

La démarche d'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact

LETORT Rodrigue

Ingénieur d'études sanitaires

ARS PAYS DE LOIRE

Délégation territoriale de Loire-Atlantique

Direction de la Santé Publique et Environnementale

19 Sept 2018 - 4^e Journée Nationale de la Qualité de l'Air

- Agence Régionale de Santé
 - Elaborer des avis dans le cadre des évaluations des risques sanitaires des études d'impact exigées par la réglementation comme contribution à l'avis de l'autorité environnementale ou sur sollicitation du préfet.
 - Article R.512-21-IV du CE : « Les avis recueillis par l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement pour lui permettre d'émettre son avis sur un projet relevant du III de l'article L. 122-1 sont transmis au préfet. »
- Ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale
- Décrets n°2017-81 et n°2017-82 du 26 janvier 2017 relatifs à l'autorisation environnementale
- Volet sanitaire des études d'impact introduit par la loi LAURE (1996)
 - Guide InVS (2000).
 - Guide INERIS (2003).

L'évaluation du risque : une démarche en 4 étapes

- L'évaluation prospective des risques sanitaires

- 1) Identification des dangers
- 2) Relations dose-réponse (dose-effet)
- 3) Estimation des expositions
- 4) Caractérisation du risque

- Les quatre étapes de la démarche intégrée (Evaluation de l'état des milieux et des risques)

- 1) Évaluation des émissions de l'installation
- 2) Évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- 3) Évaluation de l'état des milieux ;
- 4) Évaluation prospective des risques sanitaires.

Identification des dangers

- Quels sont les agents dangereux ?
 - Chimiques, biologiques, physiques
- Quelles sont les voies d'exposition possibles ?
 - Inhalation, ingestion, contact cutané
- Quelles sont les populations sensibles ?
 - Enfants, personnes âgées, femmes enceintes,...
- Quels sont les organes cibles ?
- Quels sont les effets attendus ?

Identification des dangers

Exemple : chaufferie urbaine

Biomasse	Gaz naturel	Fioul domestique
<p><u>Principales émissions :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gaz de combustion (CO, NO_x, SO₂ et CO₂). • Poussières. • Métaux lourds. <p><u>Polluants également rencontrés mais en quantité moindre:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). • Composés Organiques Volatiles (COV). • Dioxines – furanes. • Polychlorobiphényles (PCB). 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaz de combustion (CO, NO_x et CO₂). • Peu de SO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaz de combustion (CO, NO_x, SO_x et CO₂). • Poussières. • Métaux lourds. • HAP. • COV.

Identification des dangers

- **Les effets déterministes (systémiques)**

- gravité proportionnelle à la dose
- seuil en dessous duquel aucun effet n'est mesuré (détoxification, réparation et compensation de l'organisme)

- **Les effets stochastiques (cancers, mutations)**

- fréquence proportionnelle à la dose
- absence de seuil

- **Difficultés**

- synergie dans les mélanges de polluants
- produits de dégradation des molécules
- populations sensibles
- pas toujours de données chez l'homme ou même chez l'animal
- En pratique : banques de données spécialisées

Relations dose-réponse

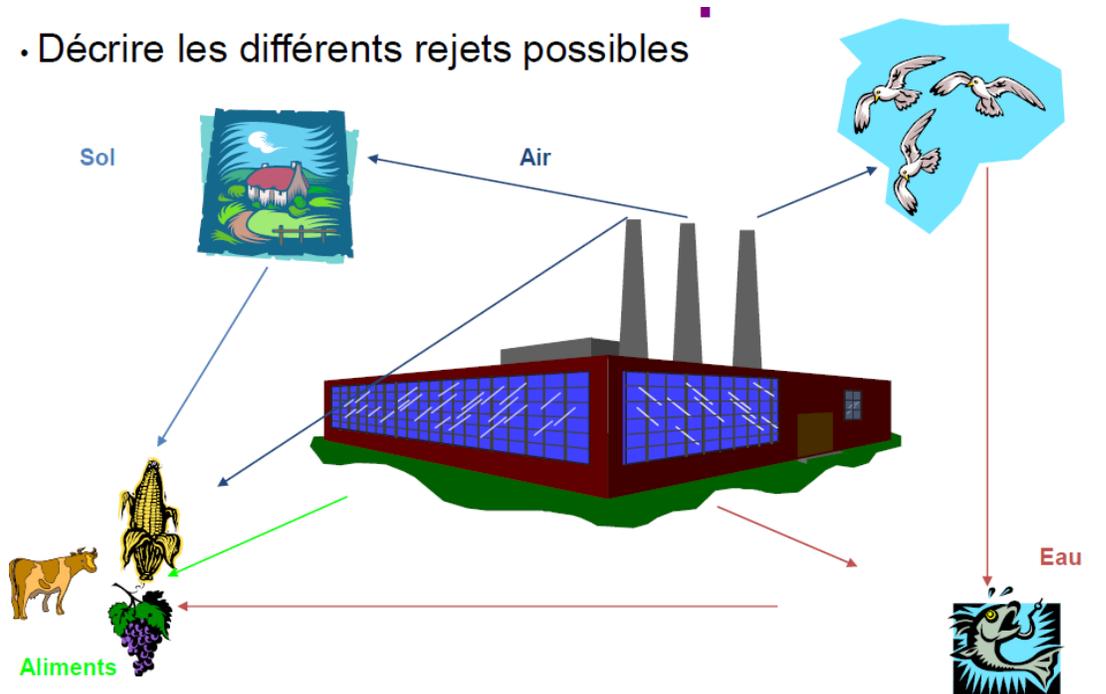
- **Valeur toxicologique de référence (VTR)**

Indice toxicologique qui permet d'établir une relation entre :

- une dose et un effet (toxique déterministe) (effet non cancérigène).
- une dose et une probabilité de survenue d'un effet (toxique stochastique) (effet cancérigène).

Estimation des expositions

- Quelles sont les substances émises par catégorie de rejets ?
 - identifier les substances émises sur le site,
 - en faire l'inventaire par catégorie de rejets (atmosphérique – canalisée vs diffus, eau, sol...).
- Quels sont les différents milieux concernés (possiblement en contact avec la population) ?
 - quelles sont les concentrations des différentes substances ?
 - quelle est la zone concernée ?
 - quelle est l'évolution temporelle de la pollution ?



Estimation des expositions

Polluant	Concentration maximale en sortie de l'installation ¹
SO ₂	200 mg/Nm ³
NO _x	200 mg/Nm ³
Poussières	10 mg/Nm ³
CO	150 mg/Nm ³
HAP	0,01 mg/Nm ³
COV	50 mg/Nm ³
HCl	10 mg/Nm ³
HF	5 mg/Nm ³

Polluant	Concentration maximale en sortie de l'installation ¹
Dioxines	0,1 ng/Nm ³
NH ₃	5 mg/Nm ³
Cd, Hg, Tl et leurs composés	0,05 mg/Nm ³ par métal et 0.1 mg/Nm ³ pour la somme exprimée en (Cd+Hg+Tl)
As, Se, Te et leurs composés	0,05 mg/Nm ³
Pb et ses composés	0,1 mg/Nm ³
Sb, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Ni, V, Zn et leurs composés	1 mg/Nm ³ 23

Estimation des expositions : caractérisation des rejets

	Points de rejet des chaudières biomasse (3 points de rejet)	Points de rejet des chaudières GN/FOD (4 points de rejet)
Caractéristiques structurelles des cheminées	Cheminée mono-conduit autostable en acier inox.	Cheminée mono-conduit autostable en acier inox.
Hauteur de la cheminée	32 m	32 m
Diamètre de l'émission	Diamètre extérieur : 1 500 mm Diamètre intérieur : 1 250 mm avec réducteur 1 150 mm en sommet de cheminée	Diamètre extérieur : 1 500 mm Diamètre intérieur : 1 250 mm avec réducteur 1 150 mm en sommet de cheminée
Vitesse d'éjection	12,55 m/s	Gaz Naturel : 8,75 m/s FOD : 8,61 m/s
Température de l'air extrait	114°C	Gaz Naturel : 119°C FOD : 117°C
Débit d'air extrait (sur gaz secs)	33 120 Nm ³ /h	Gaz Naturel : 22 803 Nm ³ /h FOD : 22 528 Nm ³ /h
Technique d'extraction	Ventilateur de tirage.	Tirage naturel (ventilateur d'air de combustion monté sur le brûleur)
Équipement annexe	Utilisation de silencieux réactifs et absorbants.	Utilisation de silencieux réactifs et absorbants.

Polluant	Concentration à la cheminée (mg/Nm ³)	Flux horaire par cheminée (kg/h)	Flux horaire pour les 3 cheminées (kg/h)
SO ₂	200	6,6	19,8
NOx	200	6,6	19,8
Poussières	10	0,3	0,9
CO	150	5	15
HAP	0,01	3,3.10 ⁻⁰⁴	9,9.10 ⁻⁰⁴
COV	50	1,7	3,4

Estimation des expositions

- **Population concernée**

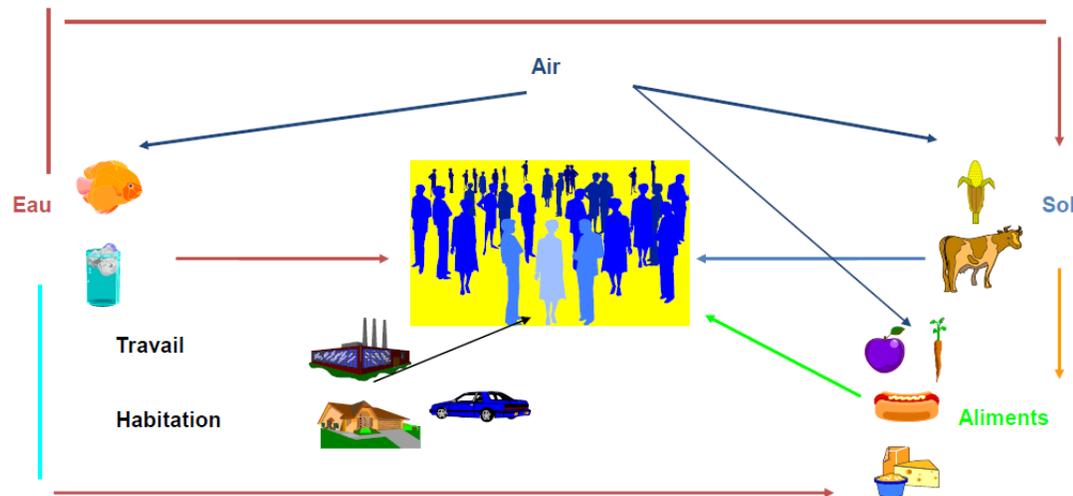
- Quelle est la taille de la population (et évolution prévisible) ?
- Quelles en sont les caractéristiques (âge, sexe) ?
- Quelle est la répartition géographique ?
- Y-a-t-il des populations sensibles ?
- Y-a-t-il des établissements sensibles (écoles, hôpitaux ...) ?
- y-a-t-il des usages sensibles (potagers, zone de baignade, alimentation en eau potable...) ?

- **Exposition de la population**

- Voies d'exposition pertinentes
 - ingestion, inhalation, contact cutané
- Paramètres individuels (poids corporel, consommation alimentaire...)
 - Durée d'exposition
- Scénarii d'exposition
 - budgets espace-temps (ex : nb d'heures par jour dans les logements...)

Estimation des expositions

- Décrire les voies d'exposition possibles



Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition (= en contact avec population)

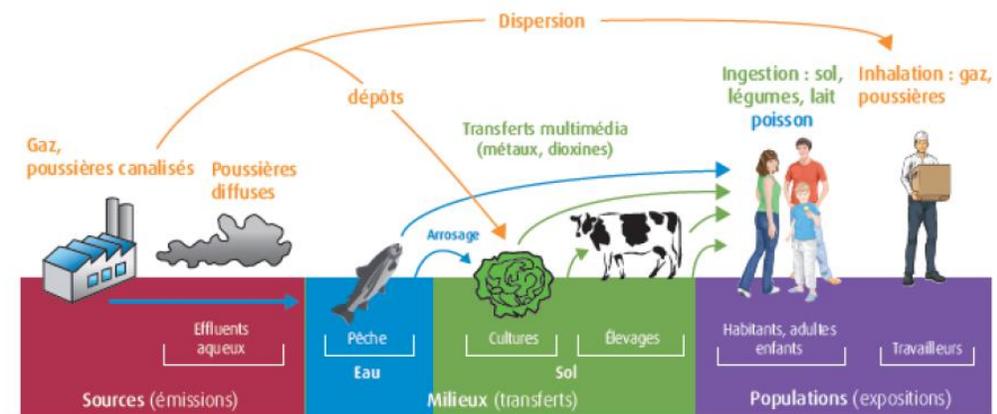
- Métrologie : échantillonnage / analyse
 - mesures dans les compartiments d'exposition,
 - mesures dans les micro-environnements des individus,
 - recherche de bio-marqueurs,
 - Limites : démarche lourde et coûteuse, réservée à des cas de pollution avérée.

Estimation des expositions

- Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition
- Modélisation
 - qualité de l'air : codes de dispersion atmosphérique...
 - qualité des eaux : codes spécifiques "eaux de surface", "eaux souterraines" ...
 - qualité du sol : codes de diffusion dans le sol...

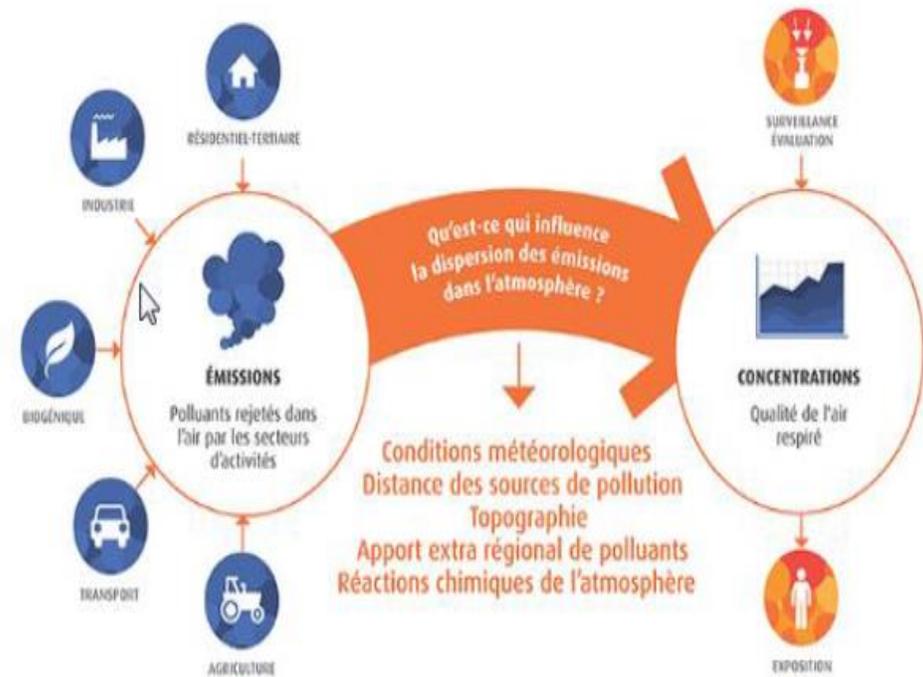
La métrologie et la modélisation sont des outils complémentaires dans l'estimation des expositions

Réalisation d'un schéma conceptuel spécifique au site



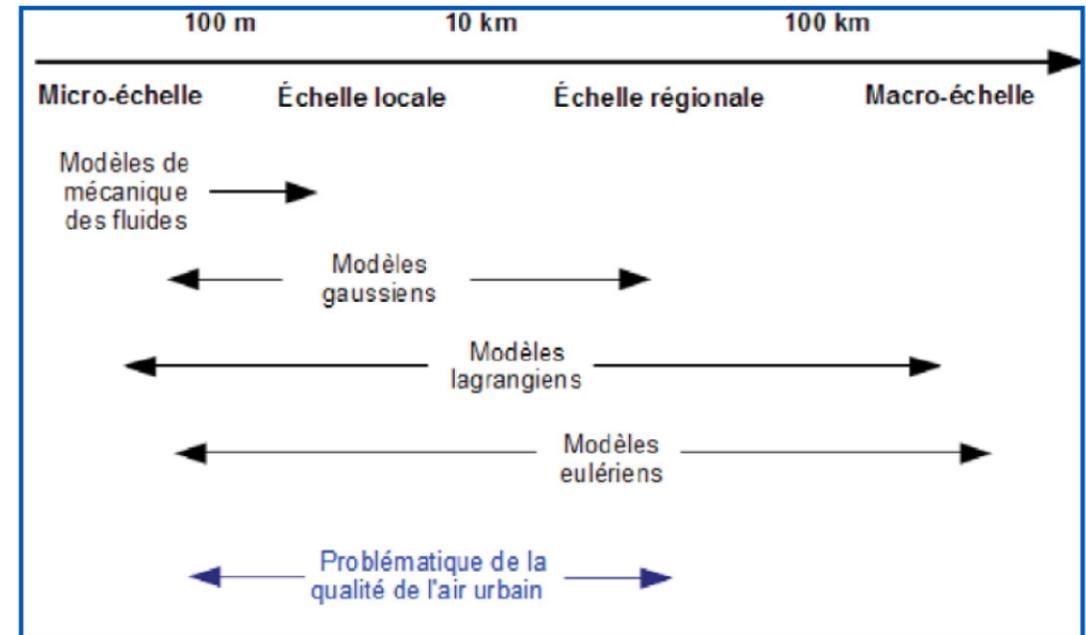
Estimation des expositions

- Les émissions (canalisées) des ICPE sont relativement bien connues. Quid de l'exposition des riverains ?
- Comment passer d'une émission d'un polluant en tonne/an ou kg/h à une concentration en mg/m³ ou µg/m³ ?



Les différents modèles numérique de dispersion atmosphérique

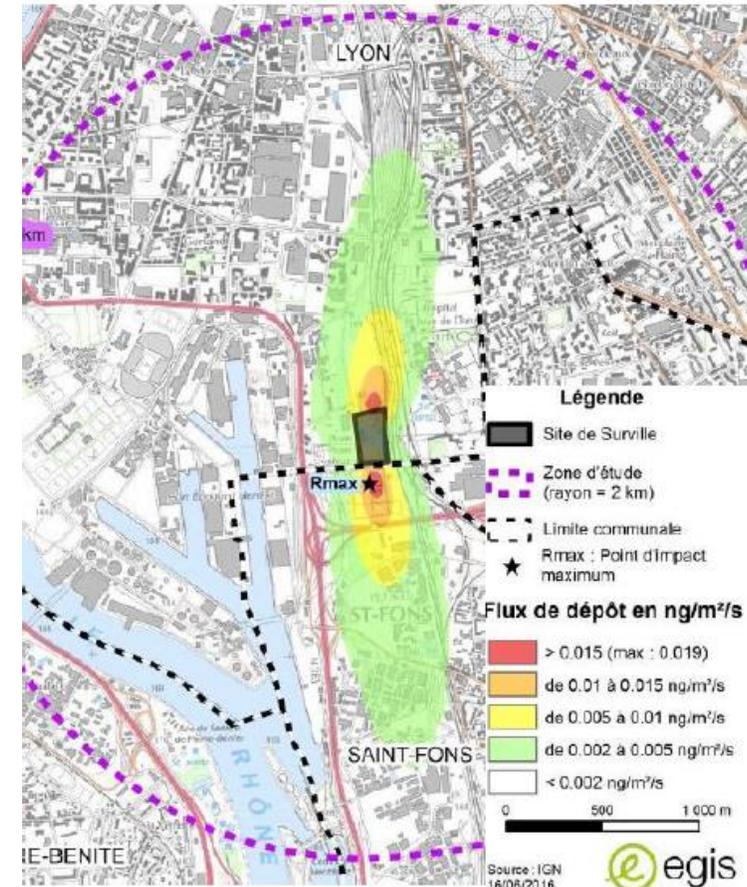
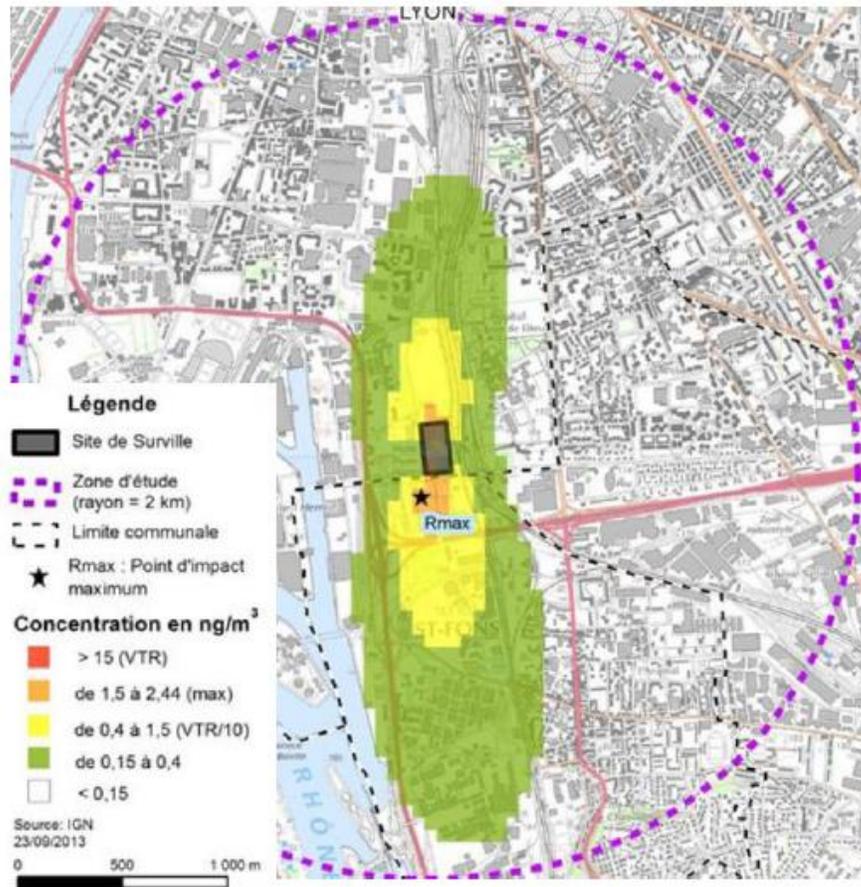
- Modèle Lagrangien (modèle de trajectoire) : suivi du mouvement des polluants (particules, molécules) par rapport au mouvement moyen de la masse d'air
- Modèle Eulérien : suivi du mouvement des polluants par rapport à un repère fixe (récepteur)
- Modèle Gaussien : suivi de polluants à proximité de la source.



Place de la modélisation dans l'ERS

- Pour quoi faire ?
 - Evaluer l'exposition des populations de manière prospective ou rétroactive.
- Dans quelles situations ?
 - Pas de données disponibles (nouvelle activité...).
 - Contraintes budgétaires/temporelles.
 - Contraintes technologiques (polluants présents en petites quantités...).
 - Evaluation de différents scénarios.
- Prérequis
 - Données météo, caractérisation des émissions de qualité.
 - Calage du modèle sur des mesures in situ.

Exemple : concentration air et dépôt au sol de l'arsenic



Exemple de simulation de rejet d'une chaufferie urbaine en milieu urbain

Particules en suspension PM10

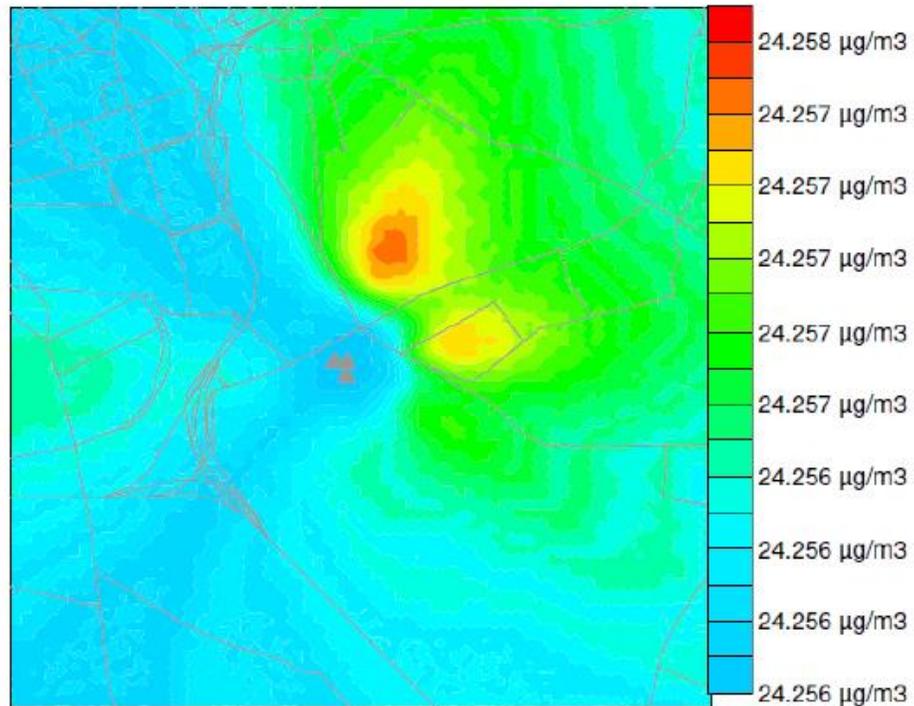
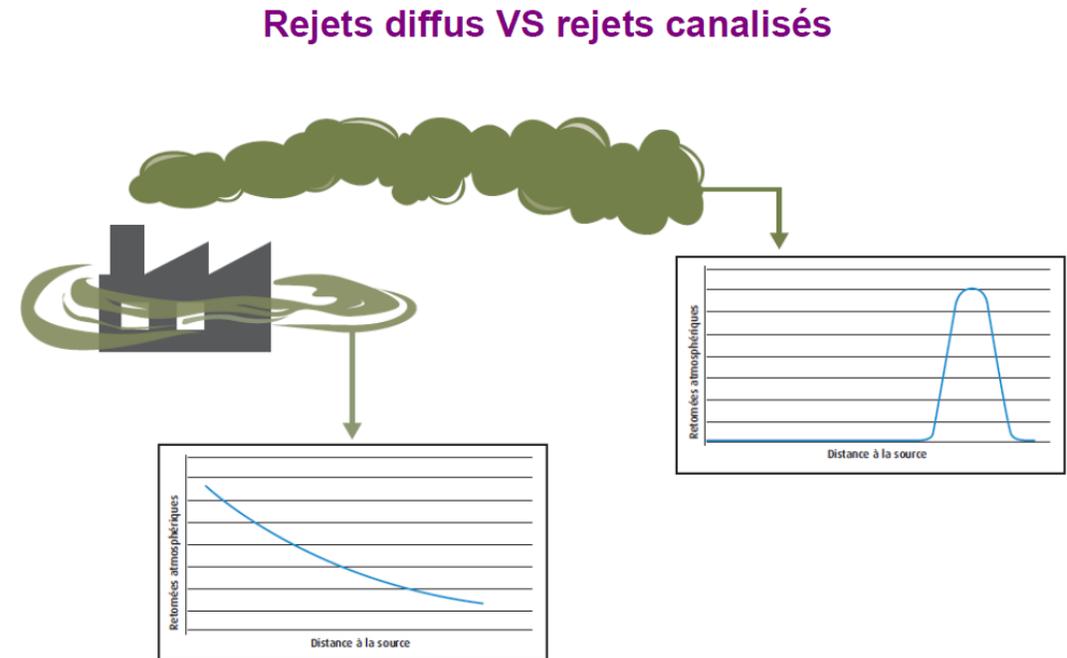


Figure 17 : particules en suspension PM10, moyenne annuelle, Dalkia Resonor seule





Points de vigilance pour la modélisation

- Caractérisation des rejets (rejets diffus, rejets canalisés, polluants, concentrations, flux, vitesses d'éjection, hauteurs des cheminées, températures...)
- Données météorologiques (vitesses et direction du vent, rayonnement, température...)
- Relief (données topographiques)
- Occupation du sol (hauteur du bâti, localisation des populations, données du cadastre, densité de population, équipements...)
- Validation du modèle par la mesure

Estimation des expositions

- **Calcul des doses moyennes journalières (DMJ) d'exposition pour chaque substance et chaque voie d'exposition (mg/kg/j)**

$$DMJ_i = (C_i * Q_i * TE * DE) / (PC * TP) \text{ (ingestion)}$$

avec C_i (mg/kg) : Concentration du toxique dans le milieu i

Q_i (kg/j) : Quantité du milieu administrée par la voie i par jour

TE : Taux d'exposition (nombre annuel de jours ou d'heures d'exposition ramené au nombre total annuel de jours ou d'heures)

DE (année) : Durée d'exposition

PC (kg) : Poids corporel

TP (année) : Période de temps sur laquelle l'exposition est pondérée

- Effets à seuil : TP = DE
- Le temps de pondération est égal au temps d'exposition.
- DMJ = moyenne annuelle
- Effets cancérogènes : TP = 70 ans (vie entière)
- hypothèse de cumul de doses
- Pour une même voie d'exposition, s'il existe plusieurs vecteurs
- (exemple : voie orale - eau, aliments, sols, poussières)
- **DMJ voie = Somme DMJ_i**

Caractérisation du risque

- Effets avec seuil

QD : quotient de danger

$$\mathbf{QD = DMJ / DJT \text{ ou } QD = CI / CJT}$$

DMJ : dose moyenne journalière d'exposition

DJT : dose journalière tolérable (au sens dose de référence)

CI : concentration inhalée

CJT : concentration journalière tolérable (au sens concentration de référence)

Risque acceptable si $IR < 1$

- Effets avec seuil

Si une molécule produit par des voies différentes le même effet toxique sur le même organe, alors on peut calculer un indice de danger pour cet effet :

ID effet = Somme IR voie

Si plusieurs composés agissent par le même mécanisme d'action sur le même organe :

- **ID effet = Somme IR composés**

Caractérisation du risque

- Effets sans seuil

ERI : excès de risque individuel (*probabilité que la cible a de développer l'effet toxicologique au cours de sa vie du fait de l'exposition considérée*)

$$\text{ERI} = \text{DMJ} * \text{ERUo} \text{ ou } \text{ERI} = \text{CI} * \text{ERUi}$$

DMJ : dose moyenne journalière d'exposition

ERUo : excès de risque unitaire par voie orale (mg/kg/j)⁻¹ (= VTR sans seuil ingestion)

CI : concentration inhalée

ERUi : excès de risque unitaire par inhalation (µg/m³)⁻¹ (VTR sans seuil inhalation)

- Effet sans seuil

La pratique est de sommer tous les ERI pour calculer un excès de risque pour tout effet sans seuil confondu

- ERC : Excès de risque collectif (*nombre de cas attendus du fait de l'exposition considérée dans une population définie*)

$$\text{ERC} = \text{ERI} \times \text{effectif de la population}$$

- Additivité possible (dans certains cas limités)
 - facteurs d'équivalence (même famille chimique)
 - appréciation globale du risque (US-EPA)

L'interprétation des résultats

Résultats IEM (état du milieu // usages)	Résultats ERS (substance par substance)	Positionnement des services (DREAL, ARS)	Suites à donner pour l'installation classée.
compatible	QD<1 et/ou ERI<10 ⁻⁵	Acceptable	Fixation des conditions de rejets d'après les hypothèses de l'étude
compatible	QD>1 et/ou ERI>10 ⁻⁵	Non acceptable	Révision du projet
vulnérabilité possible	QD<1 et/ou ERI<10 ⁻⁵	Pas de préoccupation, sous réserve d'un contrôle suffisant	Renforcement du contrôle des rejets dans l'arrêté préfectoral –fixation de conditions de rejets plus strictes éventuellement en fonction des substances incriminées.
vulnérabilité possible	QD>1 et/ou ERI>10 ⁻⁵	Non acceptable	Révision du projet
incompatible	QD<1 et/ou ERI<10 ⁻⁵	Cas par cas : adaptation des conditions au contexte environnemental et sanitaire	Renforcement du contrôle des rejets dans l'arrêté préfectoral –fixation de conditions de rejets plus strictes éventuellement en fonction des substances incriminées.
incompatible	QD>1 et/ou ERI>10 ⁻⁵	Non acceptable	Révision du projet

La conclusion de l'étude ne doit pas se limiter à la comparaison entre les indicateurs de risque et les critères d'acceptabilité, mais doit les mettre en perspective au vu de la hiérarchisation des substances et des voies d'exposition contribuant au risque, des incertitudes associées, et des zones à enjeux impactés. Les prescriptions pertinentes et proportionnées relatives à la maîtrise des émissions et la surveillance des effets seront établies sur ces bases.

Précisions : traceur de risque assimilé et effets cumulés

- Les composés (COV totaux) qui ne disposent pas de VTR pour leur ensemble peuvent être assimilés à un traceur de risque (N-hexane).

- **Effets cumulés avec les autres installations ou projets connus**

L'article R.122-5 du code de l'environnement prescrit une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 du code de l'environnement et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement a été rendu public.
- Prise en compte des effets cumulés?



Circulaire du 09/08/2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation

- **Pour les IED et non IED :**

- identification des substances émises ;
- identification des enjeux sanitaires à protéger et des voies de transfert des polluants ;
- réalisation d'un bilan complet et détaillé des émissions canalisées et diffuses (quantification et caractérisation, mode d'émission, technique de traitement, comparaison aux MTD) ;
- réalisation d'un schéma conceptuel.

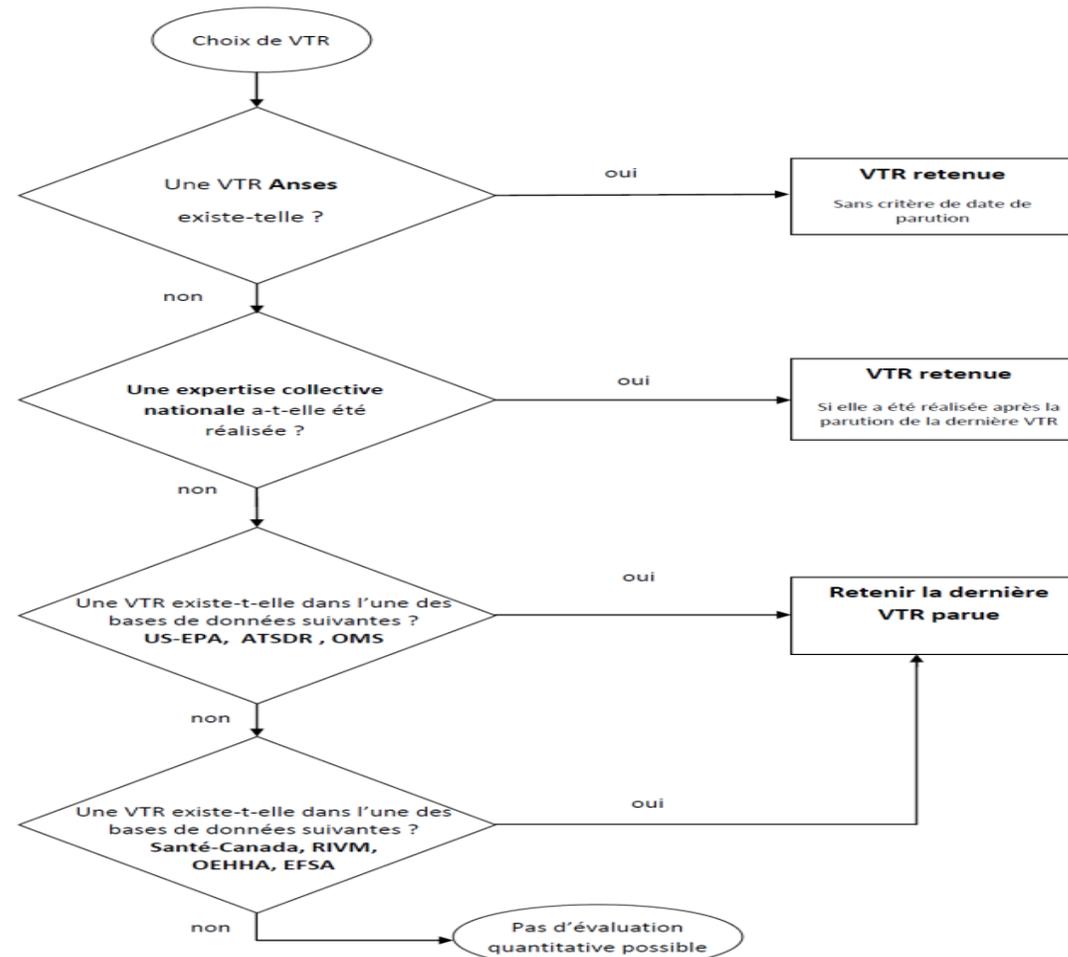
- **La DREAL doit vérifier :**

- la prise en compte des MTD ;
- l'exhaustivité de l'inventaire des substances émises ;
- le choix des substances prises en compte pour réaliser l'ERS ;
- la pertinence de la zone d'étude pouvant être impactée.

- **L'ARS doit vérifier :**

- la sélection des traceurs de risques ;
- le choix des VTR ;
- la qualité de l'évaluation de l'exposition des populations (schéma conceptuel, validité des hypothèses, modèles utilisés, validité des scénarios d'exposition) ;
- les incertitudes.

Note d'information du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués



Grille d'analyse des ERS

Insuffisances recensées dans les dossiers		Avis sur la recevabilité	Avis sur la qualité du dossier pour la contribution AE
Identification des dangers et relation dose-réponse	Absence de données toxicologiques sur les substances émises	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Insuffisances éventuelles des données à mentionner
	Absence de recherche de VTR	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque éventuel de transparence dans le choix des VTR à mentionner
Caractérisation des expositions	Non prise en compte des voies d'exposition listées dans le schéma conceptuel	Non recevable Solliciter un complément de dossier	
	Absence d'estimation des concentrations dans les milieux d'exposition	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque de transparence à mentionner
	En cas de modélisation, absence de description du modèle, des données d'entrées, etc.	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier Refuser les modèles boîtes.	Manque de pertinence du modèle à mentionner le cas échéant
	Absence d'éléments graphiques de modélisation ou de mesures de concentrations	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque de transparence à mentionner
	Absence de description des scénarios d'exposition	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque éventuel de pertinence et/ou de justification des scénarios retenus
	Absence de calcul des niveaux d'exposition	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	
	Absence de calcul de risque	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	

Grille d'analyse des ERS

Insuffisances recensées dans les dossiers	Avis sur la recevabilité	Avis sur la qualité du dossier pour la contribution AE
Pas de discussion des hypothèses et des incertitudes associées	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque de transparence à mentionner
Absence de hiérarchisation des substances et des voies d'exposition à réglementer ou à surveiller	Non recevable Solliciter un complément de dossier	
Défaut d'identification de zones à enjeux impactées (à préciser)	Non recevable <u>si</u> des enjeux sont identifiés Solliciter un complément de dossier	Manque de transparence à mentionner
En cas de dépassement, absence de mesures visant à maîtriser les émissions	Non recevable Solliciter un complément de dossier	
Absence de phasage des remédiations proposées	Solliciter des compléments si des enjeux sont identifiés	Manque de transparence à mentionner

Les guides INERIS et les guides sectoriels

- Guide méthodologique Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées
- Surveillance dans l'air autour des installations classées retombées des émissions atmosphériques
- Modélisation de la dispersion atmosphérique dans les études d'impact sanitaire d'installations classées
- Le guide pour la conduite d'étude de zone - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé
- Guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets des raffineries de pétrole
- Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés
- Guide méthodologique pour la réalisation des études acoustiques des dossiers d'élevage ICPE soumis à autorisation
- Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation



Merci pour votre attention