

Annexe 5

Evaluations des risques sanitaires

L'activité envisagée est l'épandage des boues pâteuses chaulées issues de la station d'épuration du Nouveau Monde

Cette activité est comparable à une pratique agricole connue qui est l'épandage de produits organiques.

Le cadre méthodologique utilisé est la démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) ; elle comporte 3 étapes :

- l'identification des dangers
- l'évaluation de l'exposition des populations
- la caractérisation des risques sanitaires

Les différents agents cités ci-dessous, notamment le bruit et les odeurs, sont également étudiés dans d'autres chapitres de l'étude d'impact et l'étude des dangers.

a) Identification des dangers et des agents

Recensement des agents présents

Le **tableau ci-dessous** recense les agents chimiques, physiques et biologiques présents lors de l'épandage des boues.

Agents	Source	Risque	Critère retenu pour l'évaluation de l'impact
Bruit	Trafic routier et épandage	Faible	Non
Odeurs	Sous-produits	Faible	Non
Micro-organismes pathogènes	Sous-produits	Faible	Non
Eléments-traces métalliques	Sous-produits	Faible	Oui
Composés-traces organiques	Sous-produits	Faible	Non

Agents chimiques, physiques et biologiques recensés

Les critères utilisés pour choisir les agents à étudier sont : la fréquence des émissions, la nocivité, la persistance dans l'environnement, la bio-accumulation dans la chaîne alimentaire, etc.

Bruit :

Le bruit est ressenti comme nuisance de façon différente selon les personnes.

Les principaux effets du bruit sont les suivants : fatigue auditive, changement du rythme cardiaque ou respiratoire, nervosité générale, troubles de la vision nocturne, etc.

Les effets du bruit sur la santé sont fonction de l'intensité de la source sonore, de sa fréquence et de la durée d'exposition.

Dans le cas présent, les émissions sonores induites par le projet sont limitées au transport et à l'épandage des boues pendant une courte période, à savoir quelques semaines pour le transport et l'épandage.

Les niveaux de bruit sont équivalents à ceux de la circulation et des activités agricoles couramment pratiquées.

Rappelons que les zones concernées par l'activité de recyclage sont des zones à vocation agricole.

Pour ces différentes raisons, cet agent n'a pas été retenu.

Odeurs :

En général, les odeurs sont essentiellement dues à la fermentation des sous-produits. En ce qui concerne l'activité de recyclage, le risque est faible.

Les boues sont épandues avec un matériel adapté et enfouies rapidement afin de limiter les nuisances olfactives.

Les micro-organismes pathogènes :

Les risques consécutifs à la présence de ces éléments sont maîtrisés par les techniques de traitement des boues (chaulage à 40 % sur la MS) d'une part, et par les distances d'isolement et les délais d'utilisation d'autre part.

Les éléments-traces métalliques :

Le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France) a sélectionné les éléments les plus dangereux d'une part et les plus fréquents dans les boues urbaines et industrielles d'autre part. Ces éléments ne sont pas dégradables et s'accumulent dans les sols. Des valeurs limites dans les sols au-delà desquelles les épandages sont proscrits ont donc été fixées (cf. analyses de sols jointes à ce dossier) ; des flux maximum à ne pas dépasser sur 10 ans ont été établis de façon à ce que l'enrichissement des sols soit contenu, et enfin des teneurs limites dans les déchets industriels destinés à l'épandage ont été fixées.

Les teneurs des boues de la station du Nouveau Monde en éléments traces métalliques sont très faibles. L'élément le plus proche de la valeur limite réglementaire est le cuivre (cf. **tableau ci-après**).

Le cuivre a été choisi pour la caractérisation des risques. C'est « un traceur de risque ».

Eléments traces métalliques	Valeurs limites de l'arrêté national du 08/01/1998 en mg/kg MS	Boues chaulées - Station du Nouveau Monde	
		Teneurs moyennes en mg/kg MS	Moyenne en % de la valeur limite
Cd	10	0,5	5%
Cr	1000	13,8	1%
Cu	1000	199,8	20%
Hg	10	0,59	6%
Ni	200	31,8	16%
Pb	800	15,9	2%
Zn	3000	309,5	10%
Cr+Cu+Ni+Zn	4000	539,2	13%

**Teneurs en éléments-traces métalliques
125 analyses entre janvier 2012 et décembre 2017**

Les composés-traces organiques :

Comme pour les éléments-traces métalliques, le CSHPF a sélectionné les substances les plus nocives qui constituaient des traceurs de risques. Un des critères de choix a également été la persistance des molécules dans l'environnement (en effet beaucoup de CTO se décomposent rapidement dans les sols). Pour ces éléments dégradables dans l'environnement des teneurs limites dans les déchets industriels destinés à l'épandage ont été établies et des flux maximums ont été fixés sur 10 ans.

Les apports aux sols par voie atmosphérique ont également été pris en compte.

Les valeurs en composés traces organiques des boues de la station du Nouveau Monde sont très nettement inférieures aux valeurs réglementaires. **Elles sont régulièrement inférieures aux seuils de détection analytique**. Les composés traces organiques ne peuvent donc pas être considérés comme traceurs de risques.

CTO	Valeurs limites de l'arrêté national du 08/01/1998 en mg/kg MS	Boues chaulées - Station du Nouveau Monde	
		Teneurs moyennes en mg/kg MS	Moyenne en % de la valeur limite
Total des 7 principaux PCB (*)	0,80	0,105	13%
Fluoranthène	5,00	0,164	3%
Benzo (b) fluoranthène	2,50	0,156	6%
Benzo(a) pyrène	2,00	0,155	8%

**Teneurs en composés-traces organiques
63 analyses entre janvier 2012 et décembre 2017**

Identification du potentiel dangereux de l'agent sélectionné : le cuivre

Principes de production :

Le cuivre existe à l'état natif. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures CuS et Cu_2S dans la tétrahédrite ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) et l'énargite (Cu_3AsS_4) et sous forme d'oxyde Cu_2O (cuprite). Le minerai le plus important est la chalcopirite ($\text{Cu}_2\text{S}, \text{Fe}_2\text{S}_3$). On le trouve également dans la malachite ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), l'azurite ($2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), la chalcocite (Cu_2S) et la bornite (Cu_3FeS_4).

La teneur en cuivre dans les minerais varie de 0,5 % à 5 %. Elle est de 0,01 % dans les roches volcaniques et 0,0055 % dans les roches cristallines.

Le cuivre est principalement produit par broyage de minerais sulfurés et enrichissement par flottation ou par lessivage acide des minerais oxydés suivi d'une fusion et d'un raffinage électrolytique ou thermique.

Utilisations :

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et particulièrement de sa conductibilité électrique et thermique.

Il est utilisé en métallurgie dans la fabrication des alliages suivants :

- bronze (avec l'étain) ;
- laiton (avec le zinc) ;
- constantan, monel (avec le nickel) ;
- maillechort (avec le nickel et le zinc) ;
- l'alliage "Dewarda" (avec l'aluminium et le zinc) ;
- alliages de joaillerie (avec l'or et l'argent).

Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, dynamos, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie.

Principales sources d'exposition :

Le cuivre est présent dans l'environnement de manière ubiquitaire. Sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 ppm (30 à 100 ppm).

Le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols marins constituent les principales sources naturelles d'exposition.

Les principales sources anthropiques sont :

- l'industrie du cuivre et des métaux en général ;
- l'industrie du bois ;
- l'incinération des ordures ménagères ;
- la combustion de charbon, d'huile et d'essence ;
- la fabrication de fertilisants (phosphate).

Le milieu environnemental le plus exposé au cuivre est le sol : 97 % du cuivre libéré dans l'environnement (ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1990) s'y retrouve contre seulement environ 3 % dans les eaux et 0,04 % dans l'air.

La contamination des sols est due principalement aux scories d'extraction et de broyage des minerais de cuivre dans lesquelles le cuivre est présent sous forme de sulfures ou de silicates insolubles.

Les autres sources de contamination des sols sont les déchets de galvanoplastie, l'industrie du fer et de l'acier et les dépôts de cuivre non recyclés provenant de la plomberie et des installations électriques.

Dans les eaux, le cuivre provient pour la majeure partie de l'érosion des sols par les cours d'eau : 68 % ; de la contamination par le sulfate de cuivre : 13 % ; et des rejets d'eaux usées qui contiennent encore du cuivre, même après traitement.

Dans l'air, la principale source de contamination est l'entraînement de poussières de sol par le vent. Par ordre d'importance, les autres sources d'exposition ubiquitaire sont : l'activité volcanique, la décomposition végétale, les feux de forêts et les aérosols marins.

Concentrations ubiquitaires

Air 10 ng/m³ ⁽¹⁾

Eaux :

-eau douce (rivières, lacs) 1 à 10 g/L ⁽²⁾

-eau de mer 0,25 g/L ⁽²⁾

Soils 10 à 40 mg/kg ⁽³⁾

Sédiments 50 mg/kg ⁽⁴⁾

(1) estimation basée sur des valeurs fournies par ATSDR (1990)

(2) estimation basée sur des valeurs fournies par ATSDR (1990) et Juste et al., (1995)

(3) estimation basée sur des valeurs fournies par Juste et al., (1995) pour des sols français

(4) estimation basée sur des valeurs fournies par ATSDR (1990) et HSDB (2002)

Données toxicologiques : étude chez l'homme :

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, il est un co-facteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure (OMS IPCS : World Health Organisation, International Program on Chemical Safety, 1998).

L'absorption du cuivre est possible par toutes les voies mais elle s'effectue de manière prépondérante par voie orale et absorption gastro-intestinale. L'absorption pulmonaire de cuivre sous forme de poussières ou de fumées est possible mais le taux d'absorption par cette voie chez l'homme n'est pas déterminé (RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid & Milieu -National Institute of PublicHealth and the Environment - Pays-Bas, 2001)

Aucune donnée relative à des intoxications aiguës par voie cutanée n'est disponible chez l'homme (ATSDR, 1990 ; OMS IPCS, 1998).

Substance chimique	Voies d'exposition	Taux d'absorption	Organe cible	
			Principal	Secondaire
Cuivre	Inhalation	ND	Foie	
	Ingestion	15-97 %	Foie	SNC, coeur, os, rein
	Cutanée	ND	Peau	ND

Synthèse des effets systémiques chez l'homme

Identification des populations les plus exposées

Dans le cas présent, deux sources sont possibles :

- particules ingérées pendant les chantiers d'épandage
- poussières transportées de l'extérieur sur les vêtements et chaussures

Le risque s'applique essentiellement sur les personnes intervenant dans le cadre du recyclage des boues de la station d'épuration du Nouveau Monde (prestataires et agriculteurs).

Il s'agit de l'ingestion directe de poussières issues du sol d'une parcelle épandue.

c) Caractérisation des risques

On peut réaliser une évaluation du risque sanitaire pour les éléments dont la présence est la plus élevée au regard des valeurs limites dans les boues de la station du Nouveau Monde.

Exposition

On se positionne sur un scénario majorant :

Exposition par ingestion directe de poussières issues du sol d'une parcelle épandue avec les boues de la station du Nouveau Monde.

On considère le cas d'un homme de 70 kg qui ingérerait 5 grammes par jour de poussières issues de cette parcelle.

L'apport maximum réglementaire des boues de la station du Nouveau Monde pendant 10 ans sur une parcelle est de 30 tonnes de matière sèche par hectare d'après l'arrêté du 08/01/1998.

La teneur moyenne en cuivre mesurée dans les boues de la station du Nouveau Monde est de 199.8 mg/kg de MS.

Le sol de la parcelle contiendra donc :

$$\frac{199.8 \text{ mg/kg MS} \times 30\,000 \text{ kg MS de boues/ha}}{3\,500\,000 \text{ kg de terre à l'hectare}} = 1.713 \text{ mg/kg de terre (= } 1.713 \text{ } \mu\text{g/g)}$$

Dans l'hypothèse de l'ingestion quotidienne de 5 g de terre par un adulte :

La quantité ingérée quotidiennement est donc de :

$$5 \text{ g/j} \times 1.713 \text{ } \mu\text{g de cuivre/g de terre ingérée} = 8.56 \text{ } \mu\text{g de cuivre ingéré par jour (soit } 8.56 \cdot 10^{-3} \text{ mg/j)}$$

ramené au poids considéré de la personne étudiée (70 kg) on a donc :

$$\frac{8.56 \cdot 10^{-3} \text{ mg/j}}{70 \text{ kg}} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ mg de cuivre ingéré/kg/jour}$$

Evaluation du risque sanitaire :

On calcule l'indice de risque IR = dose absorbée/dose de référence

$$\text{IR} = \frac{1.2 \cdot 10^{-4}}{0,14} = 8.7 \cdot 10^{-4}$$

La dose de référence utilisée est la TDI de 0.14 mg/kg/j établie par le RIVM (Institut pour la santé publique – Pays Bas).

L'indice de risque est largement inférieur à 1, le risque est donc très négligeable.

Il faut rappeler que l'approche qui vient d'être faite est extrêmement majorante, c'est à dire extrêmement sécuritaire. Elle suppose qu'une personne se trouve :

- sur une parcelle épandue à la dose maximum avec les boues de la station du Nouveau Monde
- dans une atmosphère suffisamment poussiéreuse pour avaler 5 grammes de poussières de terre par jour

Cet exemple illustre le niveau de précaution qui a été mis en œuvre lors de l'établissement de la réglementation relative à l'épandage des boues.

On note qu'aucun effet sur la santé, ni même aucun élément objectif pouvant conduire à suspecter un effet sur la santé n'a pu être constaté. Ceci est d'autant plus vrai que les teneurs mesurées en éléments indésirables dans les boues de la station du Nouveau Monde sont très nettement inférieures aux valeurs limites, voire négligeables dans certains cas.

d) Bibliographie utilisée

- INERIS – Fiche de données toxicologiques et environnementales de substances chimiques : le cuivre – 11 mars 2005
- Recommandations du CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France)
- Guide méthodologique ERS (Evaluation du Risque Sanitaire), INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)– Novembre 2001
- Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – Institut de veille sanitaire – Février 2000
- Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture – Dossier documentaire – ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) – Janvier 2001
- Base de données consultées : INERIS
- Etude Ademe-Sypréa-spde-ineris – Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de station d'épuration – Novembre 2005