC4	57
11	Ile de France	UT77UC1	93
		UT77UC2	58
		UT93UC1	92
		UT93UC2	117
		UT93UC3	182
		UT93UC4	154
		UT93UC5	79
		UT78+	379
		UT95UC1	129
91	Languedoc-Roussillon	UT11UC1	62
		UT30UC2	55
		UT34UC1	40
		UT34UC2	82
		UT34UC3	68
		UT66UC1	127
		UT30UC1	141
04	la Réunion	UT974UC1	75
41	Lorraine	UT54UC1	111
		UT54UC2	92
73	Midi-Pyrénées		1 201
31	Nord Pas de Calais	UT59LUC1	212
		UT59LUC2	224
		UT59LUC3	163
		UT59LUC4	288
		UT59LUC5	326
		UT59LUC6	157
		UT59VUC1	335
		UT59VUC2	267
		UT62UC1	274
		UT62UC2	394
		UT62UC3	203
		UT62UC4	141
25	Basse-Normandie	UT14+	148
		UT50+	202
		UT61+	157
82	Rhône-Alpes		2 278
	total		13 313

Notes :

- Le suffixe vaut + lorsque seul le total départemental est disponible.
- Des nombres de PDRE étaient disponibles pour Rouen et le Havre, mais ont été omis.

– La comparaison du nombre de chantiers (PDRE) connu (pour 110 unités de contrôle) avant l'enquête à celui renseigné par les répondants à l'enquête Dares-DGT montre un lien clairement linéaire, mais pas une identité (Graphique 4). La proximité confirme la pertinence du tirage à probabilité proportionnelle au nombre connu dans la base de sondage.

Graphique 4 – nombre de chantiers déclaré à l'enquête Dares-DGT comparé à celui évalué au moment du tirage



Notes :

- L'ordonnée représente le nombre de chantiers issu de la réponse à l'enquête.
- L'abscisse est le nombre de chantiers évalué à partir des données de la DGT (obtenues par une interrogation des Directte) disponibles pour une partie des unités de contrôle avant le tirage de l'enquête décrite dans le présent document. L'abscisse nulle correspond aux UC sans nombre de chantiers préalablement 'connu'.

C.2 Facteurs explicatifs du nombre de chantiers de désamiantage

– régression linéaire du nombre de chantiers évalué avant l'enquête :

Nombre d'observations lues 110
 Nombre d'observations utilisées 110

Analyse de variance

Source	Moyenne	Valeur			F	Pr > F
		DDL	carrés	quadratique		
Modèle		7	245154	35022	13.24	<.0001
Erreur		102	269746	2644.56417		
Total sommes corrigées		109	514899			

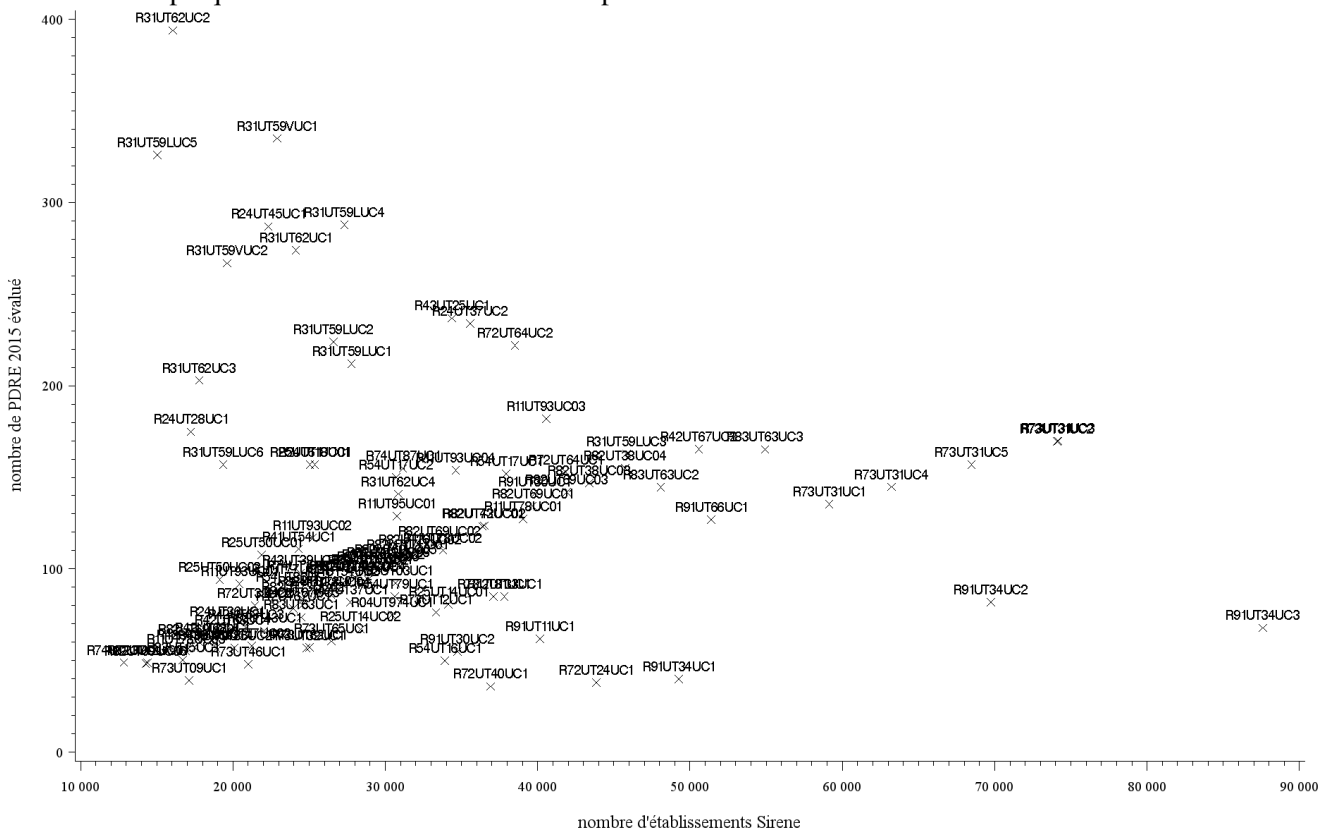
Root MSE	51.42533	R carré	0.4761
Moyenne dépendante	119.85455	R car. ajust.	0.4402
Coeff Var	42.90645		

Valeurs estimées des paramètres

Variable	Valeur estimée	Erreur	Valeur				
			DDL	des paramètres	type	du test t	Pr > t
Intercept			1	60.91489	29.60401	2.06	0.0422
nombre_etablisements			1	-0.00166	0.00095406	-1.74	0.0850
nombre_etablisements_industrie			1	0.01885	0.02053	0.92	0.3608
nombre_etablisements_medicosoc			1	0.19472	0.09438	2.06	0.0416
nombre_etablisements_anciens			1	-0.00298	0.00138	-2.16	0.0328
nombre_residences_anciennes			1	-0.00001176	0.00011162	-0.11	0.9163
nombre_commerces_grande_surface			1	0.49620	0.13572	3.66	0.0004
part_rural			1	-0.33736	0.48789	-0.69	0.4908

– Le lien pour les 110 unités concernées entre le nombre de PDRE ainsi évalué et le nombre d'établissements est distendu par la présence de nombreux points extrêmes (Graphique 5). Certaines unités du Nord-Pas-de-Calais (code 31 des anciennes régions) et du Languedoc-Roussillon (91) se distinguent de part et d'autre de la droite de régression (apparente).

Graphique 5 – Nombre évalué de PDRE par UC en fonction du nombre d'établissements



Note : Les identifiants des unités de contrôle sont préfixés par le code de l'ancienne région.

→ Par suite, la corrélation linéaire n'est pas significative, alors que la corrélation des rangs l'est (Tableau C.11).

Tableau C.11 – Corrélations du nombre évalué de PDRE avec différentes variables explicatives

variable	corrélation linéaire	p-value	corrélation rangs	p-value rangs
nombre_etablissements	0,07	0,4707	0,29	0,0022
nombre_etablissements_industrie	0,02	0,8756	0,20	0,0367
nombre_etablissements_medicosoc	0,26	0,0052	0,44	<.0001
nombre_etablissements_anciens	0,40	<.0001	0,39	<.0001
nombre_residences_anciennes	0,54	<.0001	0,45	<.0001
nombre_commerces_grande_surface	0,60	<.0001	0,44	<.0001
part_rural	-0,34	0,0003	-0,34	0,0003

Notes :

– La p-value est la probabilité d'une corrélation supérieure à celle observée sous l'hypothèse d'indépendance entre les deux variables. Plus elle est petite plus le lien est significatif.

– Une ventilation des trois variables départementales, hors part du rural, au prorata du nombre d'établissements des unités de contrôle réduit les valeurs absolues des corrélations avec le nombre de PDRE.

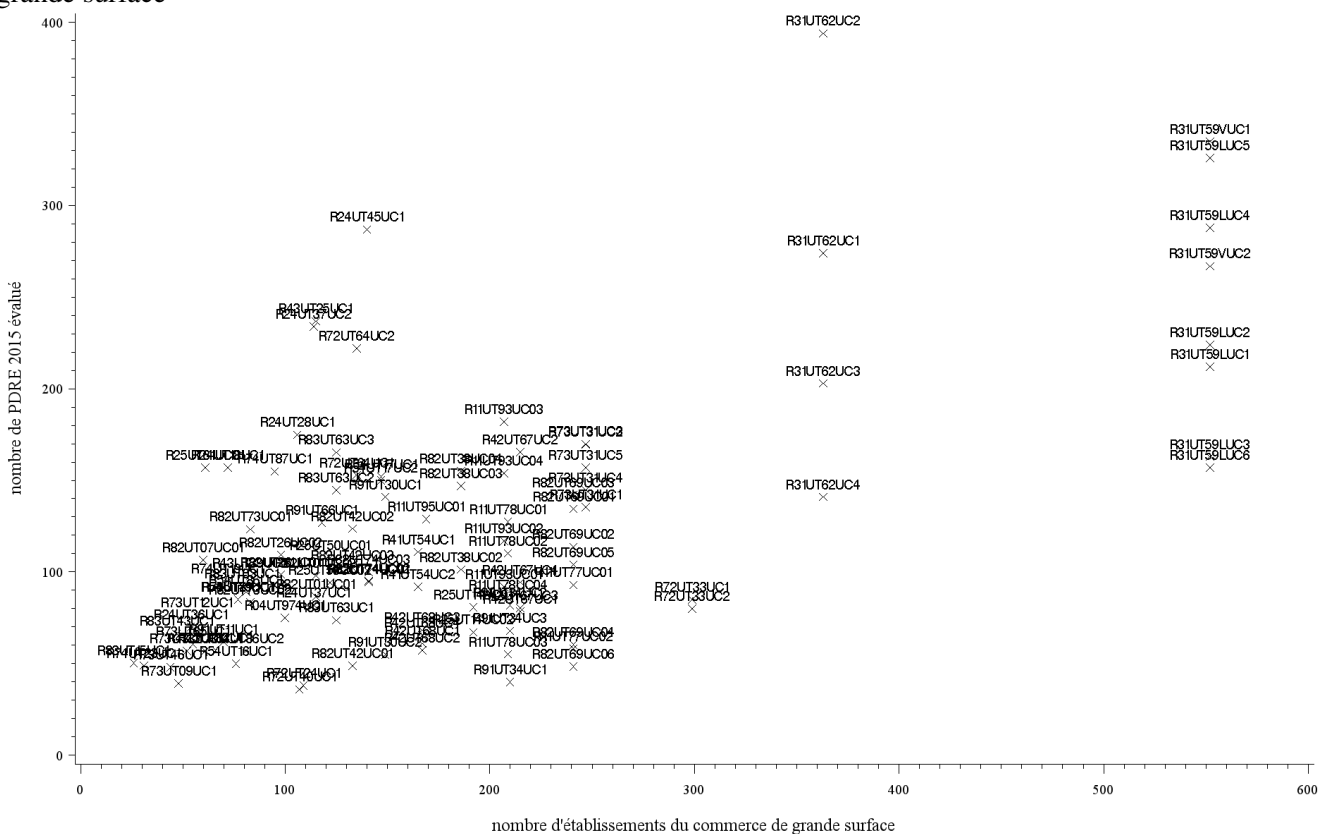
– Sur les 53 cas où le nombre de PDRE est mesuré au niveau de l’UC, la corrélation avec le nombre d’établissements est négative et non significative (Tableau C.12).

Tableau C.12 – Corrélations du nombre de PDRE observé au niveau Unité de Contrôle

variable	corrélation linéaire	p-value	corrélation rangs	p-value rangs
nombre_etablissements	-0,27	0,0508	-0,19	0,1787
nombre_etablissements_industrie	-0,29	0,0336	-0,24	0,0879
nombre_etablissements_medicosoc	0,00	0,9922	0,07	0,6116
nombre_etablissements_anciens	0,44	0,0009	0,37	0,0072
nombre_residences_anciennes	0,57	<.0001	0,54	<.0001
nombre_commerces_grande_surface	0,60	<.0001	0,51	0,0001
part_rural	-0,38	0,0046	-0,40	0,0028

– La corrélation du nombre de chantiers de désamiantage avec le nombre d’établissements du commerce de grande surface peut paraître très significative. Cependant un graphique de dispersion montre que cette relation est marquée par les unités du Nord-Pas-De-Calais (Graphique 6). Hormis celles-ci, la corrélation linéaire est ramenée à 0.17.

Graphique 6 – Nombre de PDRE évalué par UC en fonction du nombre d’établissements du commerce de grande surface



C.3 Comparaison de tirages

– Cette partie compare des plans de sondage pour un tirage de taille 50 parmi les 110 unités pour lesquelles une évaluation du nombre de PDRE est disponible au tirage de l'enquête. Le critère de qualité est le CV sur le vrai total du nombre de PDRE ainsi évalué.

– Un tirage aléatoire simple (équiprobabilité des échantillons de taille fixée) donne une incertitude inférieure à 6% du total du nombre de PDRE disponible (Tableau C.13). Une stratification des unités de contrôle selon la ruralité du département, ou entre les régions du Nord et du Sud, permet d'améliorer cette précision.

Tableau C.13 – Tirages aléatoires simples stratifiés

nombre de strates selon ruralité	total	P5	P95	CV lot 1	CV lot 2	CV
1	13 184	11 890	14 490	5,97	5,99	5,98
2	13 184	11 930	14 450	5,82	5,80	5,81
3	13 184	12 030	14 343	5,32	5,32	5,32
4	13 184	11 983	14 396	5,56	5,55	5,55
5	13 184	11 972	14 397	5,57	5,58	5,57
6	13 184	12 191	14 183	4,59	4,59	4,59
10	13 184	12 077	14 296	5,11	5,11	5,11
Nord/Sud	13 184	12 093	14 269	5,02	5,01	5,02

Notes :

– Le CV est l'écart quadratique moyen de l'estimateur du total à ce total, rapporté à celui-ci $\left(\sqrt{\text{Var}(\widehat{Y})} / Y\right)$, exprimé en pourcentage.

– Les deux lots de simulations sont composés de 100 000 itérations du tirage. La comparaison des deux chiffres permet d'évaluer la stabilité de l'estimation du CV. (Un calcul exact du CV est possible pour ce sondage aléatoire simple, mais pas pour les suivants.)

– 5% des 200 000 estimations du nombre de PDRE des 110 unités sont inférieures à P5 et 5% sont supérieures à P95.

– En relation avec la faiblesse du lien entre les nombres de PDRE et d'établissements, le tirage à probabilité proportionnelle ¹⁰ au nombre d'établissements détériore la précision (Tableau C.14). Cette approche suggère donc que la prise en compte de cette information auxiliaire n'est pas utile.

Tableau C.14 – Tirages à probabilité proportionnelle au nombre d'établissements

nombre de strates	total	P5	P95	CV lot 1	CV lot 2	CV
1	13 184	11 171	15 394	9,65	9,66	9,66
2	13 184	11 321	15 234	9,05	9,03	9,04
3	13 184	11 346	15 273	9,09	9,08	9,09
4	13 184	11 445	15 178	8,60	8,61	8,61
5	13 184	11 417	15 247	8,86	8,84	8,85
6	13 184	11 114	15 812	11,06	11,07	11,07
10	13 184	11 751	14 738	6,87	6,90	6,89
Nord/Sud	13 184	11 869	14 564	6,20	6,22	6,21

Note : Avec la stratification Nord/Sud, un tirage à probabilité proportionnelle au nombre d'établissements de grande surface (de niveau département) donne un CV de 8.7%. A probabilité proportionnelle au nombre de résidences anciennes, ce CV vaut 9.6%.

– En revanche, il est sans doute utile de tenir compte du nombre de PDRE connu (ou évalué) au préalable pour le tirage effectif ¹¹.

10. Un sondage s à probabilité proportionnelle à une variable x (connue sur la base de sondage, positive) est tel qu'il existe $\alpha > 0$ (facteur de proportionnalité) et \underline{x} (seuil d'exhaustivité) tels que la probabilité d'inclusion π ($\pi_i = \text{proba}(i \in s)$) vérifie : $\pi = \alpha x$ pour $x < \underline{x}$ et $\pi = 1$ sinon. Le programme distingue une strate exhaustive si la proportionnalité pure n'est pas réalisable. En ce cas, le seuil d'exhaustivité est déterminé par la plus petite valeur \underline{x} de la variable x telle que $\frac{|s| - |x > \underline{x}|}{\sum_{x \leq \underline{x}} x} \geq 1$, en suivant les valeurs décroissantes de \underline{x} tant que cette condition est vérifiée. Dans ce document, X_{A+} représente la somme de la variable X sur le domaine A , et celui-ci est omis lorsqu'il est confondu avec l'ensemble global. Par ailleurs, $|A|$ désigne le cardinal d'un ensemble A .

11. En effet, un tirage à probabilité proportionnelle à une variable estime le total de celle-ci avec une variance nulle.

– L'équilibrage du tirage permet d'améliorer la précision (Tableau C.15). Cependant les résultats d'une régression linéaire font douter de la robustesse de la relation entre ces variables et le nombre de PDRE (C.2). En particulier, les signes négatifs des coefficients pour les nombres d'établissements et de logements anciens sont contraires aux attentes.

Tableau C.15 – Précision de tirages équilibrés pour estimer le nombre de PDRE

probabilités d'inclusion	total	P5	P95	CV lot 1	CV lot 2	CV
proportionnelles au nombre d'établissements	13 184	11 926	14 576	6,11	6,13	6,12
égales	13 184	12 139	14 248	4,91	4,88	4,89
égales+stratifié Nord/Sud	13 184	12 218	14 157	4,39	4,47	4,43
idem+part du rural	13 184	12 241	14 135	4,36	4,34	4,35
égales 2 variables	13 184	12 101	14 278	4,94	4,98	4,96

Notes :

– Les variables d'équilibrage sont, outre la probabilité d'inclusion ¹² :
*nombre_etablissements_industrie nombre_etablissements_medicosoc nombre_etablissements_anciens nombre_residences_an
nombre_commerces_grande_surfac. La dernière ligne résulte de l'équilibrage sur les variables nombre_etablissements_medicosoc
nombre_commerces_grande_surfac.*

– Les deux lots de simulations sont composés ici de 10 000 itérations.

⇒ L'option d'équilibrer le tirage des unités de contrôle a été écartée comme trop risquée.

Annexe D Choix de l'estimateur et calculs de précision

D.1 Notations

– s représente l'échantillon (ou l'échantillonnage selon le contexte), en confondant l'ensemble avec les indicatrices d'appartenance à celui-ci ($s_i = 1$ si $i \in s$, 0 sinon). Sa taille est notée $|s|$ ou s_+ .

– r_m est l'échantillon des unités répondantes enquêtées au titre du mois m

– Y est le total d'une variable d'intérêt y . (L'estimation d'un ratio se ramène à une fonction d'estimateurs de totaux.) y_s est le vecteur des valeurs de y sur l'ensemble s .

– \widehat{Y}^s est un estimateur de Y en fonction de l'échantillon s

– i_1 est une unité de contrôle

– m est le mois de référence pour une unité de contrôle donnée

– c est le nombre de chantiers (annuel), c_m le nombre de chantiers du mois m , c_{10} le nombre de chantiers enquêtés (les 10 derniers de la période $[m - 11, m]$ ¹³, et $c_{10,m}$ le nombre de ceux-ci datés du mois de référence)

– $y_{10}(i_1)$ est le total de la variable y sur les chantiers enquêtés pour l'unité i_1

– $y_{10,m}(i_1)$ est le total de la variable y sur les chantiers du mois m enquêtés pour l'unité i_1

– π_r est la probabilité de réponse de l'unité conditionnellement à sa présence dans l'échantillon, et $\widehat{\pi}_r$ son estimation

– $\pi_{r,y}$ est la probabilité de réponse à la variable y conditionnellement à l'échantillonnage de l'unité, et $\widehat{\pi}_{r,y}$ son estimation

D.2 Formules d'estimation

Dans la logique pure d'une estimation en deux phases, il conviendrait dans une première étape d'extrapoler (pondérer) la réponse de chaque unité enquêtée $y_{10}(i_1)$ pour estimer le total de l'unité y_{i_1} .

Une difficulté est que le tirage des chantiers enquêtés de l'unité n'est pas simple (ni même rigoureusement probabilisable). De plus, l'estimateur doit tenir compte au mieux de la saisonnalité des chantiers de désamiantage.

– L'estimateur Horvitz-Thompson du total Y d'une variable d'intérêt y s'exprime par (eD.2).

$$\widehat{Y}^s = \sum_s \frac{y}{\pi} \quad (\text{eD.2})$$

12. La condition d'équilibrage $\sum_s \frac{\pi}{\pi} = \sum \pi$ équivaut à $s_+ = E(s_+)$ et donc à celle d'une taille d'échantillon fixe.

13. Cette période de référence peut chevaucher les années 2015 et 2014.

où $\pi_i = \text{proba}(i \in s) = E(s_i)$ est la probabilité d'inclusion dans l'échantillon. L'estimateur Horvitz-Thompson est sans biais si $\pi(\Omega) > 0$ (toutes les unités ont une chance d'être échantillonnées).

– En présence de non-réponse, l'estimateur par expansion (eD.3) estime sans biais le total en fonction des données observées sur l'échantillon des répondants r .

$$\widehat{Y}^r = \sum_s \frac{y^r}{\pi \pi_r} \quad (\text{eD.3})$$

où $\pi_r = \text{proba}(i \in r|s)$ est la probabilité de réponse conditionnellement à l'échantillon ¹⁴.

– La variance de l'estimateur du total d'une variable y sur l'échantillon s d'un sondage SAS (échantillons de taille fixe et équiprobables) est estimée sans biais par (eD.4), cf [PA] p64.

$$\widehat{\text{Var}}[\widehat{Y}^s] = N^2 \frac{1 - \frac{n}{N}}{n} \mathcal{Q}_s^2(y) \quad (\text{eD.4})$$

(où N est la taille de la population, $n = s_+$ celle de l'échantillon, $\mathcal{Q}_s^2(y) = \frac{1}{|s|-1} \sum_s (y - \bar{y}^s)^2$)

– La variance pour un sondage de taille fixe à probabilités inégales (désigné par PPS) est estimée approximativement par la formule de Deville (eD.5) ¹⁵.

$$\widehat{\text{Var}}(\widehat{Y}^s) = \frac{n}{n-1} \sum_s (1 - \pi) \left(\frac{y}{\pi} - \frac{\sum_s \frac{y}{\pi} (1 - \pi)}{\sum_s (1 - \pi)} \right)^2 \quad (\text{eD.5})$$

– Pour les vecteurs y_I indicés par l'ensemble I , une forme quadratique est une fonction bilinéaire du type $Q(y_I) = y_I' A y_I$, où A est une matrice carrée $I \times I$. Les deux estimateurs précédents (eD.4, eD.5) sont des formes quadratiques (positives) des données y_s observées sur l'échantillon.

– Si la non-réponse suit un processus poissonnien (ie les réponses sont indépendantes), alors une forme quadratique de l'échantillon ($Q(y_s)$) peut être estimée sur les répondants sans biais conditionnel (à l'échantillon s) par (eD.6). Ce type d'estimateur est référence sous le terme de 'plug-in'. (Un estimateur de totaux est 'branché' dans un estimateur de variance fonction de ces totaux.)

$$\widehat{Q}(y_s)^r = Q\left(\frac{y^r}{\pi_r}\right) - \sum_s q \left(\frac{y^r}{\pi_r}\right)^2 (1 - \pi_r) \quad (\text{eD.6})$$

où q désigne le coefficient diagonal de Q ($q_i = Q[\delta_i]$, δ_i désigne l'indicatrice de i)

– Le coefficient diagonal de l'estimateur de la variance d'un SAS est donné par (eD.7) ¹⁶.

$$q = N^2 \frac{1 - \frac{n}{N}}{n} \frac{1}{n} = w^2 \left(1 - \frac{n}{N}\right) \quad (\text{eD.7})$$

où w est le poids de tirage, égal à l'inverse du taux de sondage $\frac{n}{N}$

– Le coefficient diagonal de l'estimateur de variance de Deville vaut (eD.8).

$$q = \frac{n}{n-1} \frac{1 - \pi}{\pi^2} \left\{ 1 - \frac{1 - \pi}{\sum_s (1 - \pi)} \right\} \quad (\text{eD.8})$$

¹⁴. Lorsque la probabilité de réponse d'une unité ne dépend pas du reste de l'échantillon, $\pi_r(i) = \text{proba}(i \in r|i \in s)$ et donc cet estimateur est également de type Horvitz-Thompson. L'estimateur (eD.3) est sans biais si $\pi \pi_r(\Omega) > 0$.

¹⁵. L'approximation est basée sur une approche asymptotique. Celle-ci suppose notamment que le sondage est d'entropie ($-\sum_{s \in S} p(s) \log[p(s)]$) maximale sous la contrainte de taille fixe. L'estimateur de variance est égal au précédent si la probabilité d'inclusion est constante.

¹⁶. Le coefficient diagonal de \mathcal{Q}_s^2 vaut $\frac{1}{|s|}$. Il peut se déduire soit du fait que $m \left\{ \left(\delta_i - \frac{m[\delta_i]}{m(1)} \right)^2 \right\} = m_i \left(1 - \frac{m_i}{m(1)} \right)$, pour une mesure m sur s , soit de ce que : $\mathcal{Q}_s^2(y) = \left\| \text{proj}_{\mathbb{1}_s^\perp}(y) \right\|^2 / \text{trace} \left\{ \text{proj}_{\mathbb{1}_s^\perp} \right\} = y' \text{proj}_{\mathbb{1}_s^\perp} y / \text{trace} \left\{ \text{proj}_{\mathbb{1}_s^\perp} \right\}$, d'où $\text{trace} \left[\mathcal{Q}_s^2 \right] = 1$ et donc $\sum_{i \in s} \delta_i' \mathcal{Q}_s^2 \delta_i = |s| \delta_i' \mathcal{Q}_s^2 \delta_i = 1$, vu la symétrie de \mathcal{Q}_s^2 .

– Si les probabilités d’inclusion doubles sont non nulles, la variance du total estimé par Horvitz-Thompson est estimée sans biais par (eD.9) ¹⁷. Le coefficient diagonal de cette forme quadratique est donné par (eD.11).

$$\widehat{Var}(\widehat{Y}^s) = \sum_{i,j \in s} \frac{y(i)}{\pi} \frac{y(j)}{\pi} \frac{Cov(s_i, s_j)}{\pi_{i,j}} = \sum_{i,j \in s} \frac{y(i)}{\pi} \frac{y(j)}{\pi} \frac{\pi_{i,j} - \pi_i \pi_j}{\pi_{i,j}} \quad (\text{eD.9})$$

$$q_i = \frac{1}{\pi_i^2} \frac{\pi_i - \pi_i^2}{\pi_i} = \frac{1 - \pi_i}{\pi_i^2} \quad (\text{eD.11})$$

– Sous l’hypothèse d’une réponse poissonnienne, la variance de l’estimateur par expansion due à la non-réponse s’exprime par (eD.12).

$$V_r = E[Var(\widehat{Y}^r | s)] = E\left[\sum_s \left(\frac{y}{\pi \pi_r}\right)^2 \pi_r (1 - \pi_r)\right] = \sum_s \left(\frac{y}{\pi \pi_r}\right)^2 \pi_r (1 - \pi_r) \pi \quad (\text{eD.12})$$

– La variance de l’estimateur calculé sur l’échantillon des répondants s’estime en fonction de ce même échantillon à partir de la forme quadratique Q de l’estimateur sans non réponse par (eD.13).

$$\begin{aligned} \widehat{Var}(\widehat{Y}^r) &= Q\left(\frac{y^r}{\pi_r}\right) - \sum_s q\left(\frac{y^r}{\pi_r}\right)^2 (1 - \pi_r) + \sum_s \left(\frac{y^r}{\pi \pi_r}\right)^2 \frac{\pi_r (1 - \pi_r) \pi}{\pi \pi_r} \\ &= Q\left(\frac{y^r}{\pi_r}\right) + \sum_s \left(\frac{y^r}{\pi_r}\right)^2 (1 - \pi_r) \left(\frac{1}{\pi^2} - q\right) \end{aligned} \quad (\text{eD.13})$$

• En considérant que l’estimateur de variance sans non réponse est une approximation de (eD.9), son coefficient diagonal est approximé par (eD.11). Ainsi, l’estimateur de variance sur l’échantillon des répondants se simplifie en (eD.14). Cette formule s’applique exactement à un sondage SAS.

$$\widehat{Var}(\widehat{Y}^r) = Q\left(\frac{y^r}{\pi_r}\right) + \sum_s \left(\frac{y^r}{\pi_r}\right)^2 (1 - \pi_r) \frac{1}{\pi} \quad (\text{eD.14})$$

→ C’est cette expression qui est appliquée en pratique pour estimer la variance des variables de niveau unité (nombre de chantiers et quantité de matériaux), en utilisant la forme quadratique Q définie par (eD.4) ou par (eD.5) selon la strate de tirage.

– Comme la probabilité de réponse est inconnue, elle est remplacée par le taux de réponse des unités observé par strate de tirage (Tableau 7), dans un premier temps. A noter que, classiquement, le fait que la probabilité de réponse soit estimée dans l’estimateur du total n’est pas pris en compte dans l’estimateur de variance (du total estimé). Cette omission contribue vraisemblablement à sous-estimer la variance.

– Dans un second temps, la non-réponse partielle est prise en compte en multipliant la probabilité de réponse de l’unité par une évaluation de la probabilité de réponse à la variable conditionnellement à l’échantillon des répondants. Ce dernier facteur est calculé par strate de tirage comme le rapport du nombre d’unités répondantes à la variable pour au moins un chantier sur le nombre de répondants. Les évaluations obtenues figurent dans la première partie du Tableau D.16.

Tableau D.16 – Evaluation de la probabilité conditionnelle de réponse partielle

strate de tirage	quantité de matière	nature de l’ouvrage	nature des travaux	matériaux concernés	localisation dans l’ouvrage
par unité :					
avec PDRE-Nord	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00
avec PDRE-Sud	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
sans PDRE-Nord	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00
sans PDRE-Sud	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
par chantier :					
avec PDRE-Nord	0,74	1,00	0,99	0,91	0,99
avec PDRE-Sud	0,63	0,96	0,99	0,83	1,00
sans PDRE-Nord	0,55	0,93	0,97	0,83	0,95
sans PDRE-Sud	0,71	0,97	0,98	0,84	0,95

Note : Les estimations de la probabilité de réponse par chantier sont calculées comme le rapport du nombre de chantiers pour lesquelles la variable est renseignée sur le nombre de chantiers décrits. Elles ne sont pas utilisées dans la suite.

17. Cette forme quadratique n’est pas nécessairement positive. Si la taille d’échantillon est fixe ($s_+ = E(s_+) = \pi_+$), l’estimateur de Yates-Grundy (eD.10) présente l’avantage par rapport à (eD.9) d’être positif à la condition que $\forall i \neq j, \pi_{i,j} \leq \pi_i \pi_j$. Cet estimateur de variance est également sans biais si $\pi(\Omega \times \Omega) > 0$.

$$\widehat{V}_s^{s,YG} = -\frac{1}{2} \sum_{i,j \in s} \frac{\pi_{i,j} - \pi_i \pi_j}{\pi_{i,j}} \left(\frac{y(i)}{\pi} - \frac{y(j)}{\pi}\right)^2 \quad (\text{eD.10})$$

• Pour les estimateurs "chantiers", le tirage d'un sous-échantillon mensuel ¹⁸ induit un terme supplémentaire de variance. Soient G les groupes mensuels, G_s les indicatrices correspondantes (pour $g \in G$, $g_i = 1$ si $i \in g$, 0 sinon ¹⁹), n_G les tailles des sous-échantillons. L'échantillon s est réparti en sous-échantillons s_G équiprobables de tailles fixes par groupe, n_G . L'estimateur de variance considère que sur le sous-échantillon g , y_g est observée (et pas y_{G+}).

– Les totaux s'estiment sur les données mensuelles par (eD.15).

$$\widehat{Y}_{G+}^s = \sum_s \frac{y_g \frac{n}{n_g}}{\pi} \quad (\text{eD.15})$$

– Le terme de variance additionnelle due à la répartition de l'échantillon en groupes mensuels se formule $\Delta V = E \{Var [\widehat{Y}^{sM} | s]\}$ ²⁰. Son estimation est basée sur l'expression (eD.16).

$$Var [\widehat{Y}^{sG} | s] = \sum_{i,j \in s} \sum_{g, \tilde{g} \in G} Cov \left\{ \frac{y_g(i) \frac{n}{n_g} g_i}{\pi}, \frac{y_{\tilde{g}}(j) \frac{n}{n_{\tilde{g}}}}{\pi} \right\} = \sum_{i,j \in s} \sum_{g, \tilde{g} \in G} \frac{y_g(i) \frac{n}{n_g}}{\pi} \frac{y_{\tilde{g}}(j) \frac{n}{n_{\tilde{g}}}}{\pi} Cov(g_i, \tilde{g}_j) \quad (\text{eD.16})$$

– Un estimateur de ce terme additionnel est fourni par (eD.17). La non-réponse est ensuite prise en compte par plug-in, avec le terme correctif adéquat.

$$\widehat{\Delta V} = \sum_{i,j \in s} \frac{y_g(i)}{\pi \pi_g} \frac{y_{\tilde{g}}(j)}{\pi \pi_{\tilde{g}}} \left\{ 1 - \frac{\pi_g(i) \pi_{\tilde{g}}(j)}{E(g_i \tilde{g}_j)} \right\} \quad (\text{eD.17})$$

– Les coefficients $f(i, j, g, \tilde{g}) = Cov(g_i, \tilde{g}_j)$ sont calculables à partir de la probabilité de la répartition de l'échantillon en groupes : $proba(s_G | s) = \frac{n!_G}{n!}$ ²¹. Les probabilités d'inclusion double pour une répartition mensuelle valent (Tableau D.17).

Tableau D.17 – Valeurs possibles des probabilités d'inclusion double mensuelles

$E[m_i \tilde{m}_j]$	$m = \tilde{m}$	$m \neq \tilde{m}$
$i = j$	$\pi_m(i) = \frac{1}{12}$	0
$i \neq j$	$\frac{n_m(n_m - 1)}{n(n - 1)} = \frac{(n/12)(n/12 - 1)}{n(n - 1)}$	$\frac{n_m n_{\tilde{m}}}{n(n - 1)} = \frac{(n/12)^2}{n(n - 1)}$

Notes :

$$- \text{proba}(i, j \in g) = \frac{\binom{n-2}{n_g-2} \prod_{\tilde{g} > g} \binom{n-n_{\tilde{g}}}{n_{\tilde{g}}}}{\frac{n!}{n!_G}} = \frac{\binom{n-2}{n_g-2}}{\binom{n}{n_g}} = \frac{1}{\frac{n}{n_g} \frac{n-1}{n_g-1}}$$

$$- \text{Pour } \tilde{g} \neq g, \text{proba}(i \in g, j \in \tilde{g}) = \frac{\binom{n-2}{n_g-1} \binom{n-n_g-1}{n_{\tilde{g}}-1} \prod_{\tilde{g} > g} \binom{n-n_{\tilde{g}}}{n_{\tilde{g}}}}{\frac{n!}{n!_G}} = \frac{\binom{n-2}{n_g-1} \binom{n-n_g-1}{n_{\tilde{g}}-1}}{\binom{n}{n_g} \binom{n-n_g}{n_{\tilde{g}}}} = \frac{1}{\frac{n(n-1)}{n_g(n-n_g)} \frac{n-n_g}{n_{\tilde{g}}}}$$

– Démonstration plus simple : $\sum_{i \neq j \in s} proba(i \in g, j \in \tilde{g}) = \sum_{i \neq j \in s} E(g_i \tilde{g}_j) = E(g_i \tilde{g}_+) = n_g n_{\tilde{g}} = n(n-1) proba(i \in g, j \in \tilde{g})$ (par symétrie).

$$- \text{La condition de Yates-Grundy n'est pas satisfaite : } \frac{(n/12)^2}{n(n-1)} = \left(\frac{1}{12}\right)^2 \frac{n}{n-1} > \left(\frac{1}{12}\right)^2.$$

18. Plus précisément, les variables observées varient selon le sous-échantillon. Pour le mois m , y_{i0} est mesuré sur les 10 derniers chantiers en fin du mois m .

19. Il est équivalent de considérer G_s comme un $|s|$ -uplet de valeurs de $G : i \in s \mapsto g_i \in G$. Le plan de sondage est tel que pour $g \in G$ et $i \in s$, g_i est aléatoire et $p(g_i = 1 | s) = n_g / n$.

20. La variance des estimateurs de totaux peut se décomposer ainsi : $Var(\widehat{Y}^{sG}) = Var\{\widehat{Y}_+^{sG}\} + E[Var(\widehat{Y}_+^{sG} | s)]$. La sommation symbolisée par + porte sur les groupes mensuels. Pour les fonctions non linéaires de totaux, cette décomposition passe par une approximation linéaire.

21. L'indiciage d'une fonction par un ensemble suivi d'un opérateur veut signifier que celui-ci est appliqué à la fonction sur l'ensemble : $n!_G = \prod_{g \in G} n_g!$. Il y a $\prod_{g \in G} \binom{|s| - n_{<g+}}{n_g} = \frac{\prod (|s| - n_{<g+})!}{\prod n_G! \prod (|s| - n_{\leq g+})!} = \frac{|s|!}{n!_G}$ possibilités de répartir l'ensemble s en sous-ensembles de tailles n_G .

D.3 Linéarisations

– Certain des estimateurs utilisés ici sont similaires à : $\widehat{Y} = \sum_{m \in M} \widehat{C}_m^{s_1} \frac{\widehat{Y}_m^{s_2}}{\widehat{C}_m^{s_2}} = f(\widehat{C}_M^{s_1}, \widehat{Y}_M^{s_2}, \widehat{C}_M^{s_2})$. Pour approximer la précision de ce type d'estimateur, une linéarisation est utilisée ²², cf [JCD].

• La linéarisation dans le cadre d'un tirage en deux phases peut s'appuyer sur l'approximation décrite par (eD.18).

$$\begin{aligned} Var \{f[\widehat{Y}^{s_2}]\} &\cong Var \{f'(Y) \widehat{Y}^{s_2}\} = f'(Y) Var [\widehat{Y}^{s_2}] f'(Y)' \\ &= f'(Y) \{Var [\widehat{Y}^{s_1}] + E \{Var [\widehat{Y}^{s_2} | s_1]\}\} f'(Y)' \\ &= Var \{f'(Y) \widehat{Y}^{s_1}\} + E[Var \{f'(Y) \widehat{Y}^{s_2} | s_1\}] \end{aligned} \quad (\text{eD.18})$$

Note : Dans le terme $Var \{f'(Y) \widehat{Y}^{s_2} | s_1\}$, les variables observées au niveau de s_1 peuvent être annulées.

Dans cette optique, l'approximation de la variance peut se déduire d'estimateurs des variances des deux phases selon (eD.19). Ceci indique les linéarisées à utiliser pour chaque terme, en utilisant un plug-in pour la première linéarisée afin de tenir compte du fait que $y_1(s_1)$ n'est pas connu exactement pour les variables collectées en deuxième phase.

$$\widehat{V} = \widehat{V}_1 \{f'[\widehat{Y}^{s_2}] \widehat{y}_1\} + \widehat{V}_2 \{f'[\widehat{Y}^{s_2}] y_2\} \quad (\text{eD.19})$$

• Pour la composante de variance de première phase, qui revient (approximativement) à mesurer $Var \{f'[\widehat{Y}^{s_1}]\}$, l'estimateur peut exploiter l'information $y_M(s)$, et $\left(\frac{Y}{C}\right)_m^{s_1} = \frac{Y_m^{s_1}}{C_m^{s_1}}$. Par conséquent l'estimateur du total se ramène à $\sum_s \frac{y_{M+}}{\pi}$. Dans cette optique, il n'est pas nécessaire de linéariser. L'estimateur de la variance de première phase pour un total est appliqué à $\widehat{y_{M+}}(s)$.

• Pour la variance de deuxième phase, \widehat{C}_M est constant, comme fonction de s_1 , et la linéarisation est restreinte aux termes $\left(\frac{Y}{C}\right)_M^{s_2}$.

D.4 Récapitulatif de l'estimateur de variance

$$\begin{aligned} \widehat{V}(\widehat{Y}) &= \sum_{h \in H} Q_h \left\{ \frac{\widehat{y}_{M+r_y}}{\pi \pi_{r_y}} \right\} + \sum_{r_y} \left(\frac{\widehat{y}_{M+r_y}}{\pi_{r_y}} \right)^2 (1 - \pi_{r_y}) \frac{1}{\pi} \\ &+ \sum_{i, j \in r_y} \frac{\widehat{y}_m}{\pi \pi_{r_y} \pi_m}(i) \frac{\widehat{y}_m}{\pi \pi_{r_y} \pi_m}(j) \left(1 - \frac{\pi_m(i) \pi_m(j)}{\pi_m(i, j)} \right) - \sum_{r_y} \left(\frac{\widehat{y}_m}{\pi \pi_{r_y} \pi_m} \right)^2 (1 - \pi_{r_y}) \end{aligned} \quad (\text{eD.20})$$

- ▷ H désigne l'ensemble des strates de tirage
- ▷ Q est l'une des deux formes quadratiques (eD.4) ou (eD.5), selon la strate de tirage
- ▷ \widehat{y}_{M+} est une évaluation du total de la variable y sur les 12 mois
- ▷ r_y est l'indicatrice de réponse à la variable y (identifiée à l'échantillon des répondants à y) et π_{r_y} est la probabilité correspondante (conditionnellement à l'échantillon, approximée)
- ▷ \widehat{y}_m est une évaluation du total de y sur le mois m (ou une linéarisée convenable)
- ▷ $\pi_m = 1 / 12$
- ▷ $\pi_m(i, j)$ est donné par le Tableau D.17.

22. Il s'agit ici de remplacer l'estimateur par une fonction linéaire d'estimateurs de totaux en fonction de s_M , l'échantillon décomposé par groupe mensuel.

NB : Les estimations de précision et d'intervalles de confiance fournies doivent être considérées avec circonspection :

- La pertinence de l'approximation asymptotique est limitée par la faiblesse de l'échantillon (et de la population).
- Le 'tirage' des 10 chantiers n'est pas représenté par un terme additionnel dans cette mesure de précision. La sous-estimation de la variance est limitée par l'effet du "plug-in".
- Le traitement de la non-réponse partielle est discutable.
- Le biais lié aux probabilités d'inclusion nulle n'est pas pris en compte dans l'indicateur de précision.

D.5 Estimation du nombre de chantiers

L'application de la formule (eD.3) aux réponses à l'enquête estime le nombre de chantiers de désamiantage en 2015 à environ 25 000 (Tableau D.18).

Tableau D.18 – Estimation du nombre de chantiers de désamiantage

nombre pdre estimé	borne inférieure ic	borne supérieure ic	borne inférieure ic sans nr	borne supérieure ic sans nr	CV	CV sans non réponse
24 598	21 182	28 014	21 645	27 551	6,94	6,00

Notes :

- La variance sans non réponse est estimée selon la formule (eD.6). Elle permet d'évaluer l'incidence de la non-réponse sur la précision.
- Les CV sont en pourcentage.
- L'intervalle de confiance est évalué avec plus ou moins deux écarts-types.
- Les 57 répondants ont tous renseigné le nombre de chantiers 2015 (pas de non-réponse partielle à cette variable).

D.6 Estimations de caractéristiques des chantiers

- Les chantiers décrits par les répondants sont concentrés sur leur mois de référence (Tableau D.19). La diagonale contient 326 des 568 chantiers décrits.

Tableau D.19 – Nombre de chantiers décrits selon le mois de référence pour le répondant

mois enquêté	nombre répondants	nombre de chantiers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5	410	26	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	19
2	3	404	0	13	1	2	0	1	1	2	3	3	0	2
3	5	503	5	8	30	1	1	0	0	1	1	1	2	0
4	5	517	4	4	11	31	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	553	0	2	4	19	24	0	0	0	1	0	0	0
6	5	466	5	1	0	3	6	34	0	0	1	0	0	0
7	5	515	0	0	1	2	4	14	29	0	0	0	0	0
8	5	544	0	0	0	0	1	7	21	20	1	0	0	0
9	4	739	0	0	0	0	0	0	4	11	24	1	0	0
10	5	481	0	0	0	0	0	2	0	0	16	32	0	0
11	5	641	0	0	0	0	0	2	1	4	5	9	28	1
12	5	524	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	11	35

remarque : Pour palier le défaut de réponse de l'unité UT59LUC3, le nombre annuel de chantiers a été ventilé uniformément sur les 12 mois avant l'estimation.

- Onze des répondants ont déclaré tous leurs chantiers enquêtés sur leur mois de référence. Ils font tous partie des 22 unités d'au moins 100 chantiers sur l'année.

■ Le premier estimateur de total (**eD.21**) ne tient compte que des chantiers décrits pour le mois enquêté (m). Une extrapolation à l'année est effectuée au niveau de l'unité, simplement par le facteur 12.

$$\widehat{Y}^{v_1} = \sum_r \frac{y_{10,m} c_m 12}{\pi \widehat{\pi}_{r,y}} \quad (\text{eD.21})$$

(où $c_{10,m,y}$ désigne le nombre de chantiers du mois enquêté pour lesquels y est renseigné)

→ Les CV estimés dépassent 20% dans 17 cas sur 22 (**Tableau D.20**).

Tableau D.20 – Estimateur avec extrapolation uniquement au sein du mois enquêté - v_1

variable	statistique	1	2	3	4	5	6	7	8	0	total
quantité de matière	niveau									146 532 774	
	borne inf									62 457 598	
	borne sup									230 607 950	
	CV (%)									28,7	
nature de l'ouvrage	niveau	19 185	818	1 397	2 504	0	0	4 731	2 135		30 770
	borne inf	12 438	91	511	994	0	0	2 673	905		17 611
	borne sup	25 931	1 546	2 284	4 014	0	0	6 789	3 365		43 929
	CV (%)	17,6	44,5	31,7	30,2			21,8	28,8		
nature des travaux	niveau	4 302	20 035	260	749						25 347
	borne inf	2 588	12 954	-41	-160						15 341
	borne sup	6 016	27 117	562	1 658						35 353
	CV (%)	19,9	17,7	57,9	60,7						
matériaux concernés	niveau	19 201	5 917	391	4 606	1 898	0				32 014
	borne inf	12 482	3 285	46	2 571	318	0				18 701
	borne sup	25 920	8 550	737	6 642	3 478	0				45 327
	CV (%)	17,5	22,2	44,2	22,1	41,6					
localisation dans l'ouvrage	niveau	13 021	12 630	2 116	257	856	861				29 741
	borne inf	7 459	8 669	522	-73	233	243				17 053
	borne sup	18 583	16 591	3 710	587	1 479	1 478				42 429
	CV (%)	21,4	15,7	37,7	64,1	36,4	35,9				

Notes :

– Les réponses multiples d'une unité à une même variable sont comptabilisées. Ceci peut expliquer les totaux nettement plus élevés que 25 000. Ceux-ci sont fournis comme contrôle des réponses multiples.

– Le troisième terme de (**eD.20**) est calculé ici avec $\widehat{y}_m = \frac{y_{10,m}}{c_{10,m,y}} c_m$. Les deux premiers utilisent $\widehat{y}_{M+} = \frac{y_{10}}{c_{10,y}} c_+$, comme les versions suivantes.

– Pas de linéarisation pour ce calcul de variance.

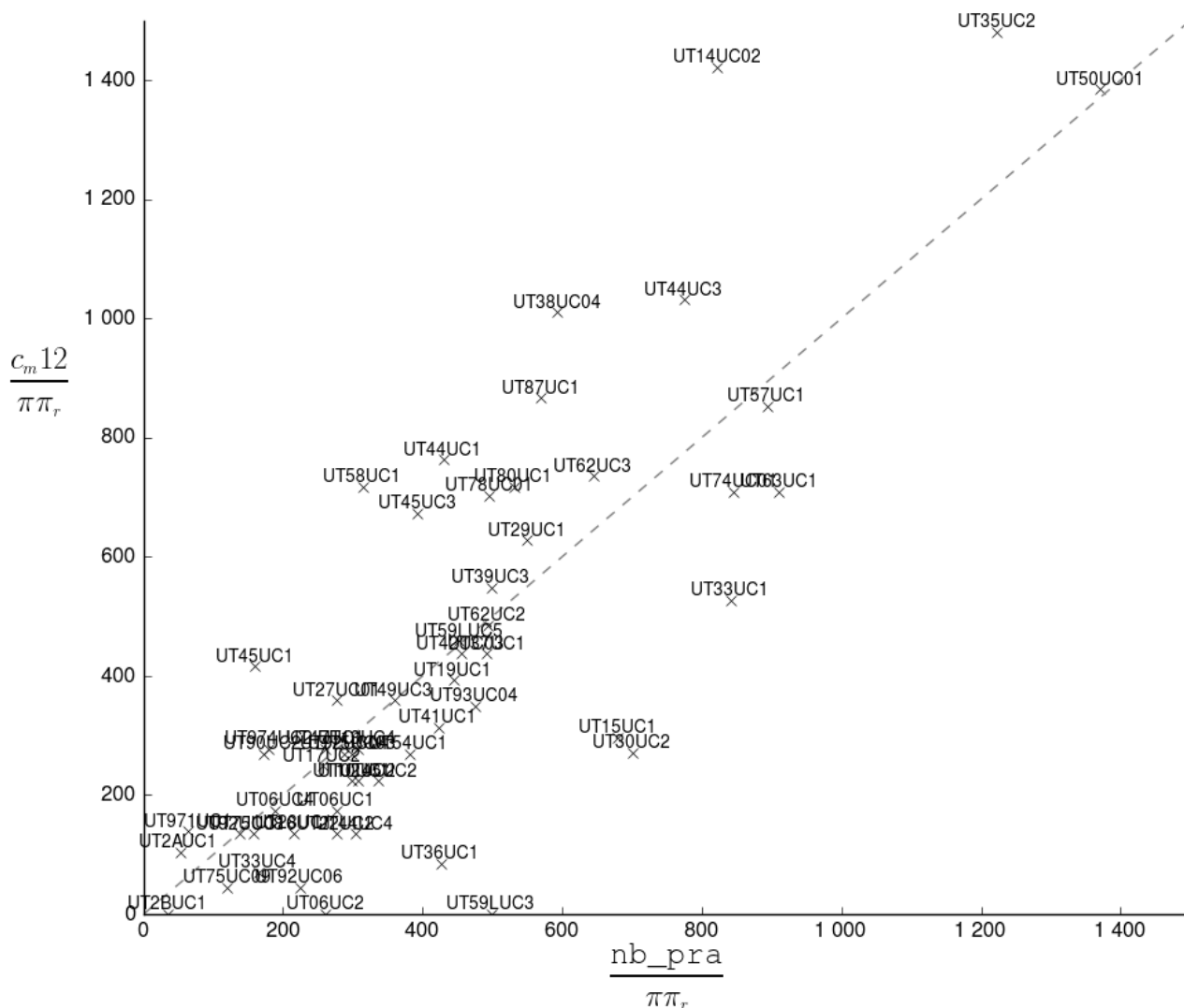
– Les bornes de l'intervalle de confiance valent l'estimation plus ou moins deux fois l'écart-type estimé.

– Les CV sont améliorés, parfois sensiblement, par la restriction du dénominateur aux chantiers répondants pour y (via $c_{10,m,y}$).

Cet effet conforte la pertinence de l'indicateur de précision.

– La fragilité de l'estimateur v_1 (par rapport aux suivants) pourrait découler de la faiblesse du nombre de chantiers du mois enquêté pour certaines unités (Graphique 7). Cependant, la mise à l'écart des réponses des unités UT06UC2, UT30UC2, UT15UC1 et UT33UC1 ne modifie pas sensiblement les niveaux et les CV estimés. C'est le cas également si l'unité UT14UC02 est éliminée des répondants.

Graphique 7 – Effet de l'extrapolation du mois à l'année et de la pondération



Notes :

- c_m est le nombre de chantiers déclaré pour le mois de référence. nb_pra est le nombre de chantiers sur l'année.
- Pour l'unité de contrôle UT06UC2 ("Est et Nice"), le nombre de chantiers du mois enquêté (février) est nul, contrairement aux autres mois. Les unités UT59LUC3 et UT2BUC1 sont totalement et partiellement non-répondantes pour ce nombre mensuel.

■ L'extrapolation directe à l'unité, sans restriction au mois échantillonné, est formulée par (eD.22), où c_+ désigne le nombre de chantiers en 2015 (variable nb_pra) et $c_{10,y}$ le nombre de chantiers renseignés pour y .

$$\widehat{Y}^{v_2} = \sum_r \frac{\frac{y_{10}}{c_+} c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r,y}} \quad (\text{eD.22})$$

– Cet estimateur fournit des estimations proches de la version précédente (Tableau D.21). Les écarts de plus de 10% entre les deux estimations n'affectent que des totaux inférieurs à 2 000. La comparaison des précisions (évaluées) paraît favorable à cette version : le CV est amélioré dans 17 cas sur 22. La seule détérioration importante de la précision porte sur la modalité 3 de la nature des travaux, dont le total est inférieur à 200.

Tableau D.21 – Extrapolation à l'ensemble des chantiers de l'unité- v_2

variable	statistique	1	2	3	4	5	6	7	8	0	total
quantité de matière	niveau									156 614 402	
	borne inf									69 350 336	
	borne sup									243 878 468	
	CV (%)									27,9	
nature de l'ouvrage	niveau	19 853	766	1 211	2 406	0	0	5 098	2 195		31 527
	borne inf	13 503	79	380	1 249	0	0	2 861	1 052		19 124
	borne sup	26 202	1 453	2 042	3 563	0	0	7 334	3 338		43 931
	CV (%)	16,0	44,8	34,3	24,0			21,9	26,0		
nature des travaux	niveau	4 667	19 817	154	706						25 344
	borne inf	2 944	13 390	-63	-146						16 125
	borne sup	6 390	26 245	371	1 558						34 564
	CV (%)	18,5	16,2	70,5	60,3						
matériaux concernés	niveau	19 840	5 639	265	4 236	1 515	0				31 496
	borne inf	13 560	3 243	33	2 532	354	0				19 722
	borne sup	26 121	8 035	497	5 940	2 677	0				43 270
	CV (%)	15,8	21,2	43,7	20,1	38,3					
localisation dans l'ouvrage	niveau	12 512	13 093	1 902	259	982	943				29 692
	borne inf	7 880	9 104	443	-3	386	367				18 177
	borne sup	17 144	17 083	3 362	520	1 578	1 520				41 207
	CV (%)	18,5	15,2	38,4	50,5	30,3	30,5				

Notes :

- La formule d'estimation de la variance (eD.20) est appliquée avec $\widehat{y}_{M+} = \frac{y_{10}}{c_{10,y}} c_+$ et $\widehat{y}_m = \frac{y_{10}}{c_{10,y}} \frac{c_+}{12}$.
- Pas de linéarisation pour ce calcul de variance.

- La formule de cet estimateur ne tient pas compte de la saisonnalité des chantiers. Comme le précédent, il ne profite pas de l'information sur le nombre de chantiers par mois, qui est renseigné pour tous les répondants. Une exploitation de celle-ci consiste à décomposer l'estimateur par mois et à caler par le ratio sur ce nombre mensuel.

■ Le troisième estimateur testé applique aux estimations mensuelles du nombre de chantiers (\widehat{C}_m) les ratios calculés avec pondération sur les chantiers décrits par le sous-échantillon mensuel correspondant (eD.23).

$$\widehat{Y}^{v3} = \sum_{m=1}^{12} \widehat{C}_m \frac{\sum_{r_m} \frac{y_{10}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y}}}{\sum_{r_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y}}} \text{ où } \widehat{C}_m = \sum_r \frac{c_m}{\pi \widehat{\pi}_r} \quad (\text{eD.23})$$

– Le terme $\frac{\sum_{r_m} \frac{y_{10}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y}}}{\sum_{r_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y}}}$ vise à estimer la moyenne mensuelle par chantier $\frac{Y_m}{C_m}$ sur les chantiers décrits

par les répondants r_m en tenant compte de la pondération.

→ Les estimations obtenues sont en général plus précises que les deux versions précédentes (Tableau D.22). Le CV est inférieur à celui de v_2 dans 15 des 22 cas et par rapport à v_1 dans 18 cas. Cependant, l'estimation pour la modalité 1 des matériaux concernés (amiante-ciment) et pour la quantité de matériaux diffère de plus de 10% par rapport aux deux versions précédentes, ainsi que par rapport à la suivante. Une critique possible de cet estimateur est que l'agrégation ne prend pas en compte adéquatement la taille des unités en nombre de chantiers, comme le nombre de chantiers décrits est limité à 10 pour toutes les unités, et pas extrapolé au sein du groupe mensuel.

Tableau D.22 – Estimations par groupes mensuels avec pondération des unités- v_3

variable	statistique	1	2	3	4	5	6	7	8	0	total
quantité de matière	niveau									176 306 177	
	borne inf									90 147 780	
	borne sup									262 464 574	
	CV (%)									24,4	
nature de l'ouvrage	niveau	19 421	662	1 108	2 313	0	0	5 624	2 062		31 189
	borne inf	16 307	7	283	1 248	0	0	3 516	1 028		22 388
	borne sup	22 535	1 317	1 932	3 377	0	0	7 733	3 095		39 989
	CV (%)	8,0	49,4	37,2	23,0			18,7	25,1		
nature des travaux	niveau	4 713	19 576	184	464						24 937
	borne inf	3 346	16 485	-23	-215						19 593
	borne sup	6 080	22 667	392	1 142						30 281
	CV (%)	14,5	7,9	56,2	73,2						
matériaux concernés	niveau	16 588	5 000	336	4 045	1 984	0				27 953
	borne inf	13 462	3 175	60	2 503	709	0				19 909
	borne sup	19 714	6 825	612	5 588	3 258	0				35 996
	CV (%)	9,4	18,2	41,0	19,1	32,1					
localisation dans l'ouvrage	niveau	11 437	13 839	1 529	311	902	939				28 957
	borne inf	8 457	11 653	206	-8	322	357				20 988
	borne sup	14 418	16 026	2 851	629	1 482	1 520				36 926
	CV (%)	13,0	7,9	43,3	51,2	32,1	31,0				

Note : La linéarisée utilisée pour la variance de deuxième phase (tirage du mois) s'exprime par (eD.24).

$$l_2 = \widehat{C}_m \frac{y_{10}}{\sum_{r_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m}} - \widehat{C}_m \frac{\sum_{s_m} \frac{y_{10}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m}}{\left(\sum_{r_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m} \right)^2} c_{10,y} \quad (\text{eD.24})$$

(c_m désigne le nombre de chantiers du mois m d'une unité et C_m est son total sur l'ensemble des unités.)

remarque : $E \left[\sum_{s_m} \frac{c_{10}}{\pi} \right]$ n'a pas d'interprétation simple.

■ La dernière version de l'estimateur "chantier" présente l'avantage par rapport à la précédente d'utiliser au niveau de chaque unité un estimateur du total de la variable considérée sur le mois enquêté. Comme les deux précédents, il exploite toutes les réponses de l'unité, sans se limiter au mois.

$$\widehat{Y}^{v_4} = \sum_{m=1}^{12} \widehat{C}_m \frac{\sum_{r_m} \frac{y_{10} c_m}{\pi \widehat{\pi}_{r_y}}}{\sum_{r_m} \frac{c_m}{\pi \widehat{\pi}_r}} \text{ où } \widehat{C}_m = \sum_r \frac{c_m}{\pi \widehat{\pi}_r} \quad (\text{eD.25})$$

remarque : Le numérateur n'est pas limité aux répondants de la variable y ²³.

→ La précision est améliorée par rapport à la version précédente dans 13 des 22 cas (Tableau D.23). Les seules dégradations de plus de 10 points du CV affectent des modalités rares (moins de 300 chantiers concernés).

Tableau D.23 – Estimation pour la version v_4

variable	statistique	1	2	3	4	5	6	7	8	0	total
quantité de matière	niveau									133 105 261	
	borne inf									52 686 902	
	borne sup									213 523 621	
	CV (%)									30,2	
nature de l'ouvrage	niveau	19 268	796	1 553	2 749	0	0	5 077	2 058		31 501
	borne inf	16 113	138	708	1 604	0	0	3 019	1 040		22 623
	borne sup	22 422	1 455	2 398	3 894	0	0	7 134	3 075		40 379
	CV (%)	8,2	41,3	27,2	20,8			20,3	24,7		
nature des travaux	niveau	4 337	20 121	215	732						25 404
	borne inf	2 948	17 012	-1	-18						19 941
	borne sup	5 726	23 229	431	1 482						30 868
	CV (%)	16,0	7,7	50,1	51,2						
matériaux concernés	niveau	19 485	5 753	227	4 255	1 976	0				31 697
	borne inf	16 470	3 972	-29	2 862	604	0				23 877
	borne sup	22 501	7 535	484	5 648	3 349	0				39 517
	CV (%)	7,7	15,5	56,4	16,4	34,7					
localisation dans l'ouvrage	niveau	12 550	12 723	1 900	289	1 148	1 098				29 709
	borne inf	9 581	10 482	507	-74	527	486				21 509
	borne sup	15 520	14 964	3 293	653	1 769	1 709				37 908
	CV (%)	11,8	8,8	36,7	62,7	27,0	27,8				

Notes :

– La linéarisée utilisée pour la variance de deuxième phase (tirage des groupes mensuels) s'exprime par (eD.26).

$$l_2 = \widehat{C}_m \frac{\frac{y_{10} c_m}{c_{10,y}}}{\sum_{r_m} \frac{c_m}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m}} - \widehat{C}_m \frac{\sum_{s_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m}}{\left(\sum_{r_m} \frac{c_m}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m} \right)^2 c_m} \quad (\text{eD.26})$$

– La linéarisée alternative (eD.27) donne des CV proches, ce qui est rassurant pour la stabilité de ces approximations de la précision.

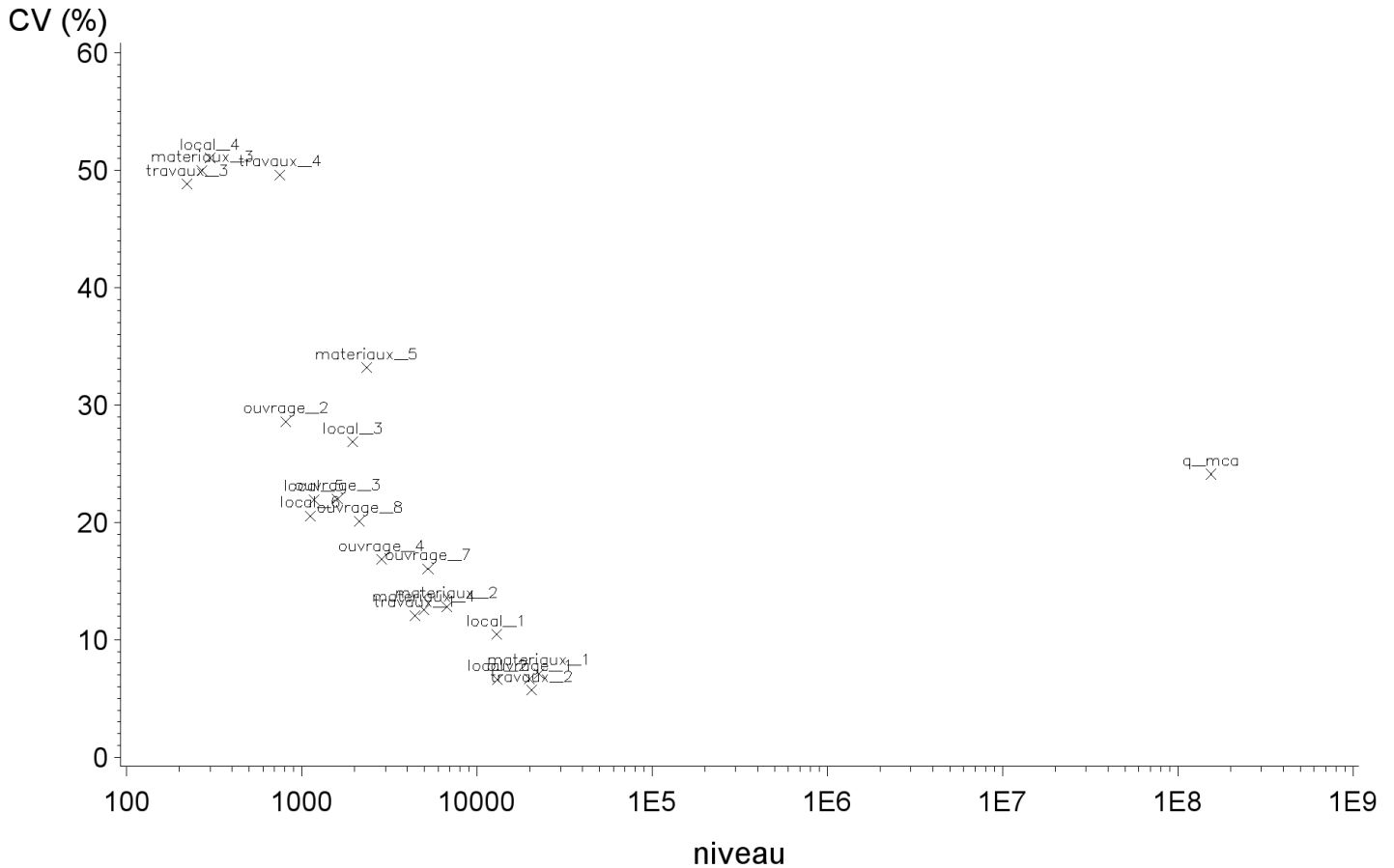
$$l_2 = \frac{y_{10}}{c_{10,y}} c_m - \frac{\sum_{s_m} \frac{c_{10,y}}{\pi \widehat{\pi}_{r_y} \pi_m}}{\widehat{C}_m} c_m \quad (\text{eD.27})$$

- C'est ce quatrième estimateur (eD.25) qui est retenu pour les estimations finales de niveau chantier.

23. Une variante testée avec cette restriction réduit de 4 points le CV de la quantité de matériaux, sans modifier les autres estimations.

– La précision relative augmente assez régulièrement en fonction du total estimé (Graphique 8). Le CV de la quantité de matière amiantée se démarque. Ceci ne s’explique pas essentiellement par la différence de nature de la variable (continue et non indicatrice). Selon la DGT, cet indicateur est parfois fortement révisé entre les déclarations et les mesures ex-post, notamment pour les chantiers navals (si j’ai bien compris ce qu’a dit Sylvie Lesterpt ???).

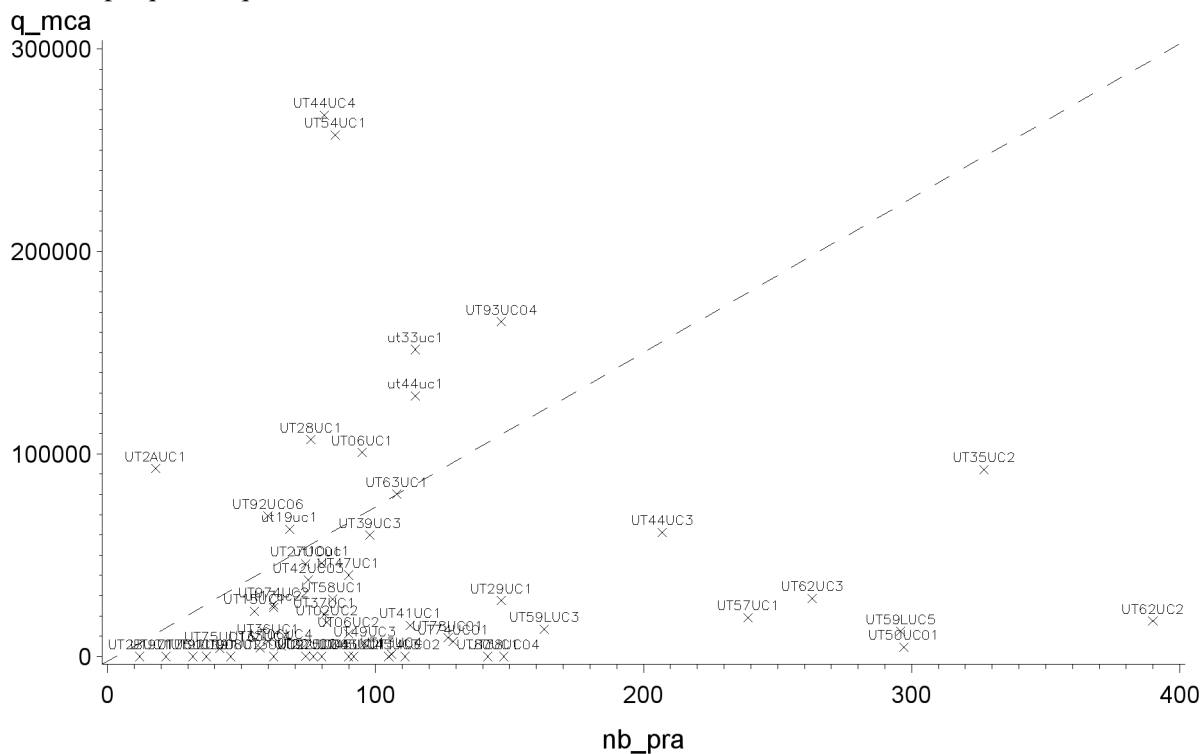
Graphique 8 – CV selon le total estimé de la variable, en %



Note : local=localisation dans l’ouvrage, materiaux=matériaux concernés, travaux=nature des travaux, ouvrage=nature de l’ouvrage, q_mca=quantité de matériaux amiantés

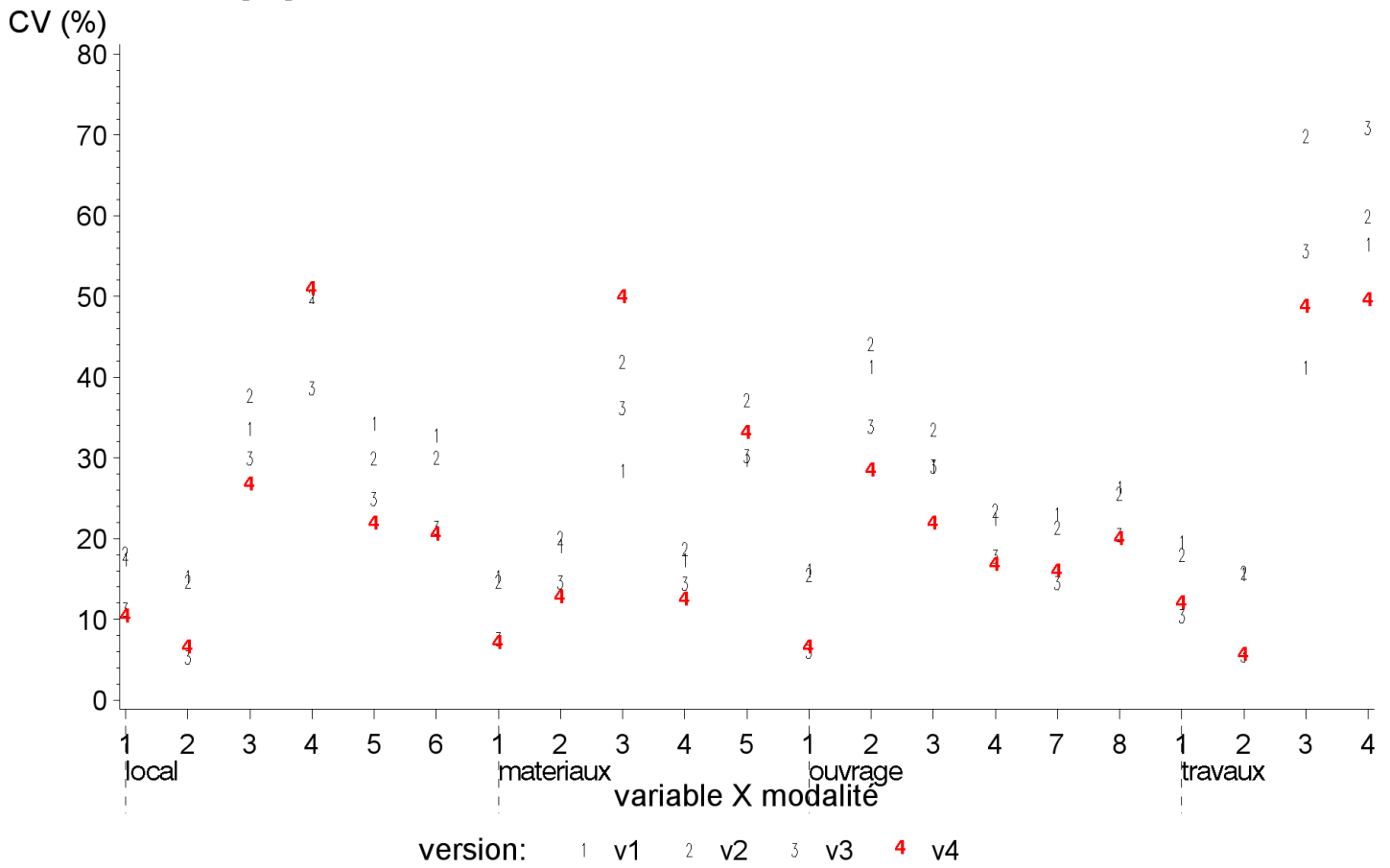
– La forte imprécision sur l'estimation de la quantité de matière amiantée peut se comprendre vu l'absence de lien avec le nombre de chantiers et la présence de deux unités à valeurs atypiques sur cette variable (Graphique 9). Il s'y ajoute la non-réponse partielle particulièrement importante pour cette variable.

Graphique 9 – quantité de matières contenant de l'amiante en fonction du nombre de chantiers



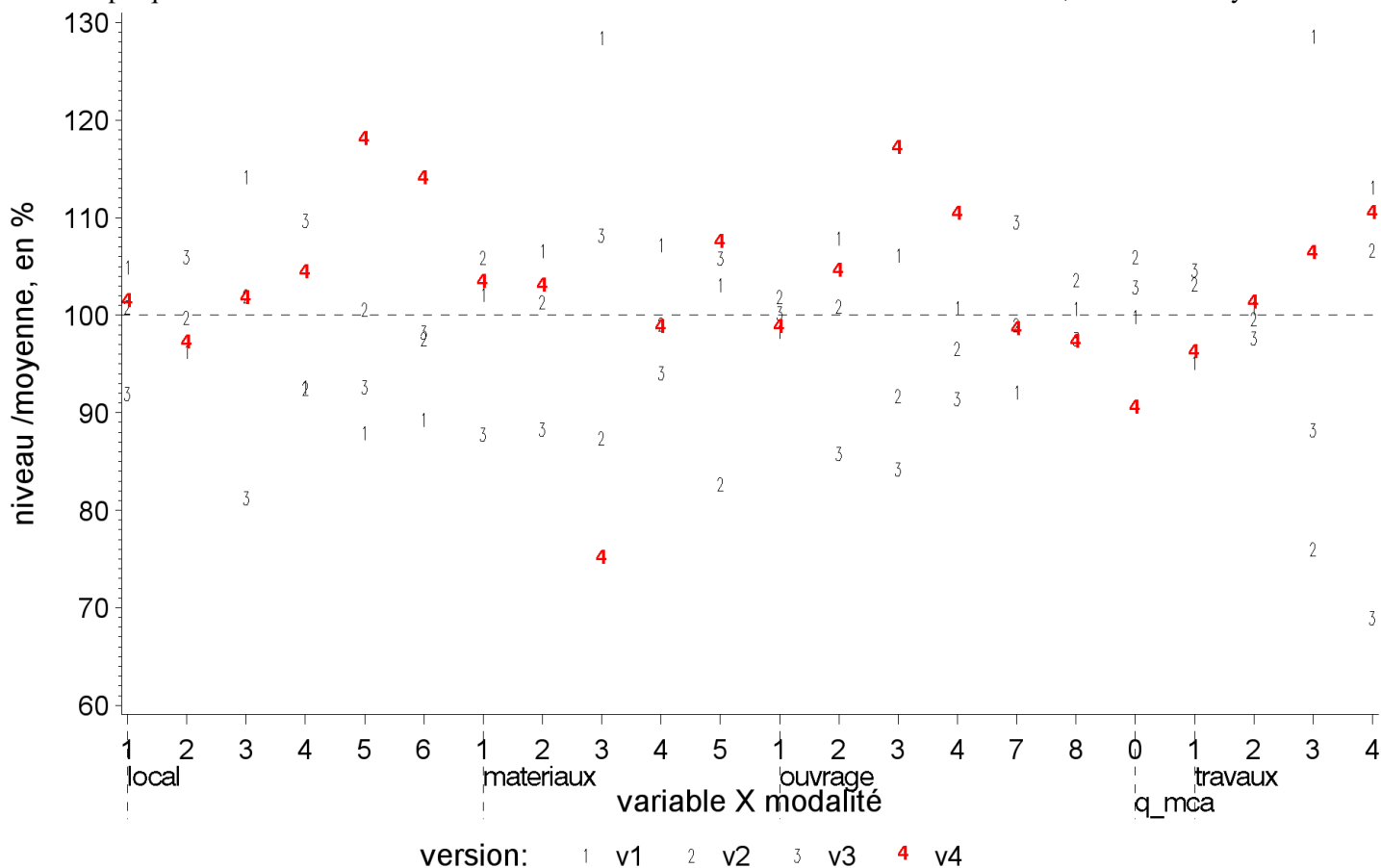
– Le **Graphique 10** représente les coefficients de variation selon la modalité des variables qualitatives et la version de l'estimateur. Il confirme la meilleure précision de la version 4 retenue, mis à part deux modalités rares (estimées à moins de 400 chantiers).

Graphique 10 – CV selon la modalité de la variable et la version de l'estimateur, en %



Le [Graphique 11](#) montre la dispersion des valeurs estimées selon la version de l'estimateur. Dans une certaine mesure, il fournit la même information que le précédent graphique, avec les fortes volatilités des variables indicatrices "travaux-3" (encapsulage) et "matériaux-3" (enrobés routiers).

Graphique 11 – Niveau estimé selon la modalité de la variable et la version de l'estimateur, en % de la moyenne



Note : Le niveau 100 correspond à la moyenne sur les 4 estimations.

Bibliographie

- [PA] Les techniques de sondage, P. Ardilly, Editions Technip, 2006
- [JCD] Variance estimation for complex statistics and estimators : linearization and residual techniques, J-C. Deville, Survey Methodology, 1999
- [TW] A Simple Method of Exact Optimal Sample Allocation under Stratification with Any Mixed Constraint Patterns, T. Wright, Research Report Series- UC Census Bureau, 2014