

RAPPORT D'ÉTUDE
N° 76413/86

12 / 05 / 2006

Evaluation de l'impact sur la santé des rejets
atmosphériques des tranches charbon d'une
grande installation de combustion :
Cartographie des risques

Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion : Cartographie des risques

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

R. BONNARD, G. CARDENAS :

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	R. BONNARD	C. MANDIN	A. CICOLELLA
Qualité	Ingénieur à la Direction des Risques Chroniques	Ingénieur à la Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité Evaluation des Risques Sanitaires
Visa			

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	4
1 INTRODUCTION	5
2 LIMITES DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS LORS DES TRAVAUX PRÉCÉDENTS	5
3 MATÉRIAUX ET MÉTHODES	8
4 RÉSULTATS	9
4.1 Somme des excès de risque individuel de la population générale et de la population agricole sur l'ensemble des communes de la zone d'étude.....	9
4.2 Somme des indices de risque de la population générale et de la population agricole sur l'ensemble des communes de la zone d'étude	13
5 DISCUSSION	15

RESUME

Dans le cadre du groupe de travail « Grandes Installations de Combustion » (GT-GIC) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, une étude illustrative, portant sur une installation moderne brûlant du charbon, a été réalisée. Au cours de cette étude et du travail d'approfondissement réalisé par la suite, seuls les risques pour la population vivant dans la commune subissant l'impact le plus élevé avaient été calculés.

Cette note complète les travaux précédents en fournissant une estimation des niveaux de risque sur chacune des communes de la zone d'étude. En couplant les résultats fournis par le logiciel de dispersion atmosphérique avec le modèle multimédia d'exposition et un système d'information géographique (SIG), les zones et les populations potentiellement les plus à risque sont mises en évidence.

Même si les niveaux de risque liés à l'installation étudiée sont faibles, cette note constitue une illustration d'une approche et d'une mode de représentation des résultats permettant d'apporter une information plus réaliste et plus complète à l'issue de l'étape d'évaluation des risques, d'où une amélioration de l'aide à la gestion des risques.

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du groupe de travail « Grandes Installations de Combustion » (GT-GIC) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, une étude illustrative, portant sur une installation moderne brûlant du charbon, a été réalisée en 2003. Cette étude a fait l'objet de deux rapports, l'un visant à caractériser le risque direct par inhalation [1], l'autre portant sur l'évaluation des risques liés à l'exposition par ingestion, due aux retombées au sol des rejets atmosphériques [2].

En 2004, un travail d'approfondissement de l'étude [3] a été mené pour affiner les hypothèses de calcul de l'exposition. Les incertitudes liées à l'estimation de l'exposition ont également été évaluées.

Au cours de cette étude, seuls les risques pour la population vivant dans la commune subissant l'impact le plus élevé avaient été calculés.

Cette note vise à compléter l'information sur le risque dans la zone d'étude, en estimant les niveaux de risque pour chaque commune. Cette information est synthétisée sous forme cartographique.

2 LIMITES DES SCENARIOS ETUDIES LORS DES TRAVAUX PRECEDENTS

Dans le rapport [3], les risques pour la population vivant dans la commune subissant les retombées de l'installation les plus importantes (commune dite « pire cas ») ont été estimées selon 4 scénarios différents, en fonction de l'origine géographique des aliments consommés :

- cas A : les aliments pris en compte dans l'étude (viande, produits laitiers, fruits et légumes) proviennent intégralement de la zone supportant les retombées au sol les plus élevées,
- cas B : ces aliments proviennent intégralement de la zone d'étude de 30 km de rayon (les retombées prises en compte sont les retombées moyennes sur cette zone),
- cas C : une partie de ces aliments est produite par les consommateurs sur la zone supportant les retombées au sol les plus élevées, le reste des aliments n'étant pas affecté par les retombées de l'installation étudiée,

[1] INERIS, Boudet, Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion. Rapport final, DRC-03-45956 / ERSA-n°93-CBo, 2003

[2] INERIS, Bonnard, Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion. Rapport final, DRC-03-45956 / ERSA-n°92-RBn, 2003

[3] INERIS, Bonnard, Mise à jour de l'étude d'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, DRC-04-45956 / ERSA-n°226-RBn, 2004

- cas D : une partie de ces aliments est produite par les consommateurs sur la zone d'étude de 30 km de rayon (les retombées prises en compte sont les retombées moyennes sur cette zone), le reste des aliments n'est pas affecté par les retombées de l'installation étudiée.

En première approche, le risque global a été calculé en sommant les risques liés aux expositions par inhalation et par ingestion. Les résultats suivants ont été obtenus.

Tableau 1 : Tableau extrait de l'étude [3] et intitulé : Excès de risque individuel (ERI) pour la population vivant dans la commune « pire-cas », toutes substances et toutes voies d'exposition confondues

Identification du cas	ERI total	Proportion ingestion/inhalation	Principales substances contributives
Cas A	$5,6 \cdot 10^{-6}$	Ingestion : 98 % Inhalation : 2 %	PCDD/PCDF : 54 % HAP : 42 % As : 8 %
Cas B	$1,8 \cdot 10^{-6}$	Ingestion : 94 % Inhalation : 6 %	PCDD/PCDF : 52 % HAP : 34 % As : 9 % Cr VI : 5 %
Cas C	$6,5 \cdot 10^{-7}$	Ingestion : 82 % Inhalation : 18 %	PCDD/PCDF : 51 % HAP : 21 % Cr VI : 14 % As : 12 %
Cas D	$2,8 \cdot 10^{-7}$	Ingestion : 59 % Inhalation : 41 %	PCDD/PCDF : 37 % Cr VI : 32 % HAP : 16 % As : 11 %

Tableau 2 : Tableau extrait de l'étude [3] et intitulé : Indice de risque (IR) pour la population vivant dans la commune « pire-cas » toutes substances et toutes voies d'exposition confondues

Identification des cas	IR total	Proportion ingestion/inhalation	Principales substances contributives
Cas A	$1,3 \cdot 10^{-1}$	Ingestion : 61 % Inhalation : 39 %	NOx : 29 % Se : 18 % Cd : 17 % PCDD/PCDF : 10 % Pb : 9 % As : 7 % Cr VI : 5 %
Cas B	$7,9 \cdot 10^{-2}$	Ingestion : 34 % Inhalation : 66 %	NOx : 49 % Cd : 11 % Se : 10 % Cr VI : 8 % SO ₂ : 7 % PCDD/PCDF : 6 % Pb : 5 %
Cas C	$6,5 \cdot 10^{-2}$	Ingestion : 20 % Inhalation : 80 %	NOx : 60 % Cr VI : 10 % Cd : 9 % SO ₂ : 8 % Se : 6 %
Cas D	$5,6 \cdot 10^{-2}$	Ingestion : 7 % Inhalation : 93 %	NOx : 69 % Cr VI : 12 % SO ₂ : 10 %

Le cas A supposant que l'alimentation des individus provient intégralement de la maille subissant les plus fortes retombées, c'est dire d'une zone de 25 ha est très majorant et peu réaliste.

Les scénarios B et D ne permettent pas de tenir compte d'une exposition par voies indirectes plus importante pour les populations vivant dans les communes subissant les retombées atmosphériques les plus fortes. Compte-tenu de ce manque de représentativité spatiale, les résultats obtenus pour les excès de risque cancérigène, dépendant principalement de l'ingestion d'aliments contaminés, doivent être considérés comme des indicateurs, plus ou moins conservatoires, permettant d'encadrer le risque sur l'ensemble de la zone d'étude.

Pour les effets non cancérigènes, les indices de risques calculés pour les scénarios B,C et D, dépendant principalement de la voie d'inhalation, ne se rapportent qu'à la population de la commune « pire cas ».

Afin de fournir une information plus complète et plus précise, les risques sur chaque commune ont été calculés en utilisant comme données d'entrée les concentrations atmosphériques modélisées aux coordonnées de chacune des mairies de la zone d'étude.

3 MATERIAUX ET METHODES

La somme des excès de risque individuel et la somme des indices de risques liés aux différentes voies et aux différentes substances ont été calculés pour chaque commune de la zone d'étude en considérant :

- les concentrations de polluants modélisées au niveau de la mairie de chaque commune ;
- les taux d'autoconsommation de produits frais, obtenus à partir de l'étude INSEE [4], pour la région Ouest (cf. étude [2]). Ces taux d'autoconsommation sont supposés représenter la fraction de viande, de produits laitiers, de fruits et de légumes qui entrent dans la ration alimentaire des habitants et qui sont produits sur la commune.

Ces taux d'autoconsommation se rapportent à la population générale, sans distinction de l'âge, du type de commune ou de l'activité professionnelle des individus. Comme l'excès de risque individuel dépend principalement de l'ingestion de ces produits, il est apparu intéressant de considérer plus particulièrement le cas de la population agricole dont les taux d'autoconsommation de produits frais sont plus élevés que ceux de la population générale.

L'étude INSEE [4] fournit les données permettant de calculer les taux d'autoconsommation de produits pour deux catégories de populations agricoles : celle vivant dans des communes rurales et celle vivant dans des communes urbaines. Or, selon la typologie adoptée par l'INSEE, une commune n'est plus considérée comme rurale au-delà de 2000 habitants. Selon le nombre d'habitants de la commune, les taux d'autoconsommation appliqués à la population agricole ont été ceux d'une commune rurale ou ceux d'une commune urbaine.

Tableau 3 :Taux d'autoconsommation pour la population agricole, calculés d'après l'étude INSEE

Catégorie d'aliments	Commune rurale	Commune urbaine
Légumes	0,72	0,56
Fruits	0,29	0,24
Viande de bœuf, de porc et charcuterie	0,34	0,10
Viande de volaille	0,75	0,47
Oeuf	0,63	0,45
Ensemble des produits laitiers :	0,35	0,04
lait	0,43	0,07
ultra-frais	0,04	0
fromages	0,05	0
beurre	0,05	0,03

[4] INSEE, Bertrand, Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires en 1991

ARCVIEW [5] a été utilisé pour représenter les risques de manière cartographique. Pour chaque commune, un point de couleur et de taille données symbolise le niveau de risque et le nombre d'individus concernés par ce niveau de risque.

Le nombre d'habitants de chaque commune a été défini à l'aide des données du recensement INSEE de 1999. La population agricole a été estimée grâce aux données du site www.linternaute.com/ville, fournissant pour chaque commune, le pourcentage d'agriculteurs dans la population active, d'après les données du même recensement. Cette population agricole (définie ici comme l'ensemble des personnes vivant dans un foyer dont les revenus sont principalement liés à une activité agricole) a été estimée comme le produit de la population totale de la commune par le pourcentage d'agriculteurs dans la population active de cette commune.

4 RESULTATS

4.1 SOMME DES EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL DE LA POPULATION GENERALE ET DE LA POPULATION AGRICOLE SUR L'ENSEMBLE DES COMMUNES DE LA ZONE D'ETUDE

Comme attendu, la somme des excès de risque individuel pour la population agricole est toujours plus élevée que pour la population générale, quelle que soit la commune, avec un rapport entre les sommes d'excès de risque des deux populations compris en 1,4 et 3,5. Selon les communes, la somme des ERI va de $5,0 \cdot 10^{-8}$ à $5,3 \cdot 10^{-7}$ pour la population générale et de $6,9 \cdot 10^{-8}$ à $9,4 \cdot 10^{-7}$ pour la population agricole. Il convient de noter que sur la commune de Le Temple de Bretagne, la valeur estimée pour la somme des ERI pour une population agricole est supérieure ($1,1 \cdot 10^{-6}$), mais d'après les données du recensement de 1999, aucun agriculteur n'a été recensé dans la population active sur cette commune (La somme des ERI pour cette commune n'est donc pas représentée sur la carte relative à la population agricole).

Le tableau suivant met en évidence la différence de répartition des deux populations par rapport au niveau de risque. Il apparaît ainsi que moins d'un pourcent de la population générale présente un excès de risque supérieur à $4 \cdot 10^{-7}$ alors que plus d'un tiers de la population agricole présente une somme d'ERI supérieure à cette valeur.

[5] ARCVIEW, version 9.1, société ESRI (Reedlands, USA)

Tableau 4 : Données statistiques sur la somme des ERI dans les deux populations

	Population générale	Population agricole
Nombre d'individus sur la zone d'étude	779698	8884
Minimum de Σ ERI	$5,0 \cdot 10^{-8}$	$6,9 \cdot 10^{-8}$
Maximum de Σ ERI	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$9,4 \cdot 10^{-7}$
Médiane de Σ ERI	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$
Moyenne de Σ ERI	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$
% de la population ayant une Σ ERI > $2 \cdot 10^{-7}$	18,4	66,8
% de la population ayant une Σ ERI > $4 \cdot 10^{-7}$	0,3	24,0
% de la population ayant une Σ ERI > $6 \cdot 10^{-7}$	0	9,7
% de la population ayant une Σ ERI > $8 \cdot 10^{-7}$	0	2,9

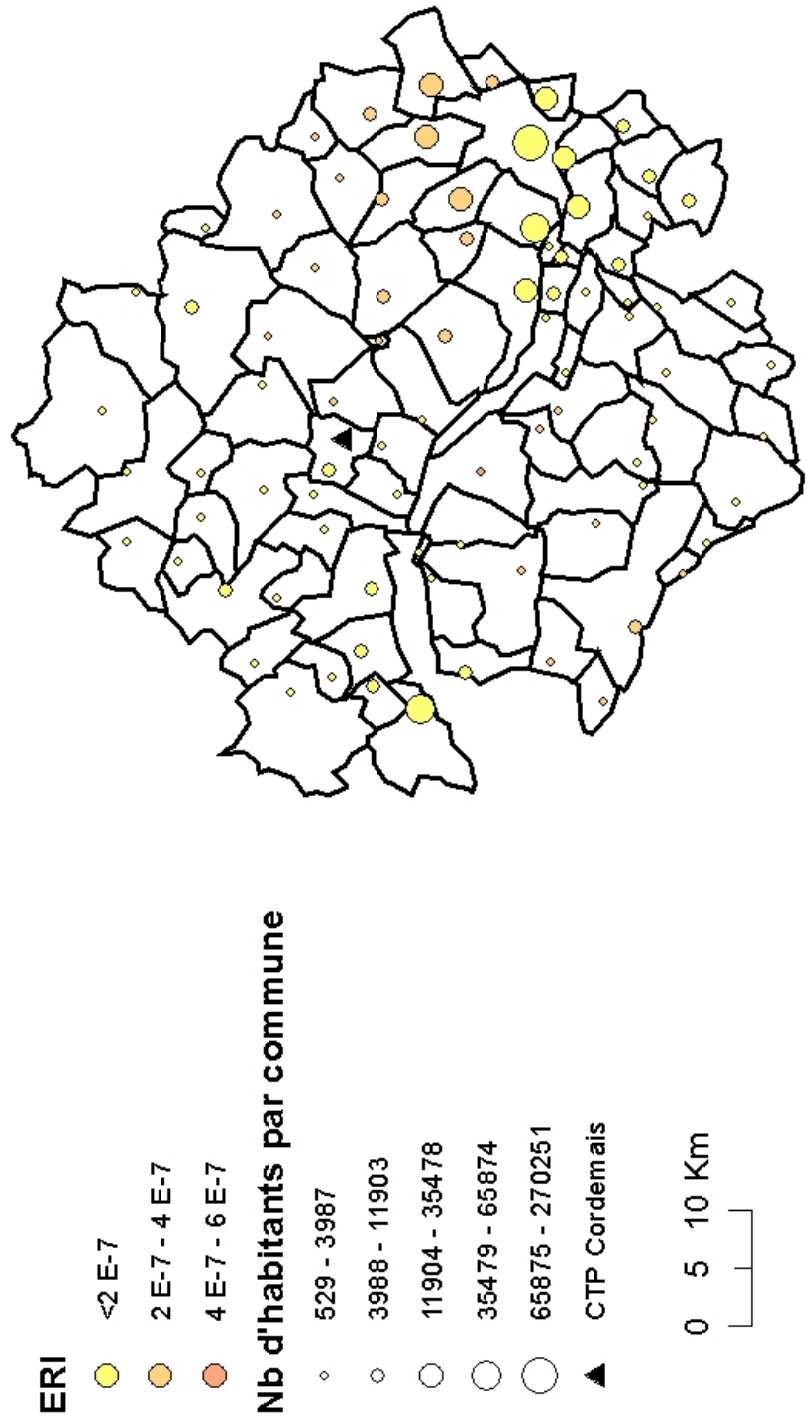
Les cartes représentant les limites de chaque commune de la zone d'étude, les populations et les ERI associés sont fournies ci-dessous.

Les niveaux de risque sont symbolisés par une échelle de couleurs et la taille de la population concernée par la largeur du point. Chacun point correspond aux coordonnées géographiques de la mairie de la commune.

Carte 1 : Somme des excès de risque individuel pour la population générale

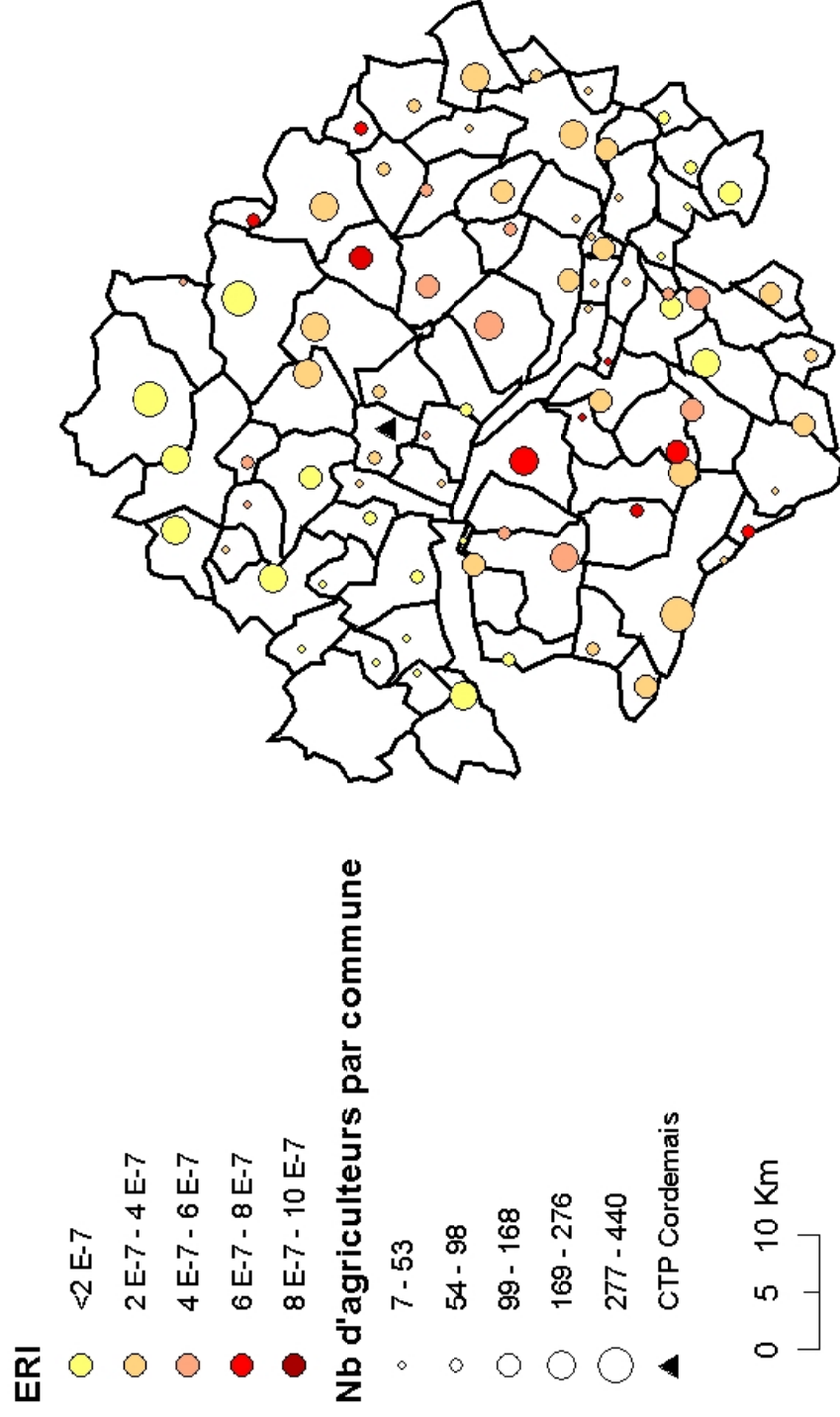
Carte 2 : Somme des excès de risque individuel pour la population agricole

Carte 1
 Excès de risque individuel pour la population générale



Carte 2

Excès de risque individuel pour la population d'agriculteurs



4.2 SOMME DES INDICES DE RISQUE DE LA POPULATION GENERALE ET DE LA POPULATION AGRICOLE SUR L'ENSEMBLE DES COMMUNES DE LA ZONE D'ETUDE

Selon les communes, la somme des indices de risque va de $5,6.10^{-3}$ à $5,8.10^{-2}$ pour la population générale et de $5,9.10^{-3}$ à $6,1.10^{-2}$ pour la population agricole. Cette somme d'indice de risque est peu différente entre les deux populations (la différence des sommes d'indices de risque entre les deux populations est comprise entre 5 et 41 % selon les communes), car elle dépend de l'inhalation, qui a été estimée avec une hypothèse de présence des habitants sur leur commune de 365 jours par an, 24 heures sur 24, quelle que soit leur activité (cf. étude [1]).

La répartition de ces deux populations vis-à-vis de la somme des IR est la suivante :

Tableau 5 : Données statistiques sur la somme des ERI dans les deux populations

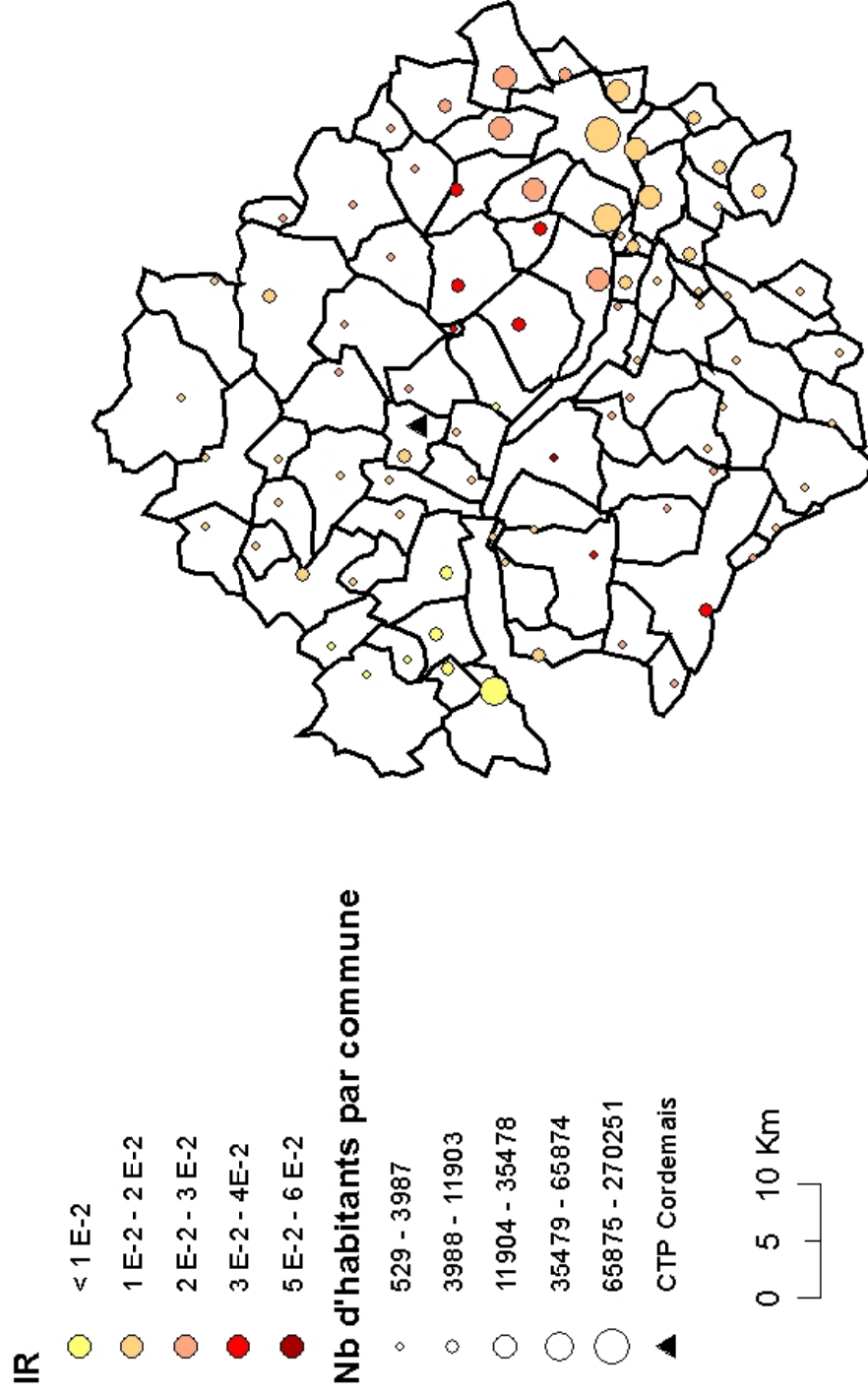
	Population générale	Population agricole
Nombre d'individus sur la zone d'étude	779698	8884
Minimum de Σ IR	$5,6.10^{-3}$	$5,9.10^{-3}$
Maximum de Σ IR	$5,8.10^{-2}$	$6,1.10^{-2}$
Médiane de Σ IR	$1,9.10^{-2}$	$1,9.10^{-2}$
Moyenne de Σ IR	$1,9.10^{-2}$	$2,3.10^{-2}$
% de la population ayant une Σ IR $> 10^{-2}$	87,6	94,6
% de la population ayant une Σ IR $> 2.10^{-2}$	22,0	53,5
% de la population ayant une Σ IR $> 3.10^{-2}$	5,5	20,1
% de la population ayant une Σ IR $> 4.10^{-2}$	1,1	3,0
% de la population ayant un Σ IR $> 5.10^{-2}$	0,3	2,2

Compte-tenu des différences peu marquées entre la somme des IR pour la population générale et pour la population agricole, seule la carte de la somme des indices de risque pour la population générale est reportée.

Carte 3 : Somme des indices de risque pour la population générale

Carte 3

Indice de risque pour la population générale



5 DISCUSSION

Les résultats obtenus pour la population générale sont à rapprochés de ceux obtenus pour les cas C et B, où avait été faite l'hypothèse d'une alimentation provenant pour partie de la zone d'exposition.

Ceux obtenus pour la population agricole sont à rapprocher des cas A et B, où l'alimentation des individus était supposée provenir intégralement de la zone d'étude.

Toutefois, il convient de noter que les niveaux de risques calculés dans la présente étude n'intègrent pas le risque lié à l'inhalation de chrome VI (estimé pour la seule commune « pire-cas » dans l'étude [1], à partir de facteurs d'émission, mais pour lequel il n'a pas été possible de recalculer ici de manière certaine les concentrations dans l'air pour l'ensemble des communes), contrairement aux résultats obtenus dans l'étude [3], d'où une minoration ici des résultats par rapport à ceux de l'étude [3]*.

Comme indiqué lors des études [2] et [3], les niveaux de risque obtenus dans le cas de cette installation sont faibles, voire très faibles par rapport au niveaux de risque ubiquitaire. Cette conclusion n'est pas modifiée par les travaux présentés dans le cadre de cette note.

Néanmoins, l'approche employée ici, distinguant deux types de population avec leurs pourcentages d'autoconsommation, présente l'intérêt d'être plus réaliste. En couplant les résultats fournis par le logiciel de dispersion atmosphérique, au modèle d'exposition multimédia et à un système d'information géographique (SIG), elle permet en effet de prendre en compte la répartition des concentrations dans l'air et des retombées au sol par rapport à la répartition de la population dans la zone d'étude. Il n'est alors plus nécessaire d'encadrer les niveaux de risque attendus par deux approches imparfaites, à savoir, soit une contamination moyenne sur l'ensemble de la zone de tous les aliments consommés, soit une contamination d'une fraction des aliments consommés aux teneurs maximales attendues.

Par ailleurs, si les représentations cartographiques montrent que les niveaux de risque les plus élevés se répartissent grossièrement selon le même axe Nord-Est / Sud-Ouest que la pollution atmosphérique, elles permettent de nuancer les conclusions. Il apparaît en effet que les communes où les sommes des ERI sont les plus élevés ne sont pas forcément celles connaissant les concentrations en polluants et les retombées atmosphériques les plus fortes. Dans cette étude, les caractéristiques d'exposition, par le biais de taux d'autoconsommation différents selon le type de communes (urbaine ou rurale), influent sur les niveaux d'exposition. Il n'y a donc pas nécessairement adéquation complète entre la représentation cartographique des concentrations dans l'air et celle des risques.

* :Pour une véritable comparaison des résultats entre les deux études, il suffit, à partir des données du *Tableau 4* et du *Tableau 5*, de recalculer les niveaux de risque de l'étude [3], en soustrayant la part du risque attribuable au chrome VI (part presque exclusivement due à l'inhalation).

Par conséquent, cette approche cartographique apporte une meilleure information sur les risques encourus. Elle permet de visualiser de manière simultanée les niveaux de risque et le nombre d'individus concernés. Elle peut aider à définir un plan de surveillance plus approprié, axé sur les risques sanitaires. Elle améliore donc l'aide à la gestion.