

TS01 : Maîtrise des risques

Risque environnemental - cours

UV TS01 : resp. Christophe Proust

Qui est votre intervenant ?

Camille DURAND

Process Design Engineer
E&C | Gas Treatment

Tel : +33 6 76 78 73 09

Mail : ca.durand@suez.com

SUEZ International – Tour CB21, 16 Place de l'Iris
92040 Paris-La Défense – France



*maîtriser le risque |
pour un développement durable*



Lubrizol 2013 — Un nuage jusqu'à Londres

Rouen → Paris → Angleterre : janvier 2013

- Réaction parasite dans un stockage : émission de mercaptans
- Nuage odorant très intense — zéro victime, zéro dépassement de seuil toxique
- Pourtant : panique, fermetures d'écoles, 200 plaintes, mobilisation préfectorale
- Nuage détecté jusqu'au sud de l'Angleterre
- Question posée : comment modélise-t-on ça ? Comment décide-t-on qu'une émission est acceptable ?

Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils
3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur
4. Etude d'impact et études des risques sanitaires
5. Audit environnemental
6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles

TS01 : périmètre du risque environnemental

- Ce cours couvre :
 - Pollution accidentelle → effets massifs faune/flore, atteinte durable aux ressources naturelles
 - Impact industriel → nuisances (bruit, odeurs), pollution chronique, impact sanitaire
 - Pollution sur site ET lors du transport (ex : rupture d'oléoduc)
 - Atteintes non chimiques : bruit, ondes EM, modification faune/flore, paysage
- Ce cours ne couvre PAS :
 - Sécurité & santé au travail (SST) — autre cadre réglementaire
 - Risque accidentel sur les personnes (déjà traité : HAZOP, arbres de défaillances)
 - Risque produit (atteinte à l'utilisateur final)

Deux logiques, deux outils

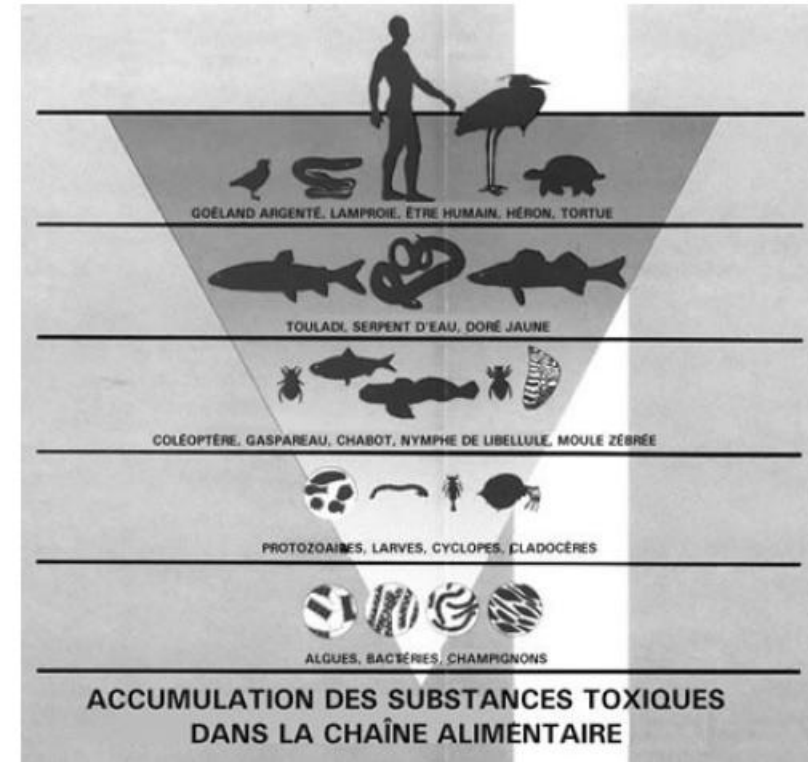
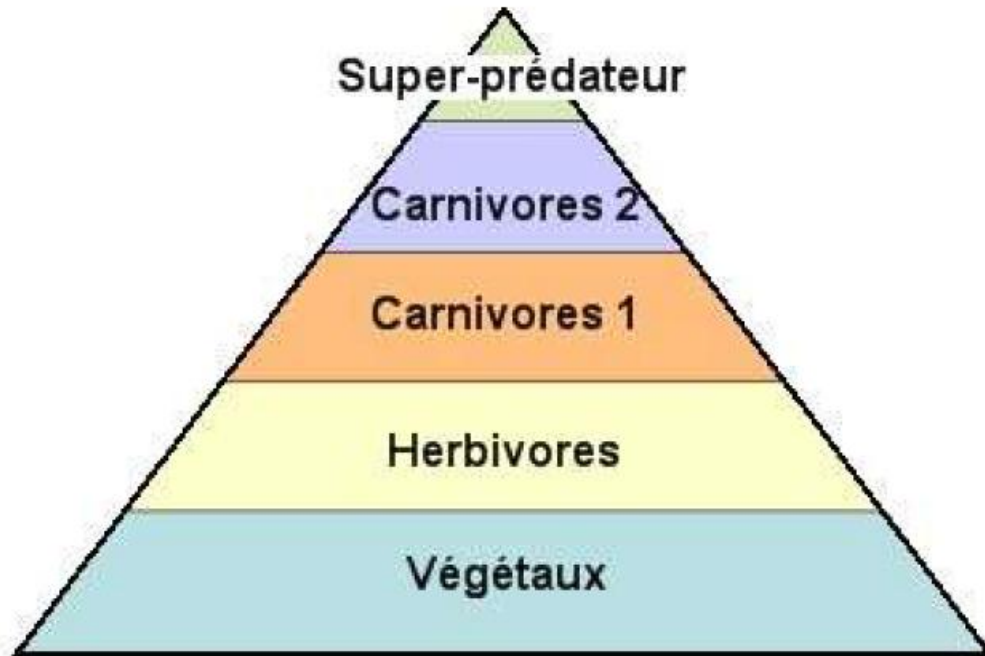
POLLUTION ACCIDENTELLE

- Effet visible et immédiat
- Cause identifiable précisément
- Faune/flore : mortalité massive et rapide
- Sandoz 1986, Lubrizol 2019, Brumadinho 2019
- → Outil : Étude des Dangers (EDD)

POLLUTION CHRONIQUE

- Effet différé, diffus, difficile à attribuer
- Multi-sources possibles
- Bioaccumulation sur des années
- Minamata, Love Canal, Métaleurop
- → Outil : Étude d'impact et étude des risques sanitaires

Chaîne alimentaire et pyramide de concentration des toxiques



Minamata — Le cas fondateur de la bioaccumulation

- 1 — LE REJET (Japon, baie de Minamata)
 - Usine Chisso : rejet de mercure dans la baie pendant 35 ans (1932-1966)
 - Mercure inorganique transformé en méthylmercure par les bactéries sédimentaires
- 2 — LA BIOACCUMULATION DANS LA CHAÎNE
 - Concentration croissante : plancton → poissons → consommation humaine quotidienne
 - Atteinte neurologique : ataxie, paresthésies, troubles visuels et auditifs, paralysie
- 3 — BILAN HUMAIN ET PORTÉE
 - ~40 décès et ~4 000 intoxiqués (chiffres initiaux) ; bilans ultérieurs plus élevés (milliers de victimes)
 - Malformations congénitales (Minamata foetal) ; Convention de Minamata sur le mercure adoptée en 2013

La chaîne de transfert : du rejet au récepteur

- Source industrielle → Milieux → Biote → Homme
- Persistance et transfert à longue distance :
 - POP (Polluants Organiques Persistants) : DDT, organochlorés → bioaccumulation jusqu'au Pôle
 - Dioxines (incinérateurs) → procès Gilly-sur-Isère, exigences Bonduelle
 - Métaux : Métal Blanc, Métaleurop → contamination sols sur des km
- Voies d'exposition des populations :
 - Inhalation : gaz canalisés, poussières diffuses
 - Ingestion : légumes, lait, poisson, eau
 - Voie cutanée : contact sol/eau (généralement négligeable)

Caractériser un polluant : au-delà de la toxicité

- Toxicité directe : DL50 (dose létale 50%), CL50 (concentration létale 50%)
- **Tous les polluants ne sont pas des toxiques**
- Paramètres physico-chimiques clés :
 - pH : acides/bases forts → destruction des écosystèmes aquatiques
 - DBO (Demande Biologique en Oxygène) : charge organique biodégradable → anoxie
 - DCO (Demande Chimique en Oxygène) : charge organique totale oxydable
 - Turbidité : matières en suspension → perturbation photosynthèse et filtration

Caractériser un polluant : au-delà de la toxicité

Paramètre	Définition	Ce qu'il mesure	Valeurs de référence	Dérive = signe de
pH (sans unité, 0–14)	Concentration en ions H ⁺ . Échelle logarithmique de l'acidité/basicité.	Équilibre acido-basique. Un pH hors norme mobilise les métaux lourds des sédiments (pH acide = plomb et cadmium libérés).	Eau naturelle : 6,5–8,5 / Eau potable : 6,5–9	Acide (<6) : rejets industriels, mines. Basique (>9) : cimenteries, tanneries
DBO₅ (mg O₂/L, sur 5 jours)	Quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique présente, à 20°C en 5 jours.	Charge en matière organique biodégradable. Une DBO ₅ élevée asphyxie la faune aquatique par épuisement de l'oxygène dissous.	Rivière saine : <3 / Rejet urbain brut : 200–400 / Agroalimentaire : jusqu'à 5 000	Rejets domestiques, agroalimentaires, papeteries
DCO (mg O₂/L)	Quantité d'oxygène pour oxyder chimiquement toute la matière oxydable — organique et minérale — par bichromate de potassium.	Charge totale oxydable, y compris composés non biodégradables (solvants, pesticides). Toujours > DBO ₅ . Ratio DCO/DBO ₅ < 2 = biodégradable ; > 3 = composés réfractaires.	Rivière saine : <20 / Rejet urbain brut : 400–800 / Industriel : peut dépasser 10 000	Solvants, hydrocarbures, colorants industriels
Turbidité (NTU)	Diffusion de la lumière par les particules en suspension (sédiments, argiles, matières organiques, micro-organismes), mesurée par néphélométrie.	Quantité de matières en suspension. Réduit la photosynthèse aquatique, colmate les branchies, et peut masquer des pathogènes lors de la désinfection.	Eau potable : <1 NTU / Rivière claire : <10 NTU / Rivière en crue : >1 000 NTU	Ruissellement agricole, chantiers, érosion, carrières

Deux mécanismes sans toxicité directe

EUTROPHISATION

- Source : nitrates + phosphates (engrais, élevage, lessives)
- Développement excessif d'algues
- Consommation de l'O₂ pour la dégradation
- Anoxie → mort de la faune et de la flore
- Développement de bactéries sulfureuses

PLUIES ACIDES

- Source : SO₂ + NO_x (combustion charbon/pétrole)
- Transformation en acides sulfurique et nitrique
- Acidification des sols et des lacs
- Déforestation massive (Scandinavie, 1970s)
- Historique : Manchester 1870 — premier cas documenté

Deux autres mécanismes

Couche d'ozone ("trou")

- Rejets de gaz destructeurs d'ozone type CFC
- Catalyse de la dégradation de l'ozone
- Le Protocole de Montréal (1987) a interdit progressivement les CFC
- La couche d'ozone se reconstitue lentement

Effet de serre

- Phénomène naturel et indispensable : sans lui, la température moyenne serait de -18°C au lieu de $+15^{\circ}\text{C}$.
- Les gaz à effet de serre (GES) responsables de cette rétention augmentent depuis l'ère industrielle
- Le problème actuel est l'amplification anthropique : combustion de fossiles, déforestation, élevage intensif...

Gaz	Préindustriel	Actuel	Hausse
CO ₂	280 ppm	~425 ppm	+52 %
CH ₄	722 ppb	~1 930 ppb	+167 %
N ₂ O	270 ppb	~336 ppb	+24 %

Atteintes à l'environnement autres que chimiques

- Bruit
- Ondes électromagnétiques
- Atteinte aux paysages, au patrimoine
- Modification de la faune ou de la flore:
 - Introduction d'un prédateur, d'un concurrent
 - Élimination d'une espèce
 - Modification du milieu

Trois types de pollution industrielle

- 1 — POLLUTION HISTORIQUE
 - Résultat accumulé d'émissions passées, source parfois inconnue
 - Love Canal (USA 1978), Montchanin, Salsigne (arsenic), CMMP Aulnay (plomb)
- 2 — POLLUTION CHRONIQUE
 - Émissions continues en fonctionnement normal de l'installation
 - Rejets atmosphériques canalisés/diffus, effluents aqueux, poussières, odeurs
- 3 — POLLUTION ACCIDENTELLE
 - Sur site : rupture, explosion, fuite
 - Lors du transport : rupture d'oléoduc — Saint-Martin-de-Crau, 07/08/2009



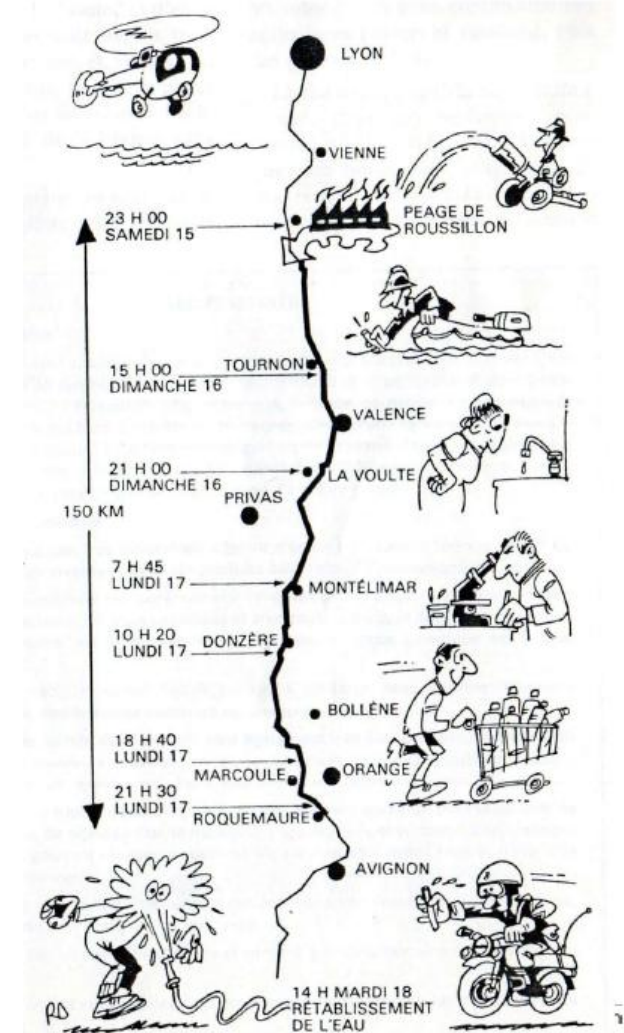
Protex-Auzouer 1988 : 25 km de rivières polluées — 200 000 habitants privés d'eau 6 à 10 jours

Protex-Auzouer 1988 : 25 km de rivières polluées — 200 000 habitants privés d'eau 6 à 10 jours



Rhône-Poulenc Roussillon — 15 juin 1985 – Eaux d’extinction d’incendie

- 1 — LE SCÉNARIO ACCIDENTEL
 - Incendie d'un stockage de produits phytosanitaires (Isère, France)
 - ~800 t de produits phytosanitaires + ~50 t de pyrocatéchine impliqués
- 2 — CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES
 - Rhône pollué sur ~150 km en aval (eaux d'extinction chargées en phytosanitaires)
 - Mortalité piscicole : ~70 t de poissons morts retrouvés
- 3 — PORTÉE RÉGLEMENTAIRE
 - Avec Sandoz Bâle (nov. 1986), accident structurant pour la doctrine de rétention des eaux d'extinction
 - Prise en compte des stockages phytosanitaires dans la nomenclature ICPE et arrêtés ministériels associés



Sandoz Bâle — 1^{er} novembre 1986 – Eaux d’extinction d’incendie

- 1 — LE SCÉNARIO ACCIDENTEL
 - Grave pollution du Rhin par eaux d’extinction (15 000 m³)
 - ~30 t de pesticides et 200 kg de composés de mercure rejoignent le Rhin
- 2 — CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES
 - Rhin pollué sur ~1 000 km en aval (Rotterdam et mer du Nord)
 - Extermination des anguilles d’Europe sur 400 km (~ 150 000 individus)
- 3 — PORTÉE RÉGLEMENTAIRE
 - Accident structurant pour la doctrine de rétention des eaux d'extinction
 - Rétention d’informations de la part de Sandoz
 - Alignement de la Suisse sur la réglementation européenne, révision de la directive Seveso et adoption de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontaliers



Ruptures de bassins miniers — Accidents structurants

- 1 — AZNALCÓLLAR (Espagne, avril 1998)
 - Rupture digue mine Boliden : ~6 millions m³ de boues et eaux acides toxiques
 - Pollution Río Agrio/Guadiamar ; menace sur le Parc National de Doñana (Patrimoine UNESCO)
- 2 — BAIA MARE (Roumanie, 30 janvier 2000)
 - Rupture digue : ~100 000 m³ d'effluents au cyanure libérés dans la Tisza puis le Danube
 - Pollution transfrontalière sur 5 pays ; révision de la directive « déchets des industries extractives » (2006/21/CE)
- 3 — KOLONTÁR / AJKA (Hongrie, 4 octobre 2010)
 - Rupture digue bassin de boues rouges (alumine) : ~1 million m³ déversés, pH ~13
 - 10 morts, ~150 blessés, villages submergés ; amende ~550 M€ ; reprise de l'exploitant par l'État hongrois

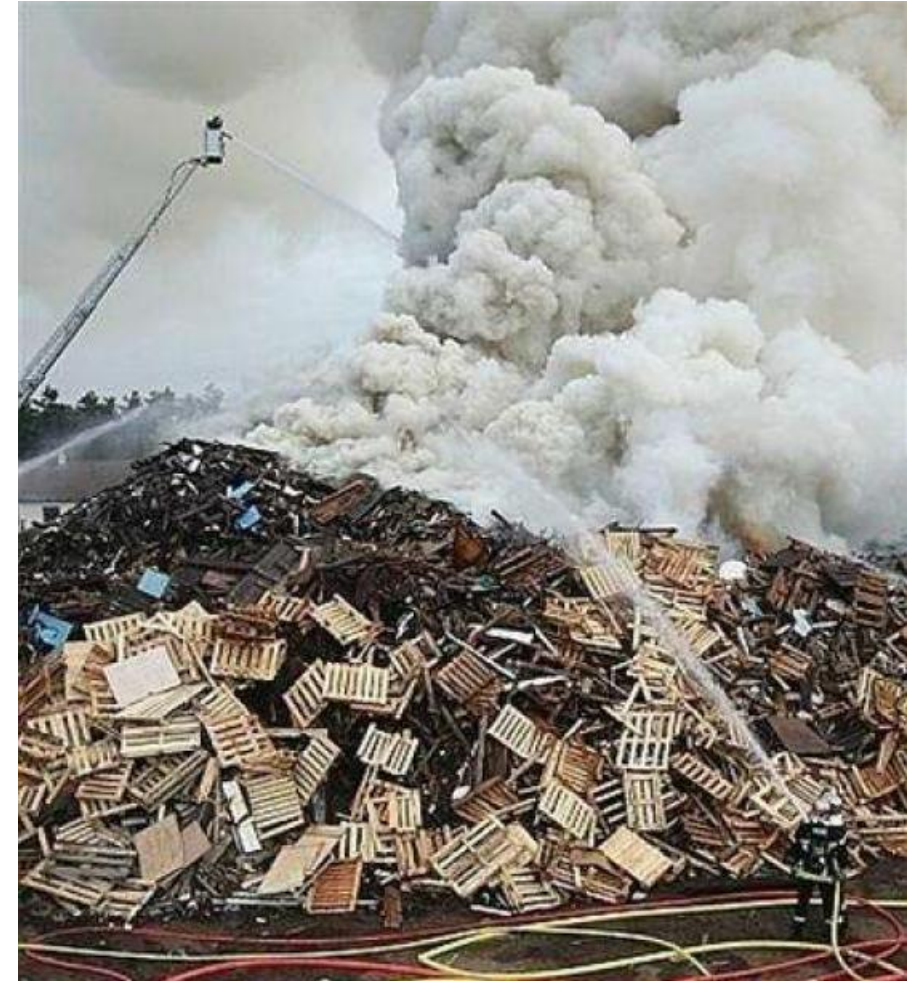
Brumadinho 25 janvier 2019 : rupture d'une digue de retenue

- Déversement de boues de mine de fer
- Plus de 300 morts et disparus
- Il y avait eu des alertes
- Inspection par le TÜV: drainages obstrués, validation mais avec recommandations
- Le PDG démissionne « temporairement »



Pollutions atmosphériques accidentelles

- 1 — NANTES, AMMONITRATES (29 octobre 1987)
 - Incendie d'un entrepôt portuaire d'engrais ammonitrates → panache de vapeurs nitreuses
 - Évacuation de 7 communes : ~25 000 personnes déplacées
- 2 — VITALE, SAINT-CYPRIEN (Loire, 16 mai 2008)
 - Incendie d'une usine de traitement de matières plastiques → retombées de dioxines et furanes sur les pâturages
 - Abattage préventif de ~1 500 bovins ; relaxe en 2016
- 3 — ENSEIGNEMENTS POUR L'EDD ENVIRONNEMENTALE
 - Voie de transfert = dispersion atmosphérique puis retombées → atteinte aux ressources naturelles (sols, élevage, chaîne alimentaire)
 - Rejets accidentels en phase gazeuse : dioxines (PCDD), furanes (PCDF), PCB-DL, métaux lourds



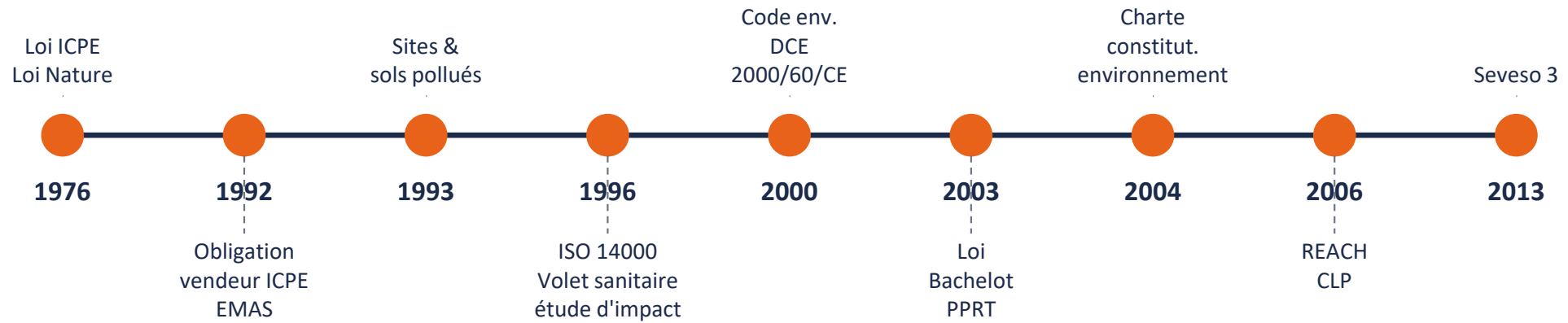
Trois types de pollution — Bilan

- La pollution historique a toujours pour origine une pollution chronique ou accidentelle
- La pollution historique est souvent la plus coûteuse à gérer (dépollution, contentieux, responsabilités)
- Chaque type appelle un outil réglementaire différent :
 - Chronique → Étude d'impact / Etude des risques sanitaires
 - Historique → Audit environnemental
 - Accidentelle → Étude des Dangers (EDD)

Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
- 2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils**
3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur
4. Etude d'impact et études des risques sanitaires
5. Audit environnemental
6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles

Frise réglementaire : les jalons clés



Depuis le moyen âge

Gérer les conflits d'usages :

(mot « pollution » déjà utilisé en XII^{ème} siècle)

- Régler l'usage de l'eau entre tanneurs et paysans
- Interdire le dépôt des déchets des abattoirs directement dans les rues (Lettre Royale de 1363)

Droit de l'environnement

Les lois de juillet 1976 :

- Le 10 juillet relative à la protection de la nature
- Le 19 juillet relative aux ICPE

Code de l'environnement (rédaction à partir 89)

- Partie législative en 2000
- Partie réglementaire entre 2005 et 2007
(décrets partiellement codifiés)

Lois de la protection de la nature

Article 2 de la loi du 10 juillet 1976

Codifié aux articles L 122-1 à L 122-3 du code de l'environnement

Les travaux et projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation ainsi que les documents d'urbanisme doivent respecter les préoccupations d'environnement.

Les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une **étude d'impact** permettant d'en apprécier les conséquences.

Objet de la loi ICPE

Article 1er de la loi du 19 juillet 1976

Codifié à l'article L 511-1 du code de l'environnement

Sont soumis aux dispositions de la présente loi **les usines, ateliers, dépôts, chantiers et d'une manière générale les installations exploitées** ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter **des dangers ou des inconvénients** soit pour la **commodité du voisinage**, soit pour la **santé, la sécurité, la salubrité publiques**, soit pour **l'agriculture**, soit pour la **protection de la nature et de l'environnement**, soit pour la **conservation des sites et des monuments**.

Evolution de la nomenclature des ICPE et code de l'environnement

- Création de rubriques 3000 pour les activités IED (transfert à partir des rubriques 2000)
- Création de rubriques 4000 pour les substances (transfert à partir des rubriques 1000)
- Nomenclature ICPE :
 - Rubriques 1000 (substances) / 2000 (activités) / 3000 (IED) / 4000 (Seveso)
 - ~7 000 établissements IED parmi 28 000 ICPE soumises à autorisation
- Art. R.122-5 du Code de l'environnement :
 - 1. État initial de l'environnement (milieux, usages, sensibilités)
 - 2. Analyse des effets sur l'environnement ET sur la santé des populations ★
 - 3. Raisons du choix de la solution retenue (MTD/BREF comme référence)
 - 4. Mesures de réduction/compensation des impacts
 - 5. Conditions de remise en état du site en fin d'activité

IED : directive relative aux émissions industrielles

Au niveau international

Au niveau Européen depuis 1972

- Des programmes d'action
- Source de droit (+ 200 actes => directives dont la **Directive relative aux émissions industrielles**)

Au niveau international

- Traités internationaux (protocole de Montréal 87: CFC vs ozone)
- Conventions régionales (protection du Rhin)
- Des déclarations « agenda 21 » sommet de Rio (1992)
- Jurisprudence ...

Outils et cible réglementaire

Outil	Cible principale	Déclencheur
Étude d'impact	Pollution chronique future de l'installation	Demande d'autorisation ICPE (IED : obligatoire)
Audit environnemental	Pollution historique du site	Cession-acquisition, cessation d'activité, SME
Étude des Dangers (EDD) — volet env.	Pollution accidentelle potentielle	ICPE Seveso / IED (PPRT pour l'urbanisme)

- Pollutions historiques
 - Pollutions chroniques
 - Pollutions accidentelles
- 
- Audit environnemental ?
 - Etude d'impact ?
 - Etude des dangers ?

Lubrizon 2019 : Quand l'accidentel révèle les lacunes

26 septembre 2019 — Rouen

- Incendie majeur : ~9 000 tonnes de produits chimiques brûlés
- Panache de fumées noires visible sur des centaines de km
- Retombées suies sur Normandie, Île-de-France, Hauts-de-France
- EDD ou étude d'impact ? → Les DEUX : l'accident révèle que les EDDs ne couvrent pas les conséquences environnementales
- Même outil que pour les odeurs : la modélisation de dispersion atmosphérique

Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils
- 3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur**
4. Etude d'impact et études des risques sanitaires
5. Audit environnemental
6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles

Pourquoi modéliser la dispersion ?

- Trois usages, un seul outil :
 - Urgence : panache accidentel en temps réel → aide à la décision d'évacuation (Lubrizol 2019)
 - Chronique : impact d'une installation sur ses riverains → étude d'impact / IEMerS
 - Nuisances : panaches odorants → définir les zones d'impact (pratique professionnelle)
- La modélisation remplace l'impossibilité de mesurer partout et tout le temps
- Elle produit :
 - Une rose des vents de dispersion sur la zone d'étude
 - Des cartes d'isoconcentration autour du site
 - Des concentrations estimées aux récepteurs → comparées aux seuils réglementaires

Les paramètres d'une dispersion (1/2) — Source & météo

- **SOURCE** — ce que l'ingénieur procédés maîtrise :
 - Hauteur et diamètre de la cheminée / de l'émissaire
 - Débit volumique, vitesse d'éjection, température des gaz
 - Flux massique de la substance (kg/h) — réaliste ET majorant
- **MÉTÉOROLOGIE** — données externes, statistiques locales sur 5-10 ans :
 - Direction et vitesse du vent → rose des vents
 - Stabilité atmosphérique : classes de Pasquill-Gifford (A très instable → F très stable)
 - Précipitations → lessivage des polluants particuliers

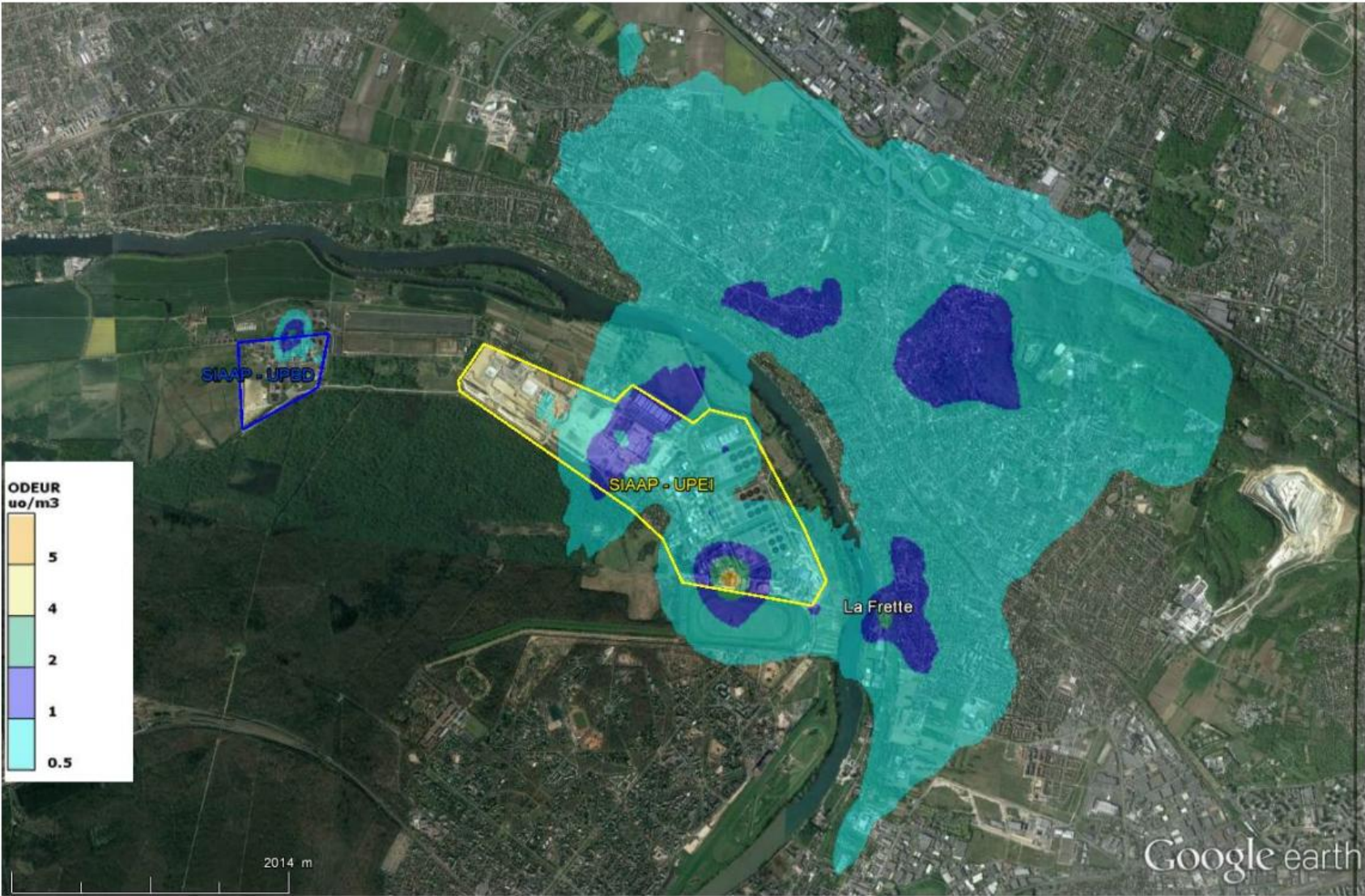
Les paramètres d'une dispersion (2/2) — Terrain & récepteur

- **TERRAIN — contexte local :**
 - Relief (effet de sillage et blocage des panaches)
 - Rugosité de surface : zone urbaine vs zone rurale vs zone industrielle
 - Présence de bâtiments (perturbations locales du champ de vent)
- **RÉCEPTEUR :**
 - Distance à la source
 - Usage du milieu et du sol (jardins potagers, captages d'eau...)
 - Populations présentes et leur vulnérabilité
 - Durée et fréquence d'exposition

De la concentration au seuil : logiques comparées

Type	Indicateur	Seuil d'acceptabilité	Référence
Odeurs	UO/m ³ (unités d'odeur)	1 UO/m ³ = perception 5 = gêne / 50 = insupportable	EN 13725
Toxique chronique (effet à seuil)	QD = DJE / VTR (Quotient de Danger)	QD ≤ 1 acceptable	Circulaire 9/08/2013
Cancérogène (effet sans seuil)	ERI (Excès de Risque Individuel)	ERI ≤ 10 ⁻⁵ acceptable	Circulaire 9/08/2013
Bruit industriel	dB(A) Émergence	≤ 5 dB(A) jour ≤ 3 dB(A) nuit	Arrêté 23/01/1997
Eau de surface	µg/L → NQE (Norme Qualité Env.)	Spécifique substance (compartiment le + sensible)	DCE 2000/60/CE

Exemple pour les odeurs



Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils
3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur
- 4. Etude d'impact et études des risques sanitaires**
5. Audit environnemental
6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles

L'étude d'impact — Cadre légal et objectifs

- **Origine législative :**
 - Loi du 10 juillet 1976 (protection de la nature) + loi du 19 juillet 1976 (ICPE) + décret du 21 septembre 1977
 - Élargissement explicite à l'aspect sanitaire à partir de 1996
 - Objectifs :
 - Aider à une conception respectueuse de l'environnement
 - Éclairer les autorités administratives pour leur décision
- **Informé le public**
 - Identifier et hiérarchiser les enjeux
 - Supprimer, réduire ou compenser les effets dommageables

L'étude d'impact : contenu d'une étude d'impact

1. **Analyse de l'état initial** du site & de son environnement
2. **Analyse des effets** directs et indirects, temporaires et permanents sur l'environnement et la santé
3. **Raisons des choix retenus**
4. **Mesures envisagées** (chiffrées) pour supprimer, limiter ou compenser
5. **Conditions de remise en état du site**
 - Aspect chronique privilégié : l'étude d'impact traite plutôt les rejets en fonctionnement normal

État initial — Thèmes d'analyse (1/2)

ENVIRONNEMENT

- Occupation de la zone, espaces naturels, agricoles, forestiers, de loisirs
- Biens matériels, patrimoine culturel susceptibles d'être affectés
- Présence d'ateliers, usines, industries lourdes, habitations, équipements collectifs, voies de circulation
- Documents d'urbanisme, sites classés, archéologie, servitudes d'utilité publique
- Richesses naturelles, vulnérabilités, pollutions et nuisances préexistantes

POLLUTION DE L'EAU

- Rivières et cours d'eau voisins : objectifs de qualité, débits (étiage à surveiller)
- Nuisances actuelles : usines ou agglomérations rejetant en amont
- Usages : alimentation en eau potable, irrigation, hydroélectricité
- Qualité du milieu récepteur vis-à-vis des polluants rejetés par l'installation
- Milieu aquatique : faune, flore

État initial — Thèmes d'analyse (2/2)

- **BRUIT ET VIBRATIONS**

- Nuisances actuelles (ateliers, usines, routes, chemin de fer, avions) ; densité urbaine ; voisinage sensible (hôpitaux, écoles, hospices, bureaux) ; proximité des habitations

- **TRANSPORTS ET APPROVISIONNEMENTS**

- Nuisances liées à la circulation à proximité (transit de poids lourds en zone d'habitation) ; phase de construction et travaux à inclure

- **POLLUTION DE L'AIR**

- Qualité de l'air locale, sources existantes, conditions météorologiques dominantes, exposition des riverins.

- **SOLS, DÉCHETS, SOUS-SOL, RISQUES**

- Sols : nature, occupation, pollutions préexistantes ; déchets générés ; sous-sol : géologie, hydrogéologie ; risques naturels et technologiques préexistants

À retenir : l'état initial documente non seulement le milieu, mais aussi les vulnérabilités et les pollutions/nuisances déjà présentes

Raisons des choix retenus

- Les choix doivent être justifiés sur critères objectifs :
 - Critères techniques
 - Critères économiques
 - Critères environnementaux
 - Examen des solutions alternatives
- Référence des Meilleures Techniques Disponibles :
 - MTD documentées dans les BREF (Best REferences) publiés par l'Union européenne

À retenir : la solution retenue doit être démontrée comme la plus pertinente parmi celles examinées

Mesures envisagées

- Mesures chiffrées pour supprimer, limiter ou compenser
 - Limitation à la source : modification du procédé, substitution de substances, optimisation des rendements
 - Dispositifs d'atténuation :
 - Hauteur de cheminée adaptée à la dispersion
 - Station d'épuration des effluents
 - Réseaux séparatifs eaux pluviales / eaux usées / eaux process
- Consignes d'exploitation (modes opératoires, formation, maintenance)
- Dispositifs de surveillance des rejets (capteurs, plans de mesure, auto-surveillance)
 - Coût chiffré des mesures correspondantes (exigence réglementaire)
 - Logique : Éviter → Réduire → Compenser (ERC), avec priorité à la réduction à la source sur la compensation

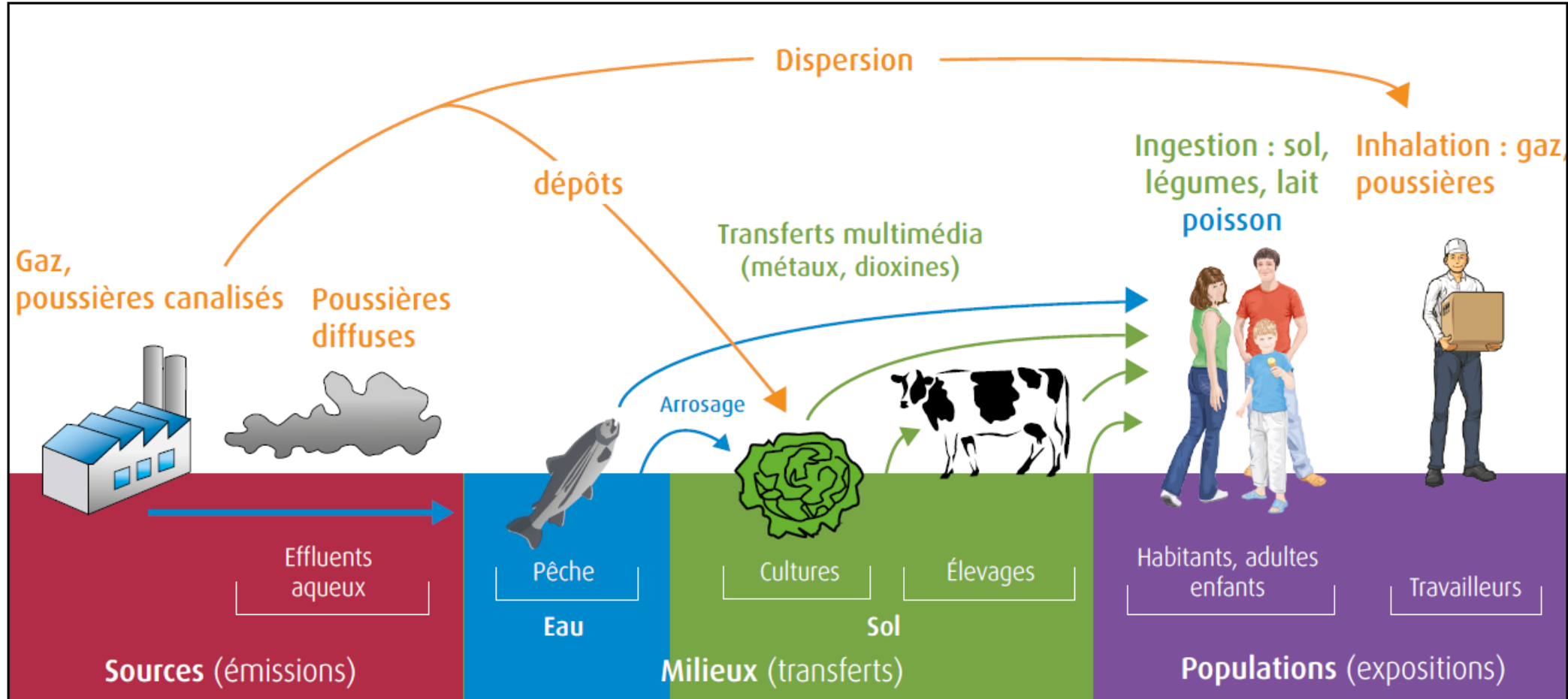
Conditions de remise en état

- Origine : initialement prévue pour les carrières et les stockages de déchets
 - Depuis le décret du 23/03/2000 : obligation étendue à toutes les ICPE
- Trois temporalités :
 - 1. Pendant la création et l'exploitation du site
 - 2. La remise en état proprement dite (démantèlement, dépollution, réaménagement)
- 3. État final et suivi sur la durée (servitudes d'usage éventuelles)
 - Garanties financières exigées de l'exploitant pour assurer la remise en état si défaillance
 - À retenir : la cessation d'activité d'une ICPE engage l'exploitant jusqu'à l'atteinte d'un état compatible avec l'usage futur du site

Étude des Risques Sanitaires — aspects chroniques

- Volet sanitaire de l'étude d'impact
- Statut : l'ERS est le contenu opérationnel (analyse des effets sur la santé)
- Périmètre privilégié : exposition chronique des populations riveraines au fonctionnement normal de l'installation
 - Articulation avec les 5 étapes :
 - Inventaire des substances et des nuisances émises (étape 1)
- Effets intrinsèques et conjugués des substances inventoriées (étape 2)
 - Voies de contamination et identification des populations potentiellement affectées (étape 3)
 - Évaluation quantitative des expositions, conditions normales ET critiques (étape 4)
- Caractérisation finale du risque sanitaire causé par l'installation (étape 5)

Étude des Risques Sanitaires — aspects chroniques



Étude des Risques Sanitaires : une réalité difficile à apprécier : Fos sur Mer



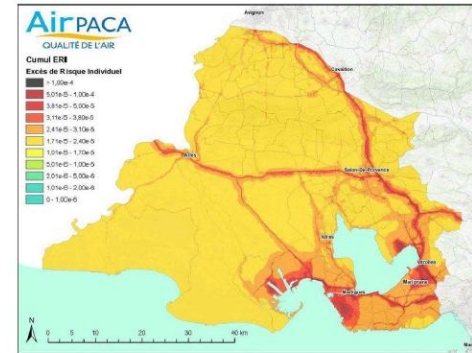
Etude concernant
2.000 personnes

1^{er} résultats en février 2017

Affections respiratoires touchent 40% de la population

Prévalence cancer 10,5% (contre 6% en France)

Les diabètes 11,6% (environ 6% en France)



Janvier 2018 :
Air Paca pointe des excès de
polluants atmosphériques

Février 2018 :

Une association locale présente les résultats d'une étude montrant la présence de polluants (PCB, dioxine, métaux lourds) => plainte contre X

La Préfecture conteste la pertinence de l'étude

Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils
3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur
4. Etude d'impact et études des risques sanitaires
- 5. Audit environnemental**
6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles

L'audit environnemental : genèse

- Love Canal, New York, 1978 :
 - Quartier résidentiel construit sur une décharge chimique Hooker Chemical (1940-1953)
 - Cancers, malformations congénitales → évacuation de 900 familles — coût : 400 M\$
 - Déclenche dans le monde anglo-saxon les audits de cession-acquisition
- En France, démarche volontaire puis réglementée :
 - 1992 : ICPE — obligation d'audit au vendeur lors de cession de site industriel
 - 1993 : Politique nationale de traitement des sites & sols pollués
 - 1993 : EMAS (Environmental Management Audit System)
 - 1996 : ISO 14 000 / SME — dernière version ISO 14001:2015

L'audit : une démarche volontaire puis réglementée

- Love Canal (1978-1980) → monde anglo-saxon → 1992 France : obligation légale au vendeur
- Objectif : identifier, caractériser et assumer le passif environnemental d'un site
- Outil indispensable dans toute transaction industrielle et en fin de vie d'un site

Les 6 types d'audits environnementaux

Type	Objectif principal	Déclencheur typique
Réglementaire	Vérifier la conformité aux lois et arrêtés (ICPE + eau + air + déchets)	Démarche interne, préparation inspection
Cession-acquisition	Identifier le passif environnemental avant achat/vente	Transaction immobilière ou industrielle
Cessation d'activité	État des lieux avant fermeture Réhabilitation du site	Fermeture d'usine, arrêt définitif
SME (ISO 14001) : diagnostic initial, suivi	Vérifier l'efficacité du système de management environnemental	Certification ou renouvellement
Sites pollués	Caractériser une pollution suspectée ou avérée (phases 1, 2, 3)	Découverte, plainte, héritage industriel
Judiciaire	Expertise dans un contentieux ou une procédure pénale	Plainte, accident, litige environnemental

Audit réglementaire

- Objectif : apprécier en interne sa conformité réglementaire
- Référentiel : ICPE + lois sur l'eau, l'air et les déchets
- Documents à collecter :
 - Arrêté préfectoral de classement + historique échanges Administration
 - Plaintes reçues et liste des incidents/accidents passés
 - Description du site, de l'activité et des procédés — liste des produits (FDS)
 - Inventaire réservoirs enterrés, réseaux d'eau, fosses
 - Points de rejets atmosphériques et aqueux avec données de surveillance

Objectif : identifier les pollutions pour une remise en état

Identique à cession acquisition mais :

- Partie réglementaire plus réduite (on arrête!)
- Investigation pollution historique plus développée (+ de temps) éventuellement prolongée par dépollution

Audit de SME : Système de management environnemental (ISO 14001)

Objectif : c'est un diagnostic pour engager une démarche de SME

- Audit réglementaire + « Bonnes Pratiques »
- Identification des enjeux
- Recensement d'actions déjà engagées
- + étude SMQ s'il existe

=> **Faisabilité d'un SME**

Audit de recensement des sites pollués

- Phase 1 — Diagnostic préliminaire (étude historique) – cessation d'activité :
 - Cadastre, archives industrielles, photos aériennes, interviews anciens salariés
 - → Suspicion ou non de pollution : déclenche ou non la Phase 2
- Phase 2 — Caractérisation de la pollution (suspectées en phase 1) :
 - Sondages, prélèvements sols/eaux souterraines, analyses laboratoire
 - Cartographie de la contamination
- Phase 3 — Suivi du chantier de dépollution :
 - Mise en œuvre des travaux + contrôle de l'efficacité dans le temps

Métaleurop 2003 : fermeture brutale, 817 salariés, contamination Pb/Cd sur des km → dépollution toujours en cours — garanties financières insuffisantes → réforme de la loi

Sommaire

1. Phénoménologie : de quoi parle-t-on ?
2. Cadre réglementaire : Aspects législatifs et outils
3. Dispersion atmosphérique : de la source au récepteur
4. Etude d'impact et études des risques sanitaires
5. Audit environnemental
- 6. EDD étendue à l'Environnement : intégrer les conséquences accidentelles**

Ce que l'EDD classique ne couvre pas

- Base de données ARIA (BARPI) :
 - Sur 20 000 accidents industriels référencés : 1/3 ont des conséquences environnementales
- Demande réglementaire (Seveso, ICPE) mais pas d'outillage adapté (modèles, seuils ?)
- → Les EDDs s'arrêtent le plus souvent aux risques pour l'être humain
- Tentative d'outillage INERIS : méthode de scoring environnemental
- Périmètre de la méthode :
 - Atteintes DIRECTEMENT imputables à un accident industriel donné
 - Visibles sur des enjeux identifiés sur le territoire
 - EXCLUS : rejets accidentels de GES (détérioration globale et diffuse, non attribuable)

Positionnement de la méthode

Au préalable, il est important de mentionner que les atteintes à l'environnement considérées dans la méthode sont uniquement celles pouvant être directement imputables à un accident industriel donné et dont l'impact est visible sur des enjeux bien identifiés sur le territoire. **A titre d'illustration, les rejets accidentels de gaz à effet de serre ne sont pas pris en compte dans la méthode car ils sont responsables d'une détérioration globale et diffuse de l'environnement** qui ne peut pas être reliée directement à un accident industriel donné. En revanche, tous les milieux naturels ont été considérés, soit : le sol, l'air, les eaux superficielles et souterraines.

Deux notions bien différentes sont comprises dans le terme *conséquences environnementales* et sont explicitées dans les paragraphes suivants :

- l'atteinte aux **écosystèmes** ;
- la dégradation des **ressources naturelles**. (eau, alimentation, récréatif)

Deux cibles des conséquences environnementales

ATTEINTE AUX ÉCOSYSTÈMES

- Faune et flore : mortalité, perturbation
- Zones protégées : ZNIEFF type 1 / réserves biologiques (A), Réserves naturelles nationales / ZNIEFF type 2 (B), Natura 2000 / Ramsar / PNR (C)
- Zones humides, cours d'eau
- Espèces remarquables ou protégées
- **Score SI_E [1-5] selon classe de zone protégée**

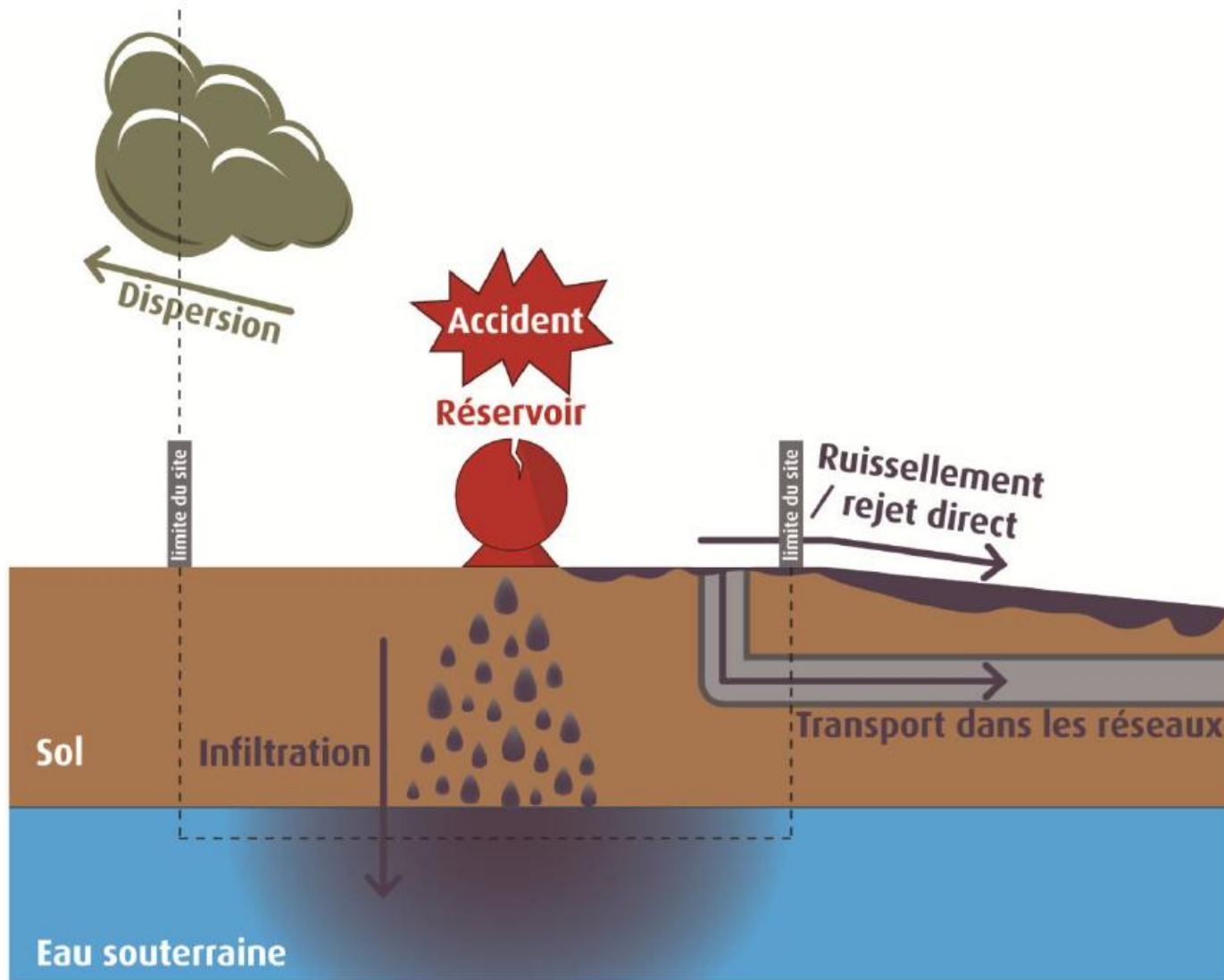
DÉGRADATION DES RESSOURCES NATURELLES

- Eau potable : captages, périmètres de protection
- Eau de surface : zones touristiques, plages
- Agriculture et pâturages
- Jardins particuliers, espaces verts publics
- **Score SI_R [1-5] selon importance et fréquentation**

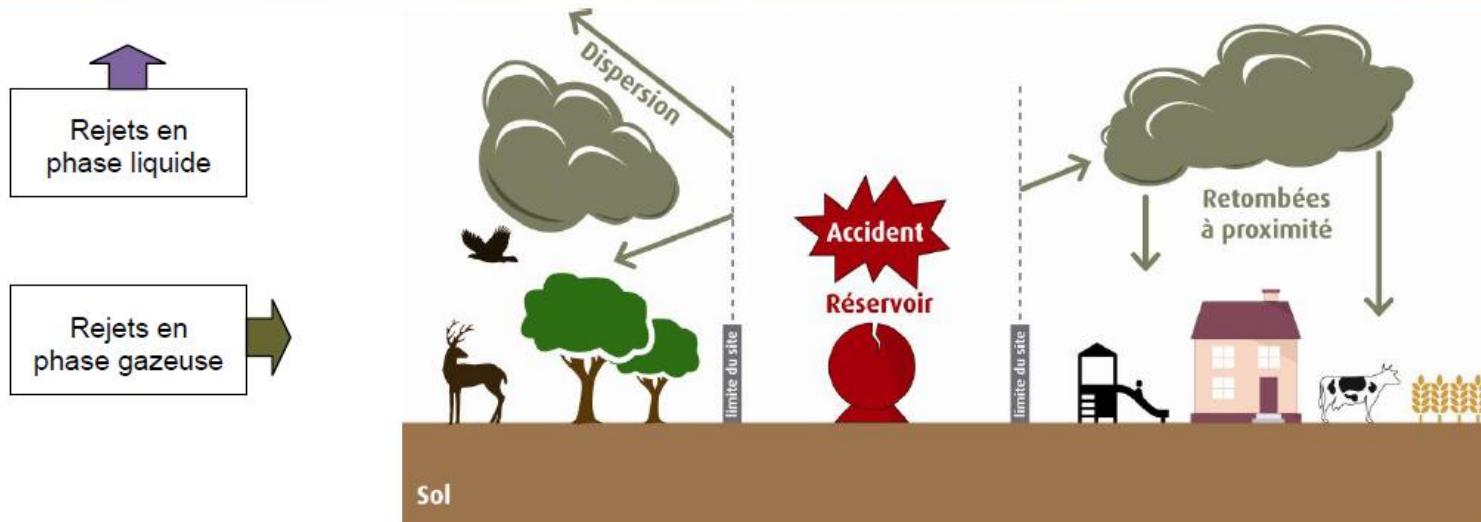
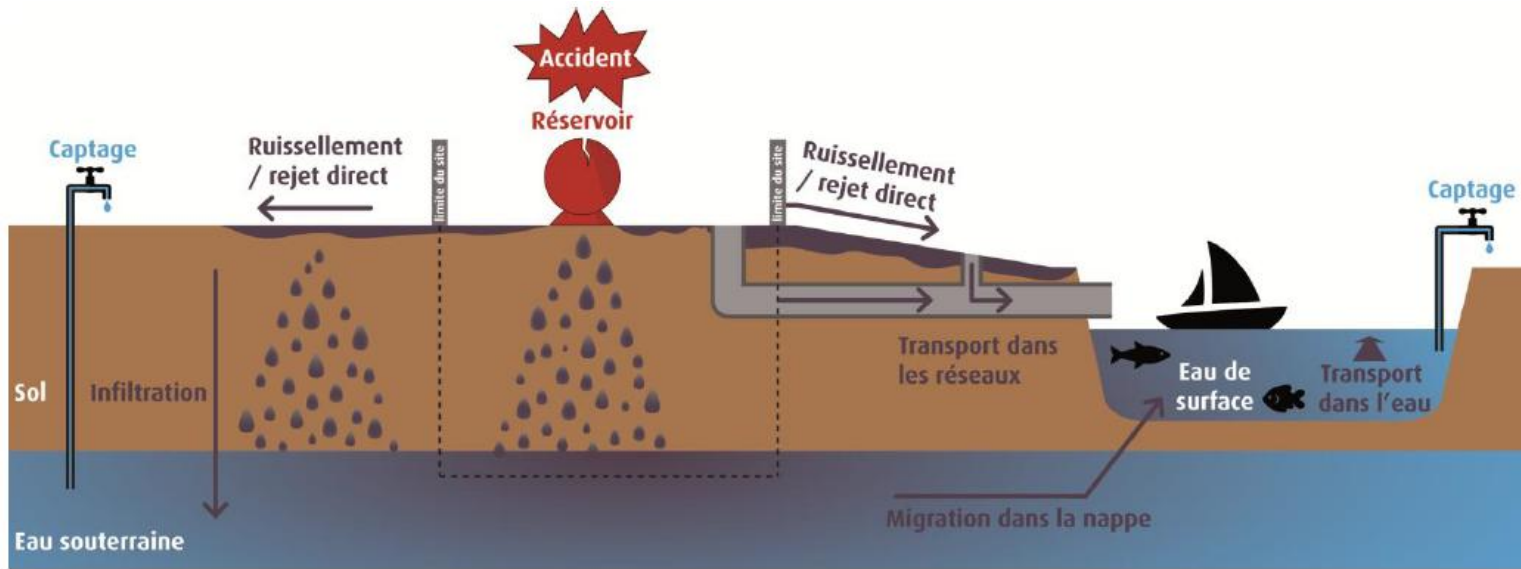
Méthode empirique

1. On recensement les substances à risques
 - Pour les écosystèmes
 - Pour les ressources naturelles
2. On recense les vulnérabilités : transport par l'eau et l'air uniquement :
 - < 20 kms pour l'eau et < 5 kms pour l'air
 - < 6 mois/1 an
3. On reprend la méthode APR de l'EDD +...
4. On évalue qualitativement les conséquences par « scoring »

Modes de transferts : sur le site



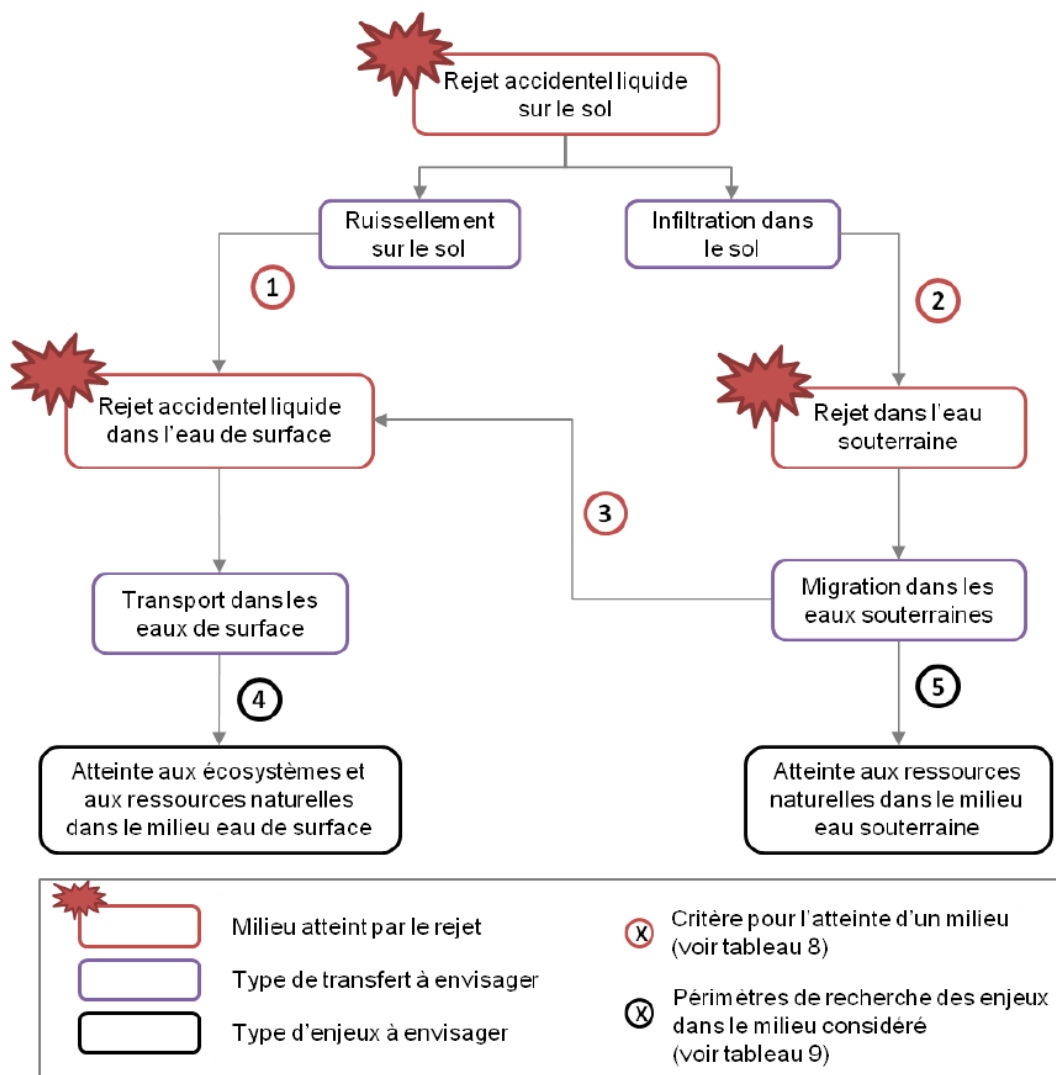
Modes de transferts : en dehors du site



Egalement :

- Incendies (fumées et eaux d'extinction)
- Rupture des bacs de retention
- Inondations

Transferts en dehors du site : rejets accidentels en phase liquide



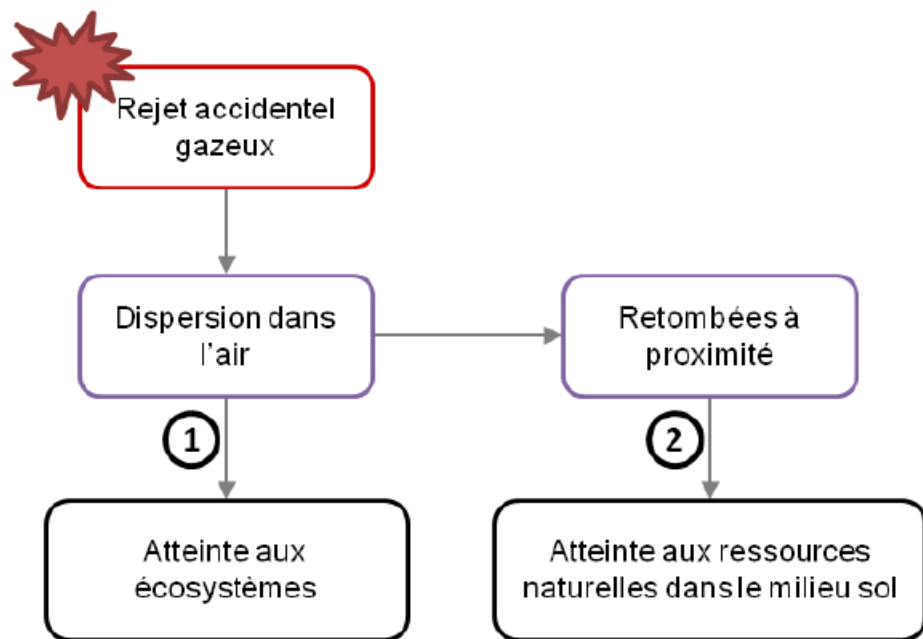
3-a

N°	Transferts vers des milieux	Critère de prise en compte
①	Ruissellement sur le sol => Rejet dans les eaux de surface	Eaux de surface - ou point d'entrée d'un réseau conduisant directement aux eaux de surface - à moins de 500 m du point de rejet. <i>L'analyse de la topographie locale peut conduire à modifier cette valeur forfaitaire.</i>
②	Infiltration dans le sol => Rejet dans l'eau souterraine	Considérer l'infiltration jusqu'à la première nappe souterraine, sauf si celle-ci est captive ou à une profondeur supérieure à 50 m.
③	Migration dans les eaux souterraines => Rejet dans les eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rivière à faible débit située à moins de 10 m du point d'infiltration ▪ Rivière à débit moyen située à moins de 100 m du point d'infiltration ▪ Rivière à fort débit, lac ou mer situés à moins d'1 km du point d'infiltration <i>L'analyse de l'hydrogéologie locale peut conduire à modifier ces valeurs forfaitaires.</i>

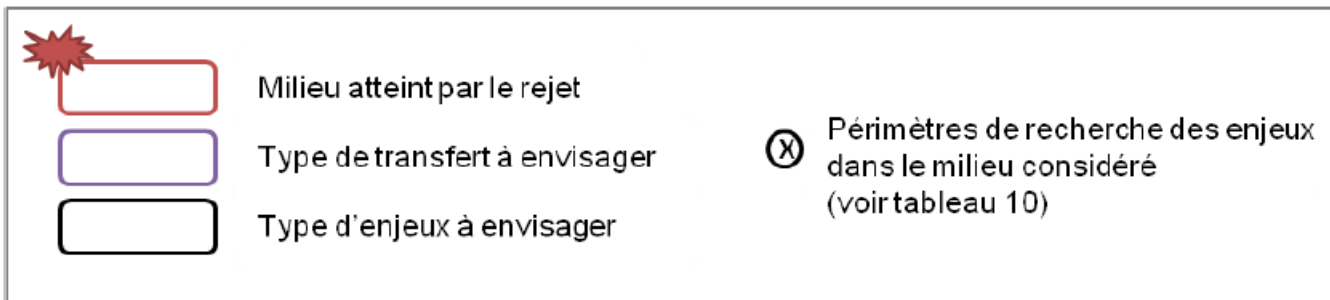
3-b

N°	Transfert vers des enjeux	Périmètre de recherche des enjeux
④	Transport des polluants dans l'eau de surface => Ecosystèmes et ressources naturelles	20 km en aval le long du cours d'eau (y compris la traversée d'un lac) 20 km en aval et en amont dans un estuaire 20 km de rayon autour d'un point de rejet en mer
⑤	Migration dans l'eau souterraine => Ressources naturelles	A traiter lors de l'identification des enjeux. <i>Dans ce cas précis, la recherche des enjeux impactés pourra être effectuée directement à partir de la localisation des points d'infiltration en surface, en utilisant les outils réglementaires existants sur la protection des captages d'alimentation en eau potable.</i>

Transferts en dehors du site : rejets accidentels en phase gazeuse



3-c		N°	Transfert vers des enjeux	Périmètre de recherche des enjeux
	①	Dispersion dans l'air => Ecosystèmes	5 km de rayon autour du point de rejet. <i>Lorsque des scénarios de dispersion toxique ont été modélisés dans le cadre de l'étude de dangers, les distances d'effets associées aux effets létaux peuvent être substituées à cette valeur forfaitaire.</i>	
	②	Retombées à proximité => Ressources naturelles dans le milieu sol	5 km de rayon autour du point de rejet.	



Substances à risques : pour les écosystèmes

1-a	Rang	Rejets accidentels en phase liquide
	1	Mention de danger H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques Mention de danger H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
	2	Mention de danger H411 : Toxique pour les organismes aquatiques Acides Forts / Bases Fortes / Effluents pH 1 à pH 2
	3	Acides Faibles / Bases faibles Matières organiques fermentescibles (rejets à forte DBO)
	4	Mention de danger H412 : Nocif pour les organismes aquatiques
	5	Substances flottantes Matières en suspension

2-a	Rang	Rejets accidentels en phase gazeuse
	1	Mention de danger H330 : Mortel par inhalation
	2	Mention de danger H331 : Toxique par inhalation

Substances à risques : pour les ressources naturelles

1-c	Rang	Rejets accidentels en phase liquide
1		Substances portant une des mentions de danger suivantes : H400, H410, H411, H300, H301, H350, H351, H340, H341, H360, H361 ⁴ ET considérées comme non facilement dégradables ⁵
2		Autres substances portant une des mentions de danger suivantes : H400, H410, H411, H300, H301, H350, H351, H340, H341, H360, H361

2-c	Rang	Rejets accidentels en phase gazeuse
1		Rejets fortement chargés en : <ul style="list-style-type: none">▪ Dioxines (PCDD)▪ Furanes (PCDF)▪ PCB de type dioxine (PCB-DL)▪ Métaux lourds

Substances à risques : quelques classifications du règlement européen CLP

Mention	Libellé CLP
H400	Très toxique pour les organismes aquatiques
H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
H411	Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
H300	Mortel en cas d'ingestion
H301	Toxique en cas d'ingestion
H350	Peut provoquer le cancer
H351	Susceptible de provoquer le cancer
H340	Peut induire des anomalies génétiques
H341	Susceptible d'induire des anomalies génétiques
H360	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus
H361	Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus

Enjeux : pour les écosystèmes

4-a

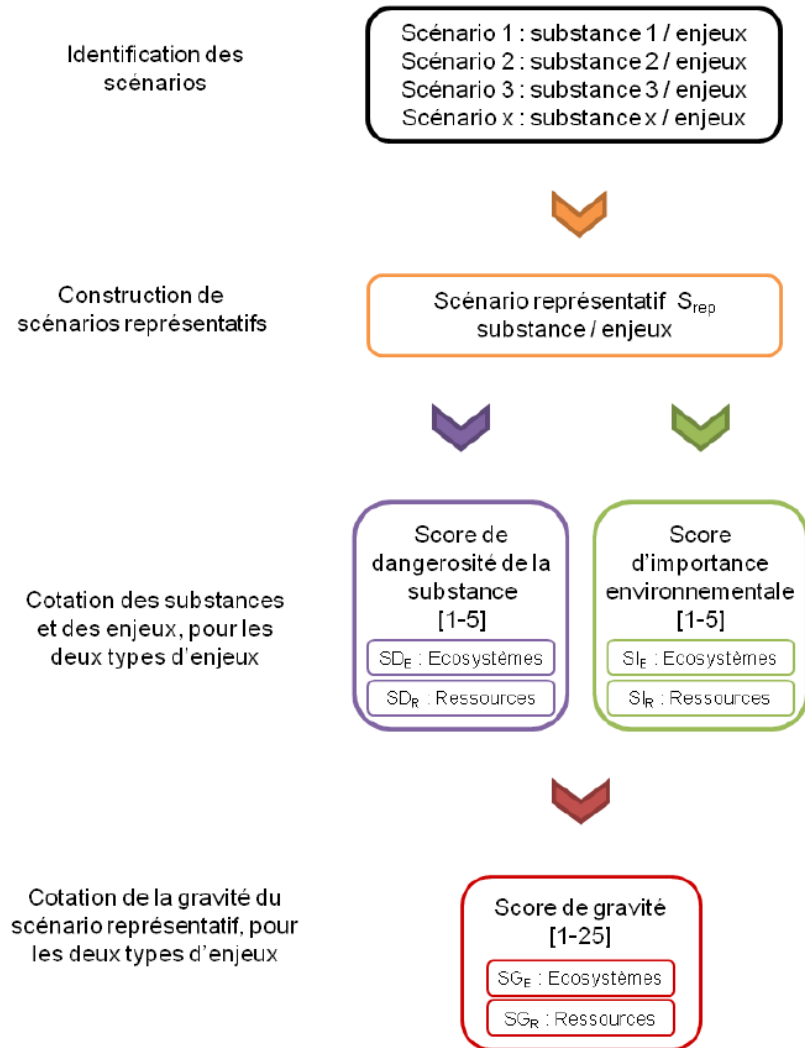
Classe	Types de zones protégées
A	Réserve forestière nationale / forêt de protection Parc National – zone cœur et/ou réserve intégrale Réserve biologique intégrale ZNIEFF de type 1 Réserve de biosphère ZICO
B	Parc naturel marin Réserve nationale de chasse et de faune sauvage Réserve naturelle nationale, hors réserve forestière et géologique Zone à protection de biotope Réserve biologique dirigée ZNIEFF de type 2
C	Parc National – zone d'adhésion Parc naturel régional Site NATURA 2000 Site RAMSAR Espace naturel sensible Espaces de conservatoires régionaux Espaces boisés classés

Enjeux : pour les ressources naturelles

4-c

Milieu	Usage des ressources	Entité cartographique	Informations à collecter
Eau de surface	Captage d'alimentation en eau potable	Périmètre de protection rapprochée (PPR)	Débit ou nombre de personnes alimentées
	Zone touristique	Plage	/
Eau souterraine	Captage d'alimentation en eau potable	Périmètre de protection rapprochée (PPR)	Débit ou nombre de personnes alimentées
		Périmètre de protection éloignée (PPE), à défaut aire d'alimentation	
Sol	Jardins des particuliers	Maisons individuelles / Résidences	Nombre d'habitants
	Espaces verts publics	Parcs publics	Fréquentation
	Culture agricole, pâturages	Parcelles agricoles	Nombre d'emplois concernés

Scoring : proposition d'une méthode de cotation de la gravité



• Démarche en 3 temps :

- 1. Identification de tous les scénarios (substance i / enjeu j)
 - → Sélection d'un scénario REPRÉSENTATIF S_{rep} par couple substance/enjeu
- 2. Cotation du scénario représentatif :
 - Score de Dangerosité SD [1-5] × Score d'Importance SI [1-5] = Score de Gravité SG [1-25]
 - Deux paires indépendantes : SG_E (écosystèmes) = SD_E × SI_E | SG_R (ressources) = SD_R × SI_R
- 3. Lecture sur la grille d'appréciation :
 - SG croisé avec probabilité (E → A) → Zone acceptable sans condition / avec conditions / non acceptable

Score de dangerosité de la substance pour les écosystèmes : SD_E rejets liquides

Rivière à faible débit	Volume rejeté V (m ³)			
	V < 5	V < 10	V < 100	V ≥ 100
H400	5			
H410	5			
H411	4		5	
H412	2	3	4	5
Acide fort / base forte (10%)	5			
Acide faible / base faible (10%)	3			
Effluents acides pH 1 à 2	4	5		
Rejet DBO à 100g/l	3			
Rejet DBO à 10g/l	2		3	
Substances flottantes / matières en suspension	0	1	2	3

Rivière à débit moyen	Volume rejeté V (m ³)					
	V < 5	V < 10	V < 50	V < 100	V < 1 000	V ≥ 1 000
H400	4		5			
H410	4		5			
H411	2	3	4		5	
H412	1	2	3		4	5
Acide fort / base forte (10%)	4		5			
Acide faible / base faible (10%)	3					
Effluents pH 1 à 2	3		4		5	
Rejet DBO à 100g/l	2		3			
Rejet DBO à 10g/l	0	1	2			3
Substances flottantes / matières en suspension	0			1	2	3

Rivière à fort débit Lac / Mer	Volume rejeté V (m ³)						
	V < 5	V < 10	V < 50	V < 100	V < 500	V < 1 000	V ≥ 1 000
H400	2	3	4		5		
H410	Rivière / Mer	2	3	4		5	
	Lac	4		5			
H411	Rivière / Mer	1		2	3	4	5
	Lac	2	3	4		5	
H412	Rivière / Mer	0		1	2	3	4
	Lac	0	1	2	3	4	5
Acide fort / base forte (10%)	3		4		5		
Acide faible / base faible (10%)	3						
Effluents pH 1 à 2	0	1	3		4		5
Rejet DBO à 100g/l	0	1	2		3		
Rejet DBO à 10g/l	0			1	2		3
Substances flottantes / matières en suspension	0					1	2

Score de dangerosité de la substance pour les écosystèmes : SD_E rejets gazeux

Zone d'effets de l'étude de dangers dans laquelle se trouve l'enjeu	Score
Zone des premiers effets létaux	4
Zone des effets létaux significatifs	5

SEUILS D'EFFETS TOXIQUES POUR L'HOMME PAR INHALATION			
	Types d'effets constatés	Concentration d'exposition	Référence
	Létaux	SEL (CL 5 %) SEL (CL 1 %)	Courbes de toxicité aiguë par inhalation – Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement - 1998.
Exposition de 1 à 60 minutes	Irréversibles	SEI	Seuils de toxicité aiguë - Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère - Ministère de l'écologie et du développement durable - Institut national de l'environnement industriel et des risques - 2003.
	Réversibles	SER	

Tableau relatif aux valeurs de référence de seuils de toxicité aiguë (SEL : seuil des effets létaux ; SEI : seuil des effets irréversibles ; SER : seuils des effets réversibles ; CL = concentration létale).

- Reprendre les zones d'effets de l'étude de dangers

Score d'importance environnementale : pour les écosystèmes : SI_E

Classes des zones protégées	Score
Au moins une zone protégée classée A	5
Au moins une zone protégée classée B	3
Au moins une zone protégée classée C	2
Pas de zone protégée	1

Score de dangerosité de la substance pour les ressources naturelles : SD_R rejets liquides

Type d'eau de surface	Substance facilement dégradable		Substance faiblement dégradable	
	Volume rejeté < 10 m ³	Volume rejeté ≥ 10 m ³	Volume rejeté < 10 m ³	Volume rejeté ≥ 10 m ³
Rivière à faible débit (< 20 m ³ .s ⁻¹)	1	2	3	4
Rivière à débit moyen (entre 20 et 100 m ³ .s ⁻¹)	0	1	2	3
Rivière à fort débit (> 100 m ³ .s ⁻¹)	0	0	1	2
Lac	2	3	4	5

Type d'eau souterraine	Substance facilement dégradable		Substance faiblement dégradable	
	Volume rejeté < 10 m ³	Volume rejeté ≥ 10 m ³	Volume rejeté < 10 m ³	Volume rejeté ≥ 10 m ³
Nappe captée, infiltration au niveau du périmètre de protection rapprochée	2	3	4	5
Nappe captée, infiltration au niveau du périmètre de protection étendue ou de l'aire d'alimentation	0	0	3	4
Nappe non captée	0	0	1	1

Score de dangerosité de la substance pour les ressources naturelles : SD_R rejets gazeux

Distance à la source d'émission d_e	Score
$d_e \leq 500 \text{ m}$	5
$500 \text{ m} < d_e \leq 2 \text{ km}$	4
$2 \text{ km} < d_e \leq 5 \text{ km}$	3

Score d'importance environnementale : pour les ressources naturelles : SI_R

Captages d'alimentation en eau potable		Score
Nombre de personnes alimentées	Débit du captage (m ³ /jour)	
≥ 50	≥ 10	1
≥ 500	≥ 100	2
≥ 5000	≥ 1000	3
≥ 50000	≥ 10000	4
≥ 500000	≥ 100000	5

Autre type d'enjeu	Score
Nappe souterraine non captée	1
Plage	1

Usage du sol		Score
Nombre de personnes subissant des restrictions (jardins particuliers et parcs publics)	Nombre d'emplois agricoles	
≥ 50	-	1
≥ 500	-	2
≥ 5000	≥ 5	3
≥ 50000	≥ 50	4
≥ 500000	≥ 500	5

Echelle de gravité

Classe de gravité	Score SG	Niveau
Classe 5	$SG \geq 20$	Désastreux
Classe 4	$[15 ; 20[$	Catastrophique
Classe 3	$[10 ; 15[$	Important
Classe 2	$[5 ; 10[$	Sérieux
Classe 1	< 5	Modéré

Les scores de gravité SG_E et SG_R associés à un scénario d'accident potentiel sont obtenus en multipliant les scores de dangerosité et d'importance environnementale associés aux deux types d'enjeux.

5-a

$$SG_E = SD_E \times SI_E$$

$$SG_R = SD_R \times SI_R$$

Pour l'atteinte aux écosystèmes dans les eaux de surface, si un découpage du périmètre de recherche selon les milieux a été considéré, le score de gravité est calculé pour chaque milieu, puis le score maximum est associé au scénario. De même, pour l'atteinte aux écosystèmes par des rejets gazeux, si un découpage du périmètre de recherche selon les différentes zones d'effets a été considéré, le score de gravité est calculé pour chaque zone d'effet, puis le score maximum est associé au scénario.

Matrice de criticité (circulaire du 10/05/2010) et HAZiD

Phase / Sous-phase	Phénomène dangereux	Causes	Conséquences environnementales	Risque potentiel P G C	Barrières existantes	Risque résiduel P G C	Remarques / Lacunes
--------------------	---------------------	--------	--------------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------	---------------------

	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Orange	Orange	Red	Red	Red
Important	Orange	Orange	Orange	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Orange	Orange	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Orange

- Acceptable sans condition
- Acceptable avec conditions
- Non-Acceptable

Classe 5 — Désastreux	≥ 20
Classe 4 — Catastrophique	[15 ; 20[
Classe 3 — Important	[10 ; 15[
Classe 2 — Sérieux	[5 ; 10[
Classe 1 — Modéré	< 5

Sens de probabilité croissant de E vers A

- E : possible mais peu probable ($P < 10^{-5}$)
- D : Très improbable ($10^{-5} < P < 10^{-4}$)
- C : Improbable ($10^{-4} < P < 10^{-3}$)
- B : Probable ($10^{-3} < P < 10^{-2}$)
- A : Courant ($P > 10^{-2}$)

Exemple sur l'accident Sandoz Bâle 1986

- Incendie dans un entrepôt de pesticides → ~10 000 m³ d'eau d'extinction déversés dans le Rhin
- Substances : pesticides et composés de mercure
- Rhin pollué sur plus de 1 000 km : 500 000 anguilles mortes, interdiction pêche jusqu'aux Pays-Bas
- Application du scoring : $SD_E = 5$ (H400/H410, rang 1) × $SI_E = 5$ (ZNIEFF type 1 sur le Rhin = classe A) = $SG_E = 25$ → Classe 5 Non Acceptable
- Cet accident est à l'ORIGINE des règles de rétention des eaux d'incendie
- La règle (compartimentage, rétention étanche, séparation produits incompatibles) tire son sens de ce scénario

Conclusion

- En tant qu'ingénieur procédés, vous êtes celui qui **PRODUIT** les données qui alimentent ces trois outils :
 - Bilans d'émissions (flux réaliste + majorant) → cœur de l'étude d'impact
 - Caractérisation des substances (FDS, mentions H) → scoring EDD et traceurs de risque
 - Connaissance des procédés → auditabilité de la conformité réglementaire
- Ces outils convergent vers une décision réglementaire dans l'incertitude
- Ce n'est pas un exercice administratif :
 - Sandoz → rétention obligatoire | Métaleurop → garanties financières | Fos → limites de l'ERS