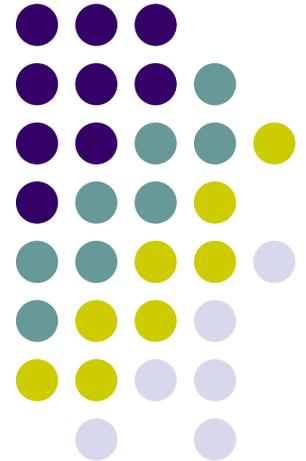


Le projet CLARA

Calculs Liés Aux Rejets Accidentels en mer



*Les Journées d'information du Cedre,
18 mars 2008,
INHES, Saint-Denis-La-Plaine*

Présentation du projet CLARA



Partenaires du projet



**METEO
FRANCE**

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

- Début du projet : 25/11/2003
- Fin du projet : 24/11/2006

Durée (mois) : 36	BUDGET TOTAL (k€)	BUDGET DEMANDE (k€)	
TOTAL	920	550	54 % 2

Contexte



- Nombreux accidents sur les côtes européennes impliquant des chimiquiers
 - **ECE** (31-01-06) – 10 000 T acide phosphorique
 - **Bow Eagle** (26-08-02) – 200 T d'acétate d'éthyle
 - **Balu** (20-03-01) – 8000 T d'acide sulfurique
 - **levoli Sun** (30-10-00) – 4000 T de styrène et 1000 T de méthyl éthyl cétone
- Transport maritime important
- Nouveaux « risques » (dispersions de gaz toxiques)
- Médiatisation importante nécessitant une gestion rapide et efficace de la crise
- Modélisations mal adaptées





les populations et pouvoirs publics aspirent à une gestion plus rapide et plus efficace des pollutions pour en limiter les conséquences

- durcissement de la réglementation
- contrôles drastiques
- sanctions plus sévères

- moyens de lutte efficaces
- quantification des risques

Logiciel d'aide à la gestion de crise



les populations et pouvoirs publics aspirent à une gestion plus rapide et plus efficace des pollutions pour en limiter les conséquences

- durcissement de la réglementation
- contrôles drastiques
- sanctions plus sévères

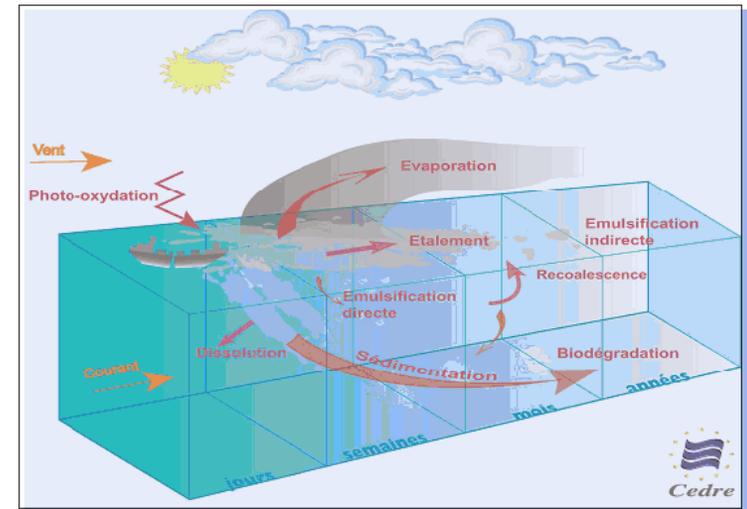
- moyens de lutte efficaces
- quantification des risques

Logiciel d'aide à la gestion de crise

Objectifs



- Prévoir l'évolution du produit dans le milieu marin
- Déterminer les concentrations et/ou la localisation des parties dispersées
- Evaluer l'évaporation et la dispersion atmosphérique
- Evaluer les conséquences toxicologiques sur l'homme, la faune et la flore maritime



Nouveau système informatique d'aide à la décision en cas de rejets accidentels de substances chimiques en mer

Construction du projet



- Phase 1 : Etat de l'art
- Phase 2 : Caractérisation des produits
 - Propriétés physico-chimiques
 - Propriétés toxicologiques
 - Base de données des produits
- Phase 3 : Modélisation
 - Hydrodynamique
 - Comportement physico chimique
 - Dispersion atmosphérique
- Phase 4 : Intégration informatique
 - Interface de saisie des données
 - Interface de visualisation des résultats
- Phase 5 : Validation





Analyse du trafic maritime

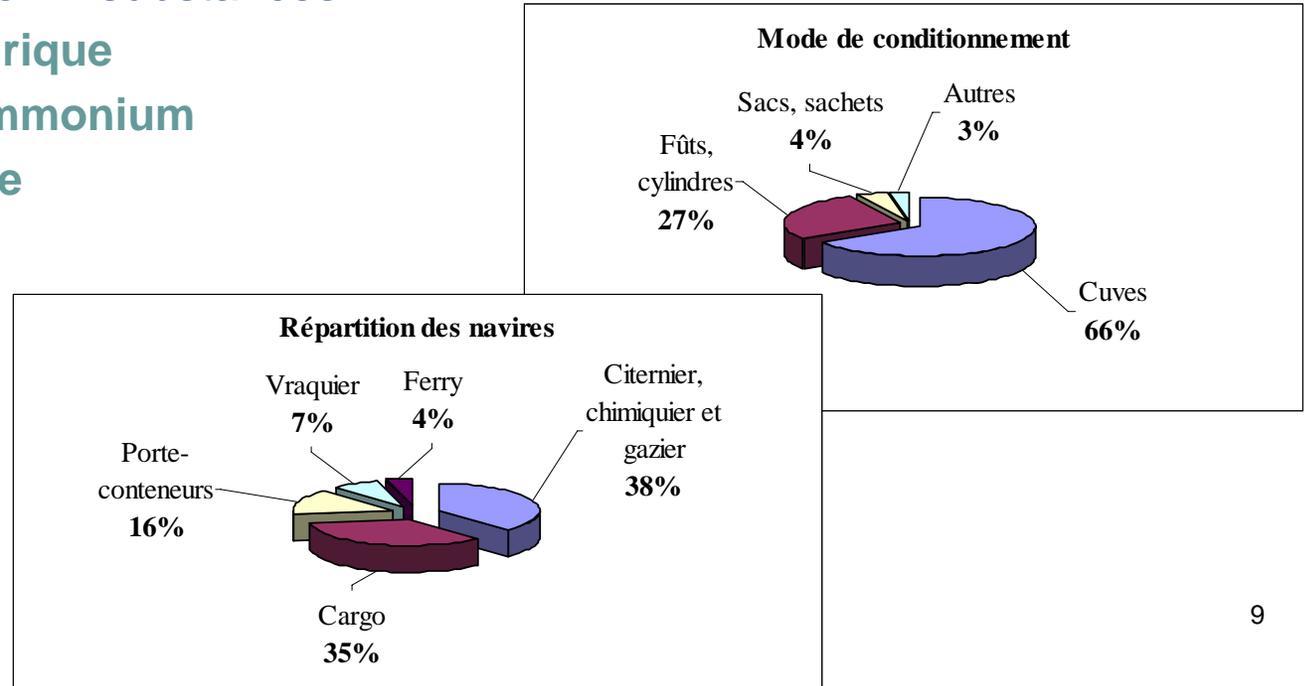
- Augmentation du transport de produits chimiques en Manche
 - 30 MT en 1998
 - 150 MT en 2000
- Analyse statistique de la CEPPOL sur 10 ans
 - 164 produits identifiés
 - Certains produits sont plus représentés en terme de fréquence et de quantité
 - Benzène
 - Huiles végétales et animales
 - Les oléfines (hydrocarbures insaturés)
 - Les alcools
 - Le xylène
 - Le styrène





Accidentologie maritime

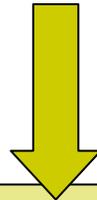
- Entre 1947 et 2002, 69 accidents maritimes de chimiquiers ont été identifiés dans le monde
- Les cargos et les citerniers sont les plus impliqués
- Les pollutions chimiques sont généralement dues à des collisions ou des explosions à bord
- Identifications de 74 substances
 - Acide sulfurique
 - Nitrate d'ammonium
 - Acrylonitrile
 - Phénol





Sélection des produits chimiques

- Aléa (trafic maritime et accidentologie),
- Comportement physico-chimique à court terme suite à un déversement accidentel (classification *MARPOL*),
- Présence ou non parmi les substances prioritaires
 - Convention OSPAR
 - Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE
 - Directive 76/464/CEE
 - Règlement 793/93/CEE
- Classification européenne (classification *SEBC*)



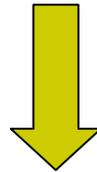
- Sélection de 33 produits purs (pas de mélange)
- Réalisation d'une base de données des propriétés physico-chimiques



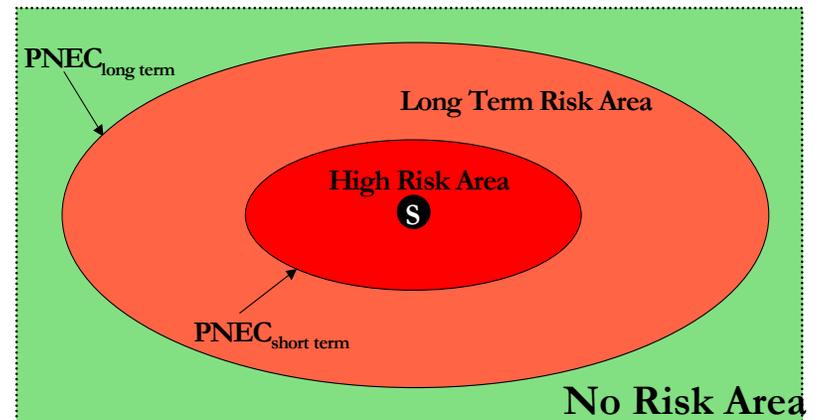


Analyse toxicologique

- Définition des zones à risques
- Méthodologie
 - Collecte de données éco-toxicologiques valides sur les organismes pélagiques



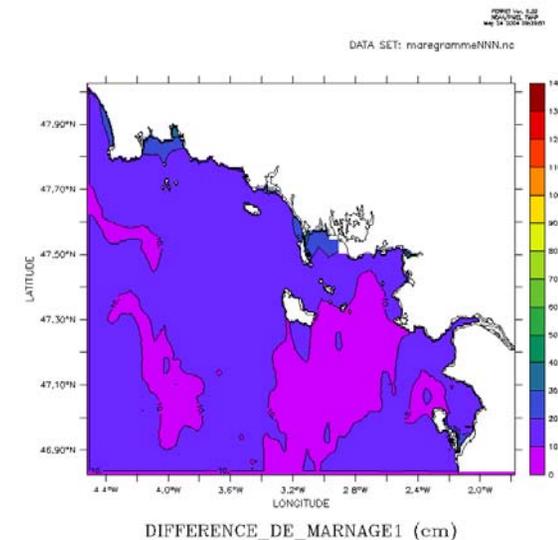
- Caractérisation des PNEC (Predicted No Effect Concentrations)
 - ▶ Exposition à court terme
 - ▶ Exposition à long terme





Modélisation hydrodynamique

- Utilisation des prévisions Météo-France à 5 jours
- Possibilité de proposer une météo homogène si prévisions indisponibles
- Evaluation des champs de courant
- Définition des structures climatologiques
- Données d'entrée pour les modèles physicochimiques
- **Modèle 2D et 3D**
 - Résultats : Marée, courants, température, salinité
 - Résolution fine
 - Temps de calcul adapté à la gestion de crise





Modélisation hydrodynamique

Couplage des modèles 2D/3D avec différentes résolutions

- Rang0 : 2D, mailles de 5 km

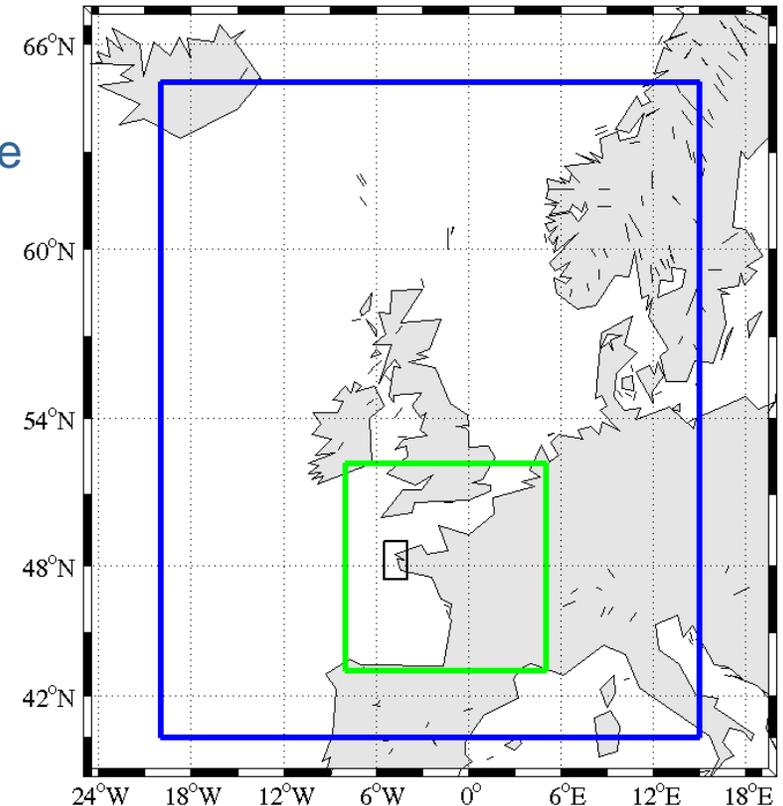
Conditions aux limites pour la marée : Modèle Atlas ou modèle de marée international

- Rang1 : 2D et 3D, mailles de 3 km

Conditions aux limites pour la marée : solutions du rang0

- Rang2 : 3D, mailles de 800 m

Conditions aux limites pour la marée : solutions du rang1

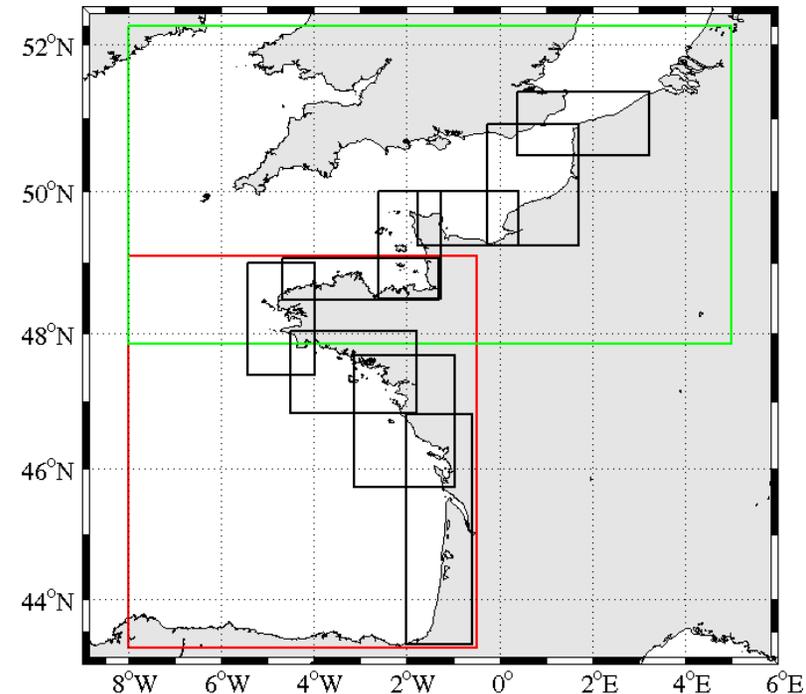




Modélisation hydrodynamique

Approche 3D : « recouvrement » des modèles

- 2 modèles de rang 1 3D avec une résolution de 3 km
 - **Manche** et **Gascogne**
- 9 modèles de rang 2 3D avec une résolution de 800 m
 - **Des landes jusqu'au Pas-de-Calais**
- 10 niveaux de profondeur
- Validation des modèles
 - Champs de courant
 - Température
 - Marée
 - Salinité





Modélisation Physico-chimique

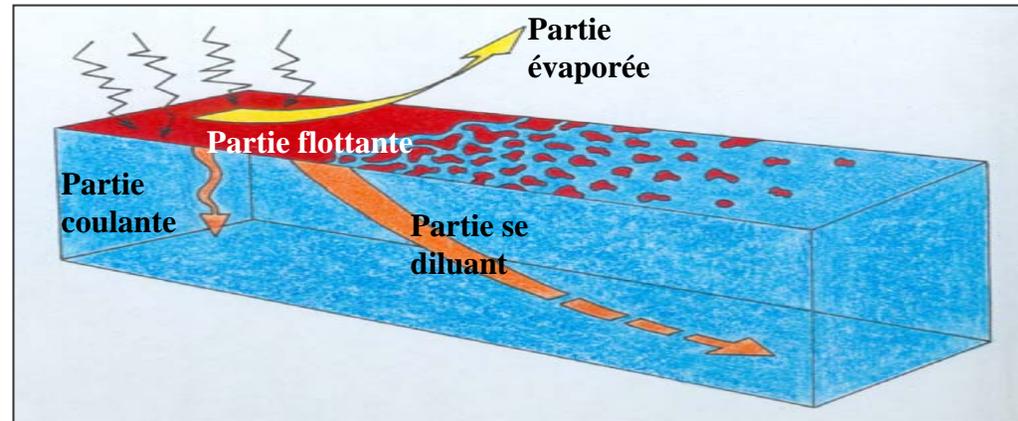
Caractérisation de l'évolution des substances dans la mer

● Intégration de 4 comportements dans les modules hydrodynamiques

- La fraction coulante
- La fraction flottante
- La fraction évaporante
- La fraction se diluant

● Résultats

- Approche Lagrangienne pour les parties dispersées (Spillet)
- Approche Eulérienne pour les concentrations (champs de concentration)

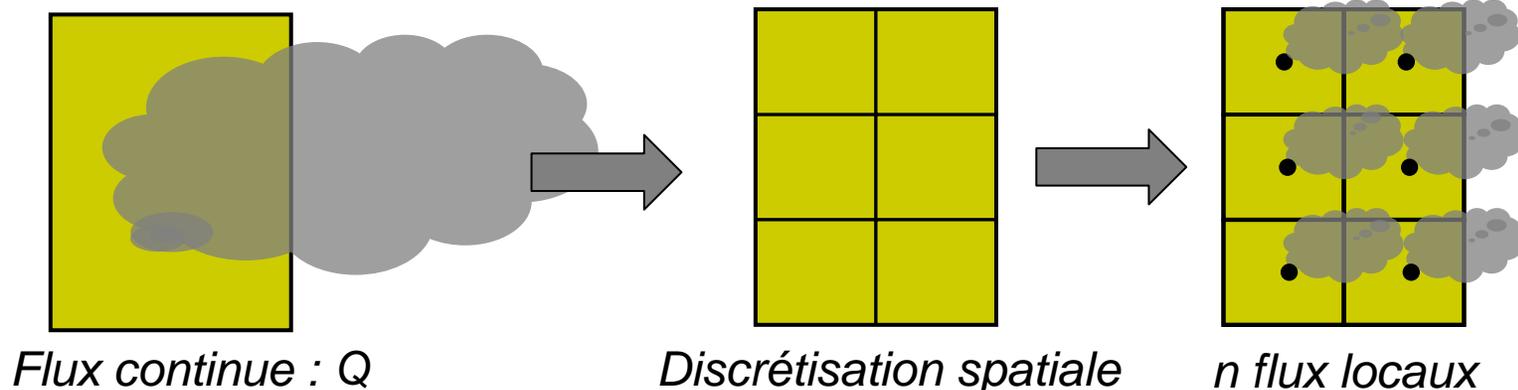




Modélisation de la dispersion atmosphérique

Evaluation simple, rapide et fiable des effets potentiels sur l'homme lors du rejet de produits pouvant s'évaporer dans l'atmosphère

- Modélisation Gaussienne de type « bouffée »
- Discrétisation de la surface d'évaporation en n surfaces
- Transposition du débit total Q en n débits de valeur Q/n
- Application des débits à chaque « spillet »
- Evaluation de l'IDLH pour caractériser le niveau de toxicité pour l'homme





- Interface de visualisation des résultats
- Seuils de pollutions prédéterminés (PNEC, IDLH) 
- Courbes de concentrations
- Cartographie des concentrations (aquatique et atmosphérique)  
 - Sauvegarde des cartes au format jpeg
 - Possibilité d'exporter les résultats sous SIG (format shape)
 - Echelle de concentration personnalisable
- Visualisation des parties dispersées (spillet) 
- Visualisation des champs de vents
- Réalisation d'animations (format avi)
- Possibilité de zoomer sur une zone précise
- Intégration de fond cartographique

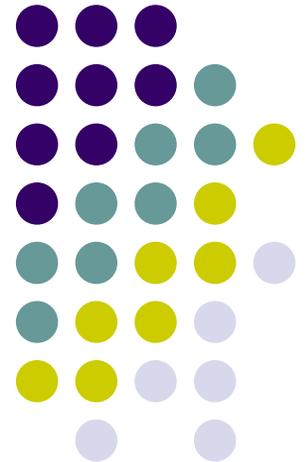
Conclusion



- Réalisation d'un outil d'aide à la décision dans le cas d'un rejet de produit chimique en mer
 - Evaluation des résultats sur 5 jours :
 - Champ de courant
 - Comportement physico-chimique
 - Effet sur la faune et la flore marine
 - Dispersion atmosphérique
 - Risque toxicologique pour l'homme
- Logiciel adapté à la gestion de crise et à la mise en place de zones d'exclusion pertinentes
- Poursuite du développement pour les côtes Méditerranéenne (Projet CLARA II)

Le projet CLARA

Calculs Liés Aux Rejets Accidentels en mer



*Les Journées d'information du Cedre,
18 mars 2008,
INHES, Saint-Denis-La-Plaine*



VIII. Les outils de modélisation

CLARA : les produits chimiques

Nom	N° CAS	Nom	N° CAS
ETHYL ACETATE	141-78-6	ETHYLENE GLYCOL	107-21-1
VINYL ACETATE	108-05-4	SODIUM HYDROXIDE	1310-73-2
ACETIC ACID	64-19-7	METHYLENEDIPHENYL DIISOCYANATE	26447-40-5
PHOSPHORIC ACID	7664-38-2	METHANOL	67-56-1
SULFURIC ACID	7664-93-9	METHYL ISOBUTYL KETONE	108-10-1
ETHYL ACRYLATE	140-88-5	METHYL tert-BUTYL ETHER	1634-04-4
ACRYLONITRILE	107-13-1	NAPHTHALENE	91-20-3
AMMONIUM HYDROXIDE	1336-21-6	NONYL PHENOL	25154-52-3
BENZENE	71-43-2	o-CRESOL	95-48-7
BIPHENYL	92-52-4	PHENOL	108-95-2
VINYL CHLORIDE	75-01-4	STYRENE	100-42-5
DIOCTYL PHTHALATE	117-81-7	TOLUENE	108-88-3
1, 2-DICHLOROETHANE	107-06-2	1, 1, 1-TRICHLOROETHANE	71-55-6
DICHLOROMETHANE	75-09-2	1, 1, 2-TRICHLOROETHANE	79-00-5
n-DODECYLBENZENE	123-01-3	UREA	57-13-6
alpha-EPOCHLOROHYDRIN	106-89-8	XYLENES	1330-20-7
ETHYLBENZENE	100-41-4		





VIII. Les outils de modélisation

CLARA : propriétés physico-chimiques et toxicologiques

Water solubility		Half-life of biodegradation	Characterization of biodegradation
Normal melting point	Characterization of physical state	Octanol-Water coefficient (Kow)	Characterization of bioaccumulation by marines organisms
Density at 20°C vs water at 4°C	Characterization of sinking part	bioconcentration factor (BCF)	
Viscosity	Characterization of floating part	organic carbon-water coefficient (Koc)	Capability of absorption
Surface tension	Characterization of floating part	Boiling temperature	Characterization of vaporisation tendency
hydrolysis degradation constant	Characterization of hydrolysis tendency	Specific heat of solid at 25°C	
Half-life hydrolysis		Heat of vaporization	
Photolysis degradation constant	Characterization of Photolysis tendency	Vapour density	
Half-lifre photolysis		Critical pressure	
Biodegradation constant	Characterization of biodegradation	Henry coefficient	





VIII. Les outils de modélisation

CLARA : analyse toxicologique

- Evaluation $PNEC_{\text{Long terme}}$

Jeu de données éco-toxicologiques

• Concentration pour effets (EC_{50} , LC_{50})
• No Observed Effect Concentrations ($NOEC_{\text{growth}}$, $NOEC_{\text{reproduction}}$...)

Facteur d'évaluation
pour les eaux marines
(TGD)

$PNEC_{\text{long terme}}$

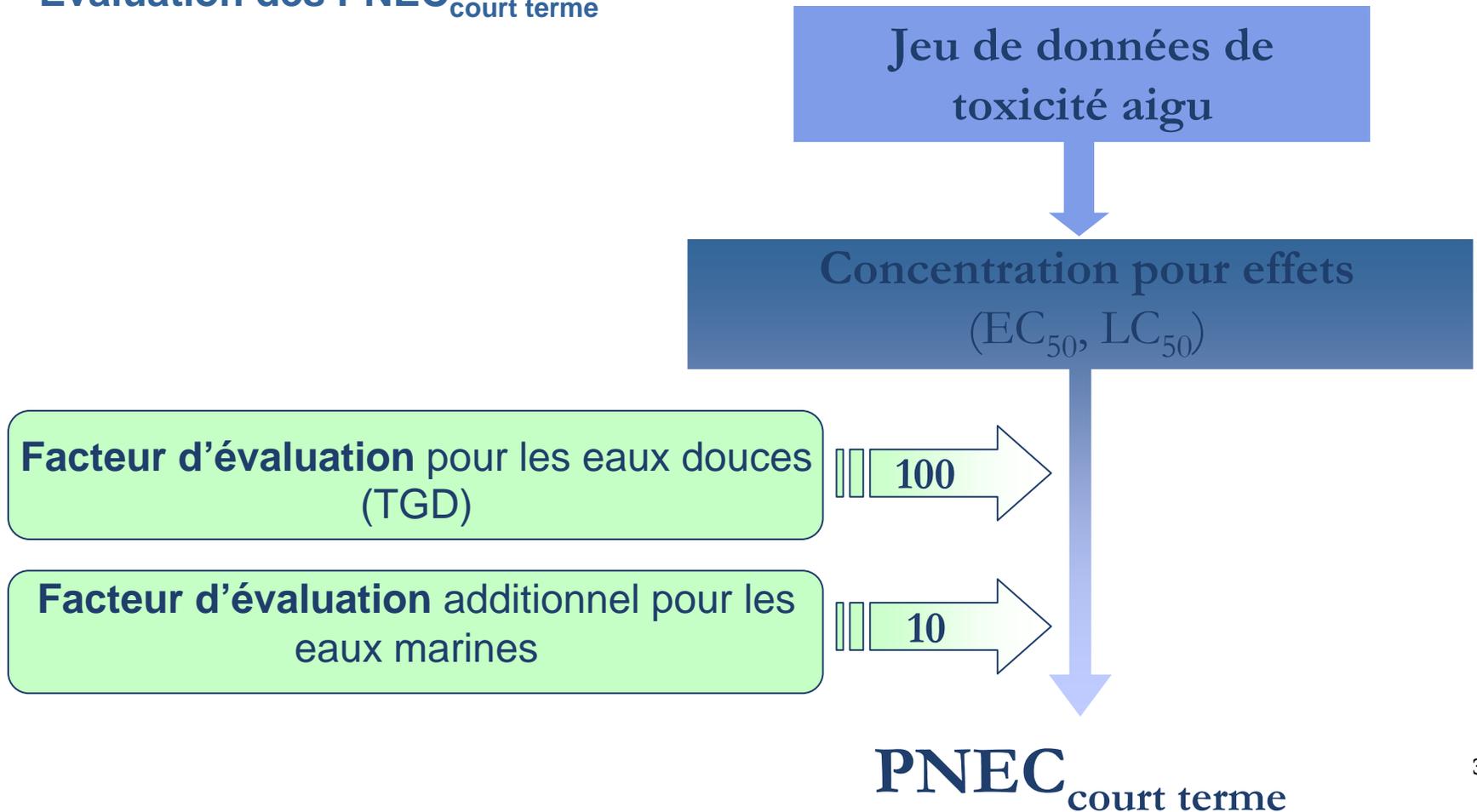


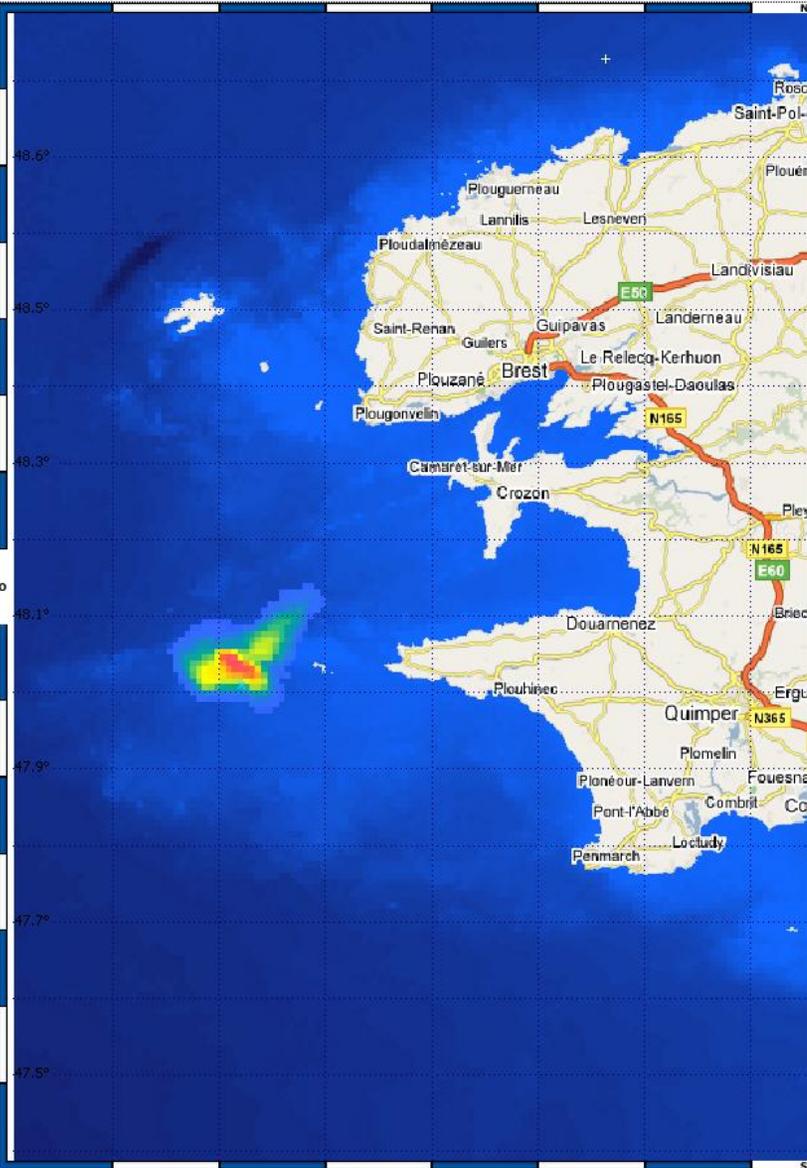


VIII. Les outils de modélisation

CLARA : Analyse toxicologique

- Evaluation des $PNEC_{\text{court terme}}$





Lon: -4.3° Lat: 48.8° Max: 0.00 E+00 kg/m³ -1 m 06h58 le 16/01/2007 457 % 434 km²

Légende Fermer

Bathymétrie Echelle : Automatique

Concentrations

Particules flottantes

Vents

2.99 E-04 kg/m³

← 2.39 E-04 kg/m³

← 1.79 E-04 kg/m³

← 1.19 E-04 kg/m³

← 5.97 E-05 kg/m³

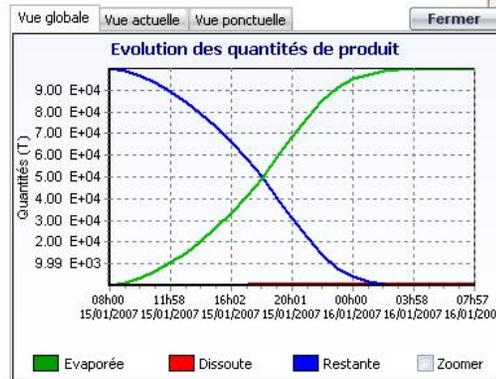
0 kg/m³

Recherche avancée du maximum :

parcourir les Z

parcourir les T





Résumé du scénario Fermer

Nom du produit = Méthyl isobutyl cétone (MIC)

Classification SEBC = FED

Quantité déversée [T] = 100000

Date et heure du début du scénario = 15/01/2007 08:00:00

Date et heure de fin du scénario = 16/01/2007 08:00:00

Durée du scénario [jours] = 1

Position du rejet [lon-ouest,lat-nord] = -5,48

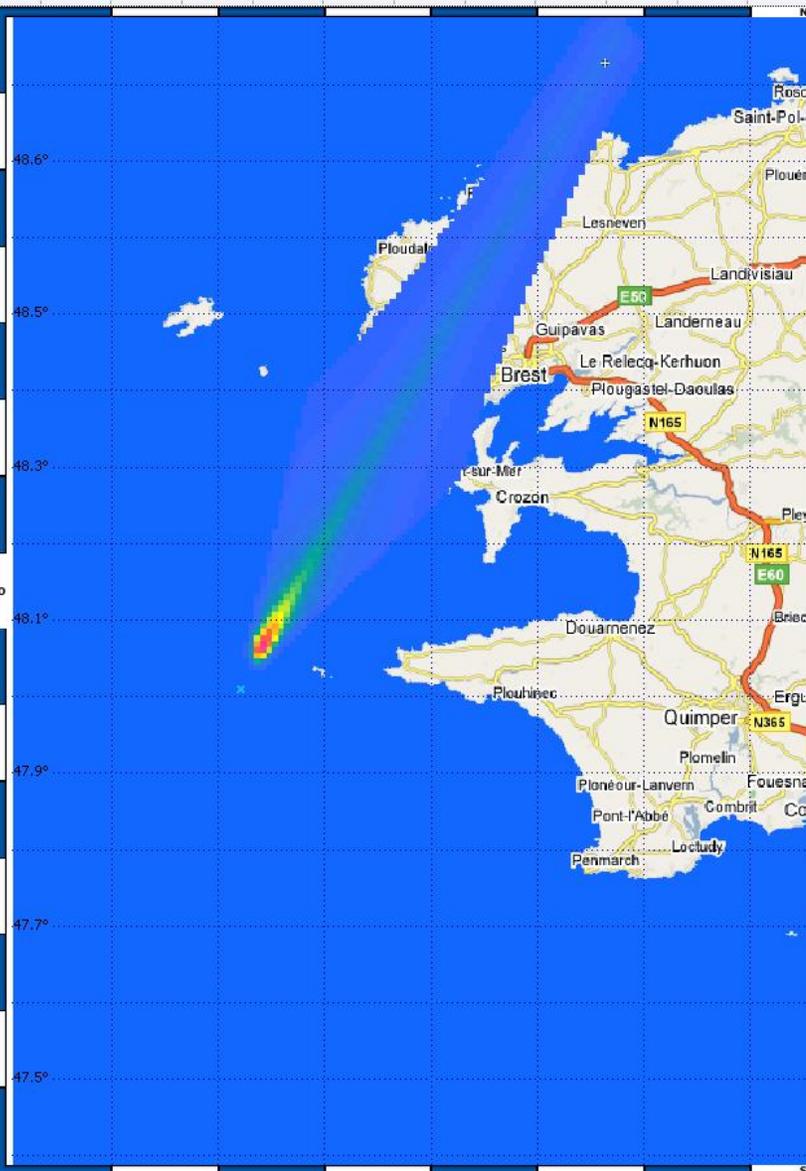
IDLH [kg/m3] = 0.0000036

PNEC court terme [kg/m3] = 0.13

PNEC long terme [kg/m3] = 0.0024



Concentration aquatique



Légende Fermer

Bathymétrie Echelle : Automatique

Concentrations

Particules flottantes

Vents

1.93 E-06 kg/m³

← 1.55 E-06 kg/m³

← 1.16 E-06 kg/m³

← 7.74 E-07 kg/m³

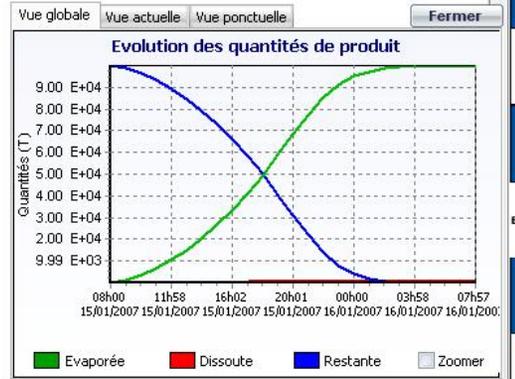
← 3.87 E-07 kg/m³

0 kg/m³

Recherche avancée du maximum :

parcourir les Z

parcourir les T



Résumé du scénario Fermer

Nom du produit = Méthyl isobutyl cétone (MIC)

Classification SEBC = FED

Quantité déversée [T] = 100000

Date et heure du début du scénario = 15/01/2007 08:00:00

Date et heure de fin du scénario = 16/01/2007 08:00:00

Durée du scénario [jours] = 1

Position du rejet [lon-ouest,lat-nord] = -5,48

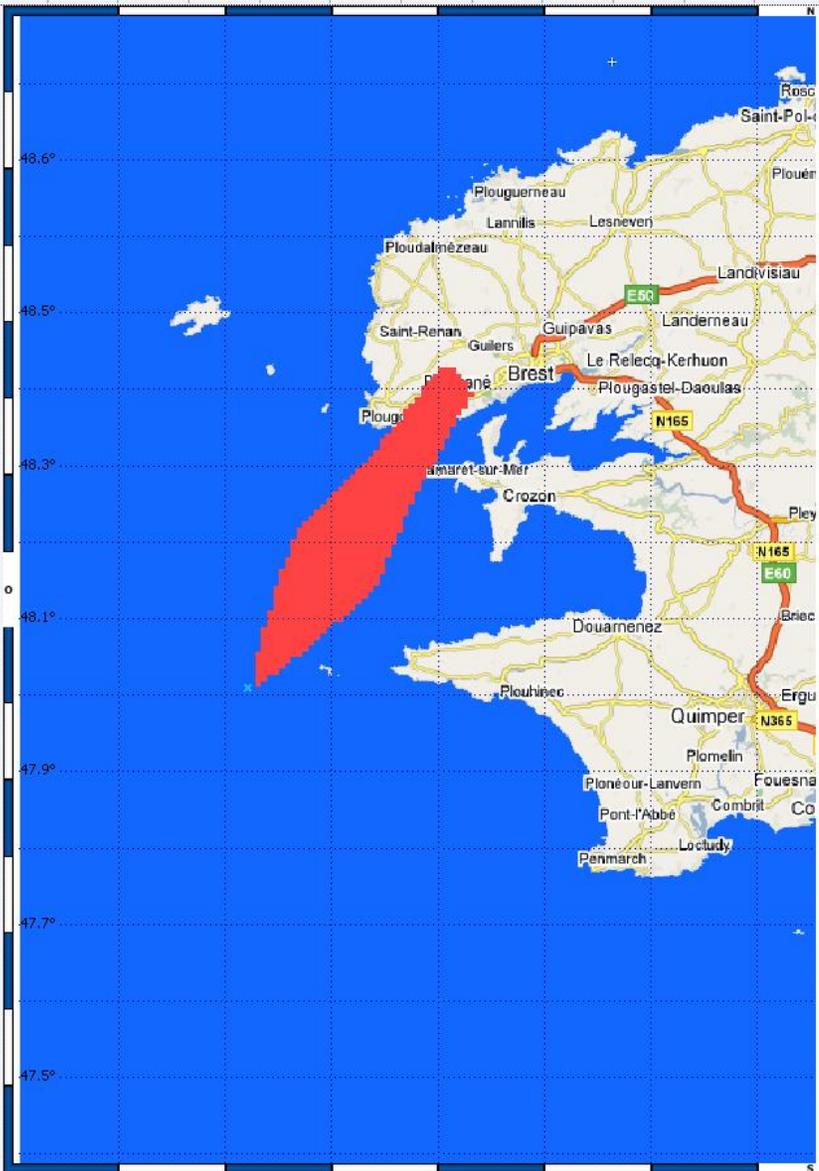
IDLH [kg/m3] = 0.0000036

PNEC court terme [kg/m3] = 0.13

PNEC long terme [kg/m3] = 0.0024



Dispersion atmosphérique



Légende Fermer

Bathymétrie Echelle : Immediately Dangerous to Life or Health

Concentrations 1.49 E-04 kg/m³

Particules flottantes

Vents

Recherche avancée du maximum :

parcourir les Z

parcourir les T



I.D.L.H.
3.60 E-06

0 kg/m³

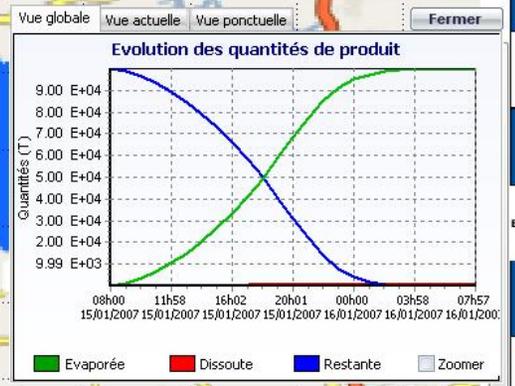
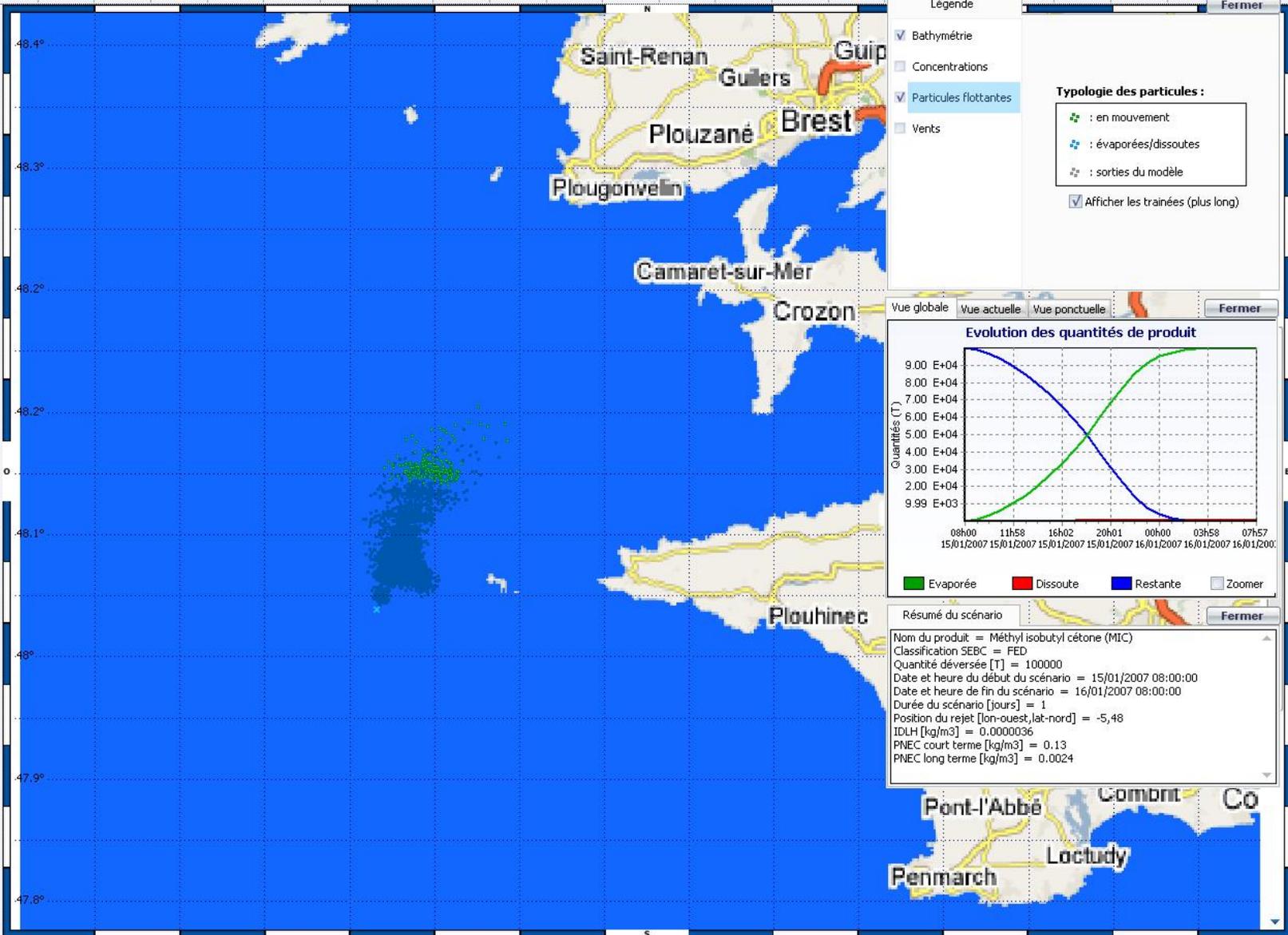


Résumé du scénario Fermer

Nom du produit = Méthyl isobutyl cétone (MIC)
 Classification SEBC = FED
 Quantité déversée [T] = 100000
 Date et heure du début du scénario = 15/01/2007 08:00:00
 Date et heure de fin du scénario = 16/01/2007 08:00:00
 Durée du scénario [jours] = 1
 Position du rejet [lon-ouest,lat-nord] = -5,48
 IDLH [kg/m³] = 0.0000036
 PNEC court terme [kg/m³] = 0.13
 PNEC long terme [kg/m³] = 0.0024



Concentration IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health)



Résumé du scénario Fermer

Nom du produit = Méthyl isobutyl cétone (MIC)
 Classification SEBC = FED
 Quantité déversée [T] = 100000
 Date et heure du début du scénario = 15/01/2007 08:00:00
 Date et heure de fin du scénario = 16/01/2007 08:00:00
 Durée du scénario [jours] = 1
 Position du rejet [lon-ouest,lat-nord] = -5,48
 IDLH [kg/m3] = 0.0000036
 PNEC court terme [kg/m3] = 0.13
 PNEC long terme [kg/m3] = 0.0024



Fraction flottante (Spillet)