

Détermination du positionnement et de la hauteur de la cheminée de l'installation KALINA du CEA Cadarache



Journées SFRP du 28 et 29 avril 2010

Codes de calcul en radioprotection, radiophysique et dosimétrie

Laure-Line PARISI, Pierre ROUBIN, Yves MARGERIT, Jean-Claude PETRONIN, Franck JOURDAIN
Laboratoire de Modélisation des Transferts dans l'Environnement, CEA Cadarache



CADARACHE



énergie atomique • énergies alternatives

Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

3/ Modélisation de la dispersion des rejets de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives



Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

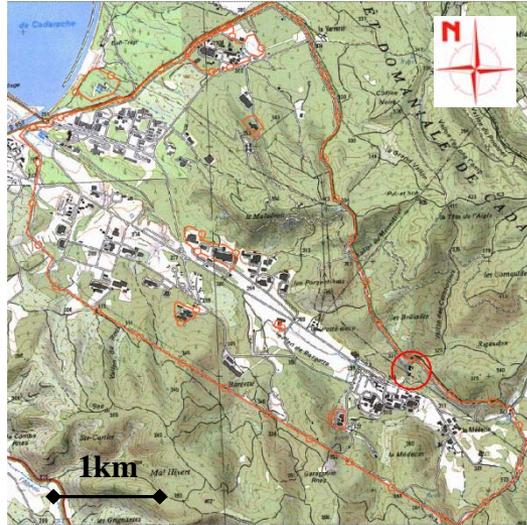
3/ Modélisation de la dispersion des rejets de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives

KALINA

Située au sud-est du centre de Cadarache



KALINA est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Cellule de traitement par hydrolyse de pièces ayant été en contact avec du sodium et du tritium



Dimensions \approx 15m x 6m
Hauteur \approx 6m



Emissaire



Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

3/ Modélisation de la dispersion des rejets de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives

KALINA : installation anciennement associée à RAPSODIE (réacteur nucléaire expérimental, en démantèlement depuis 1987).



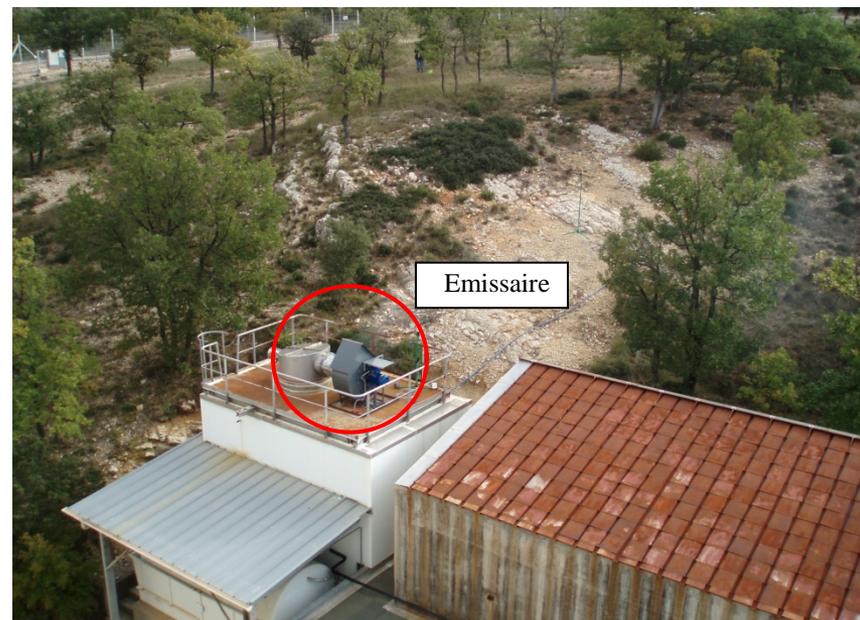
Depuis 2006, nouveaux programmes sur les RNR : KALINA est en cours de rénovation.

energie atomique • énergies alternatives

Opération de nettoyage par lances à eau
formation de soude et de tritium dont
une partie est rejetée, après lavage, dans
l'environnement.

Extracteur actuel n'est pas satisfaisant au regard de la réglementation sur les ICPE : hauteur minimale de rejet réglementaire de 10m.

↳ l'installation doit construire une cheminée



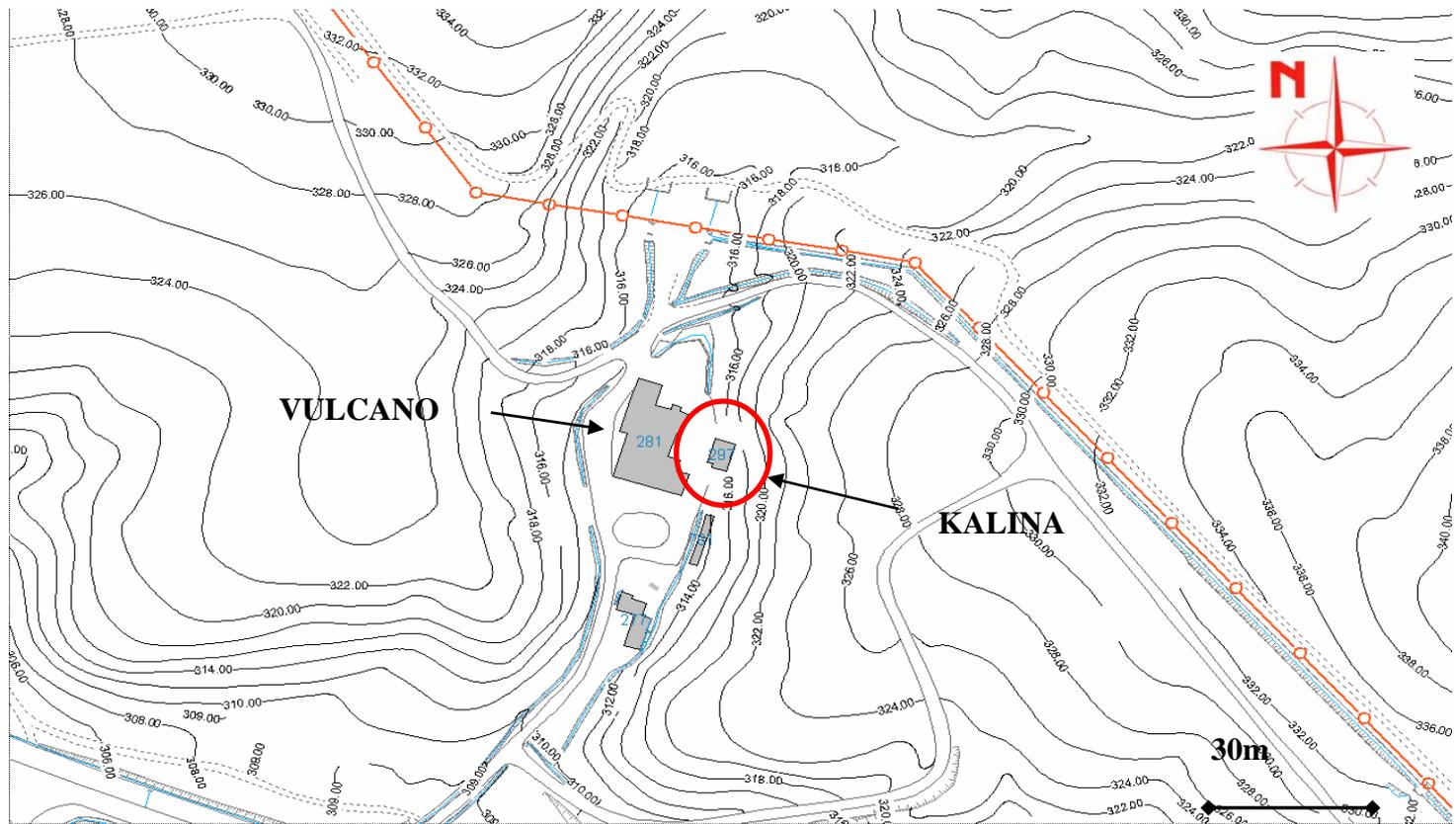
Objectif général :

**Optimiser (coût, efficacité, contraintes techniques...)
la position et la hauteur de la nouvelle cheminée.**

Autre problématique : topographie du site



energie atomique • énergies alternatives



KALINA est située dans le fond d'un vallon enclavé entre 3 collines

Etude de la dispersion vis-à-vis de 5 options d'implantation :



énergie atomique • énergies alternatives

- A l'est de KALINA
- Au niveau de l'émissaire actuel
- A l'est de VULCANO
- Au nord-est de VULCANO
- Sur le versant de la colline situé à l'est de KALINA



Différentes méthodes employées pour traiter la dispersion :

- SPIRAL : - Méthode définie dans l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

(Hmin = 10m pour la colline, 28m pour les autres positions)

- Méthode définie dans l'ASHRAE pour American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, organisme américain ayant proposé une méthode de conception géométrique des cheminées.

(Hmin = 18m pour la colline, 26m pour les autres positions)

- LMTE : Calcul de la dispersion des effluents avec deux types de codes (gaussien et mécanique des fluides numérique)



Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

3/ Modélisation de la dispersion des rejets de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives

Les codes de calcul utilisés

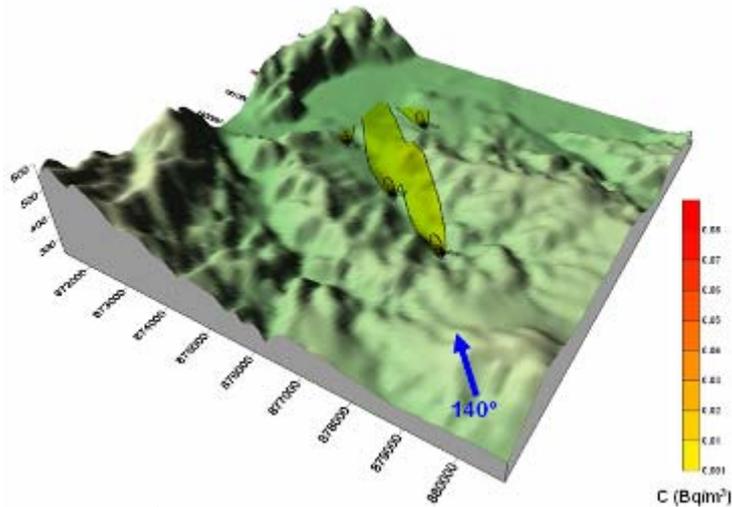
Outils gaussiens classiques non utilisables

↳ Etude en dehors de leur domaine de validité



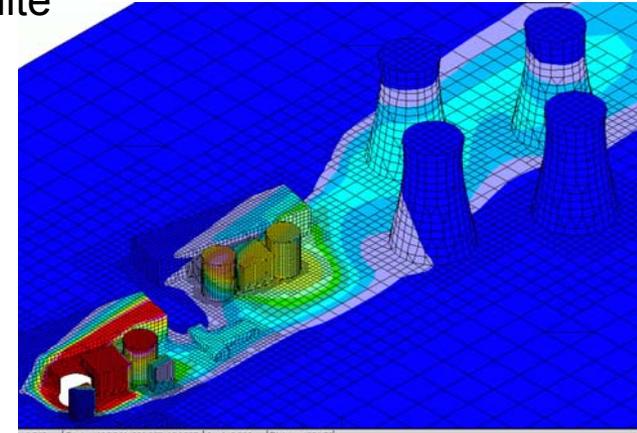
energie atomique • énergies alternatives

Modèles à réponse rapide



**Modèle Gaussien avec prise en compte de la topographie et des bâtiments
ADMS 4**

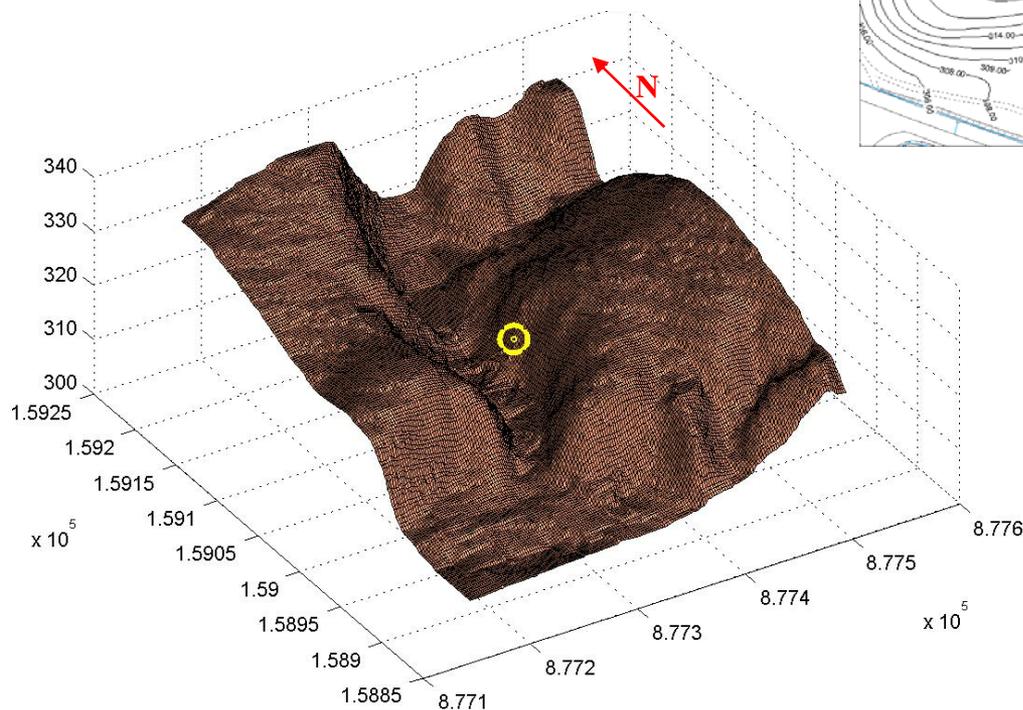
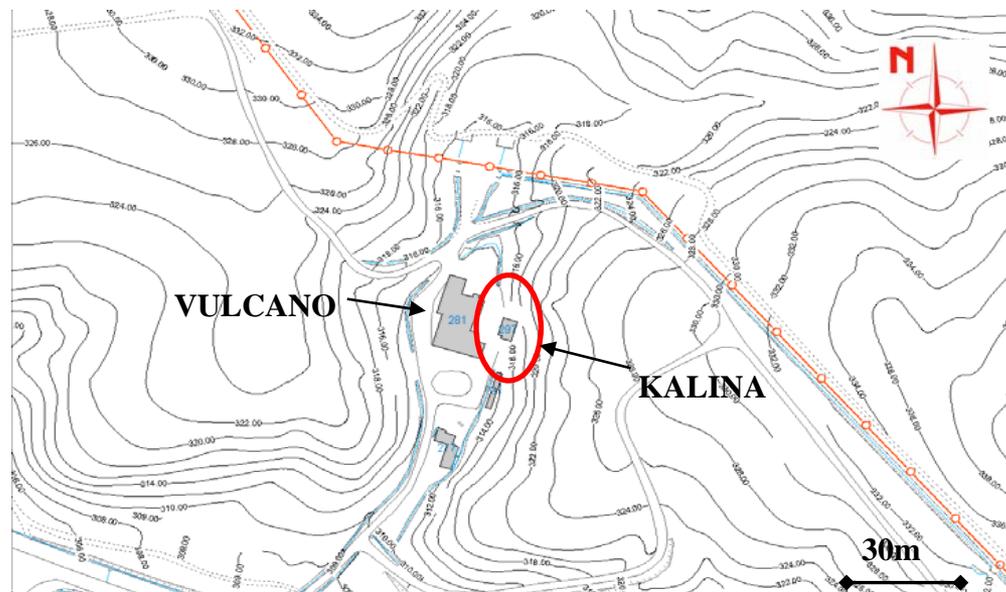
Rejets



**Modèle de CFD à l'échelle locale
Star-CD**

Modèles numériques

Modélisation de la topographie du site



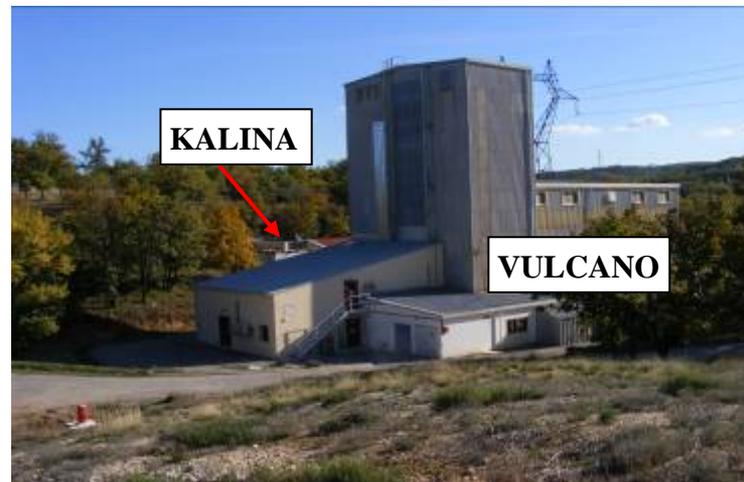
KALINA est située dans une zone fortement vallonnée...

Résolution des données IGN = 50m
Résolution des données nécessaires à la modélisation = 2m

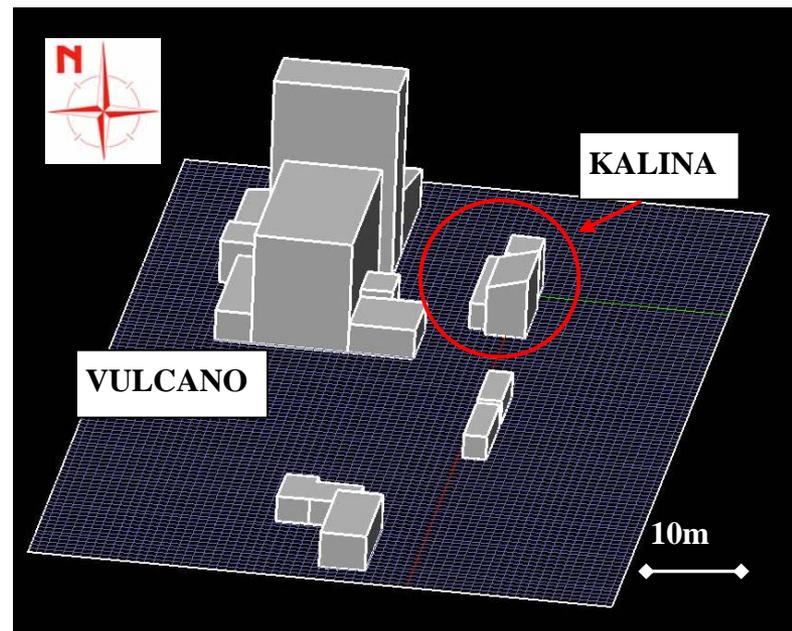


energie atomique • énergies alternatives

Modélisation des bâtiments présents sur le site



...et à proximité de bâtiments de grande hauteur (VULCANO)



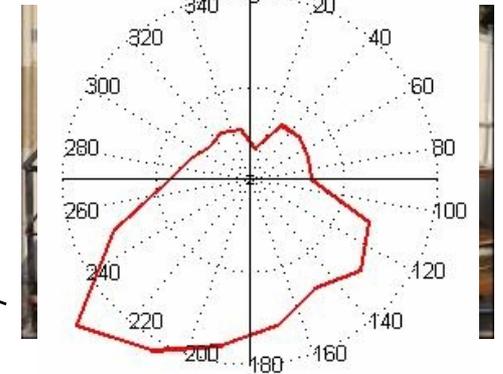
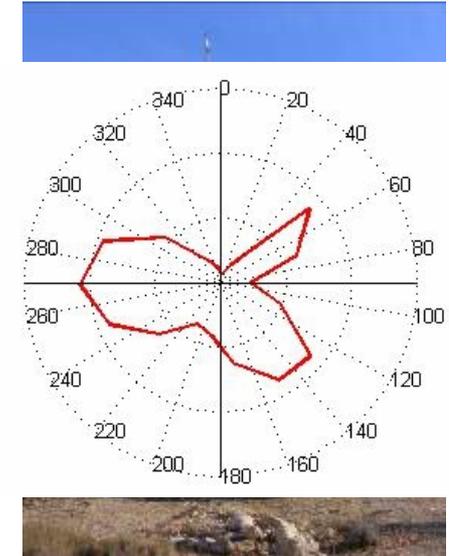
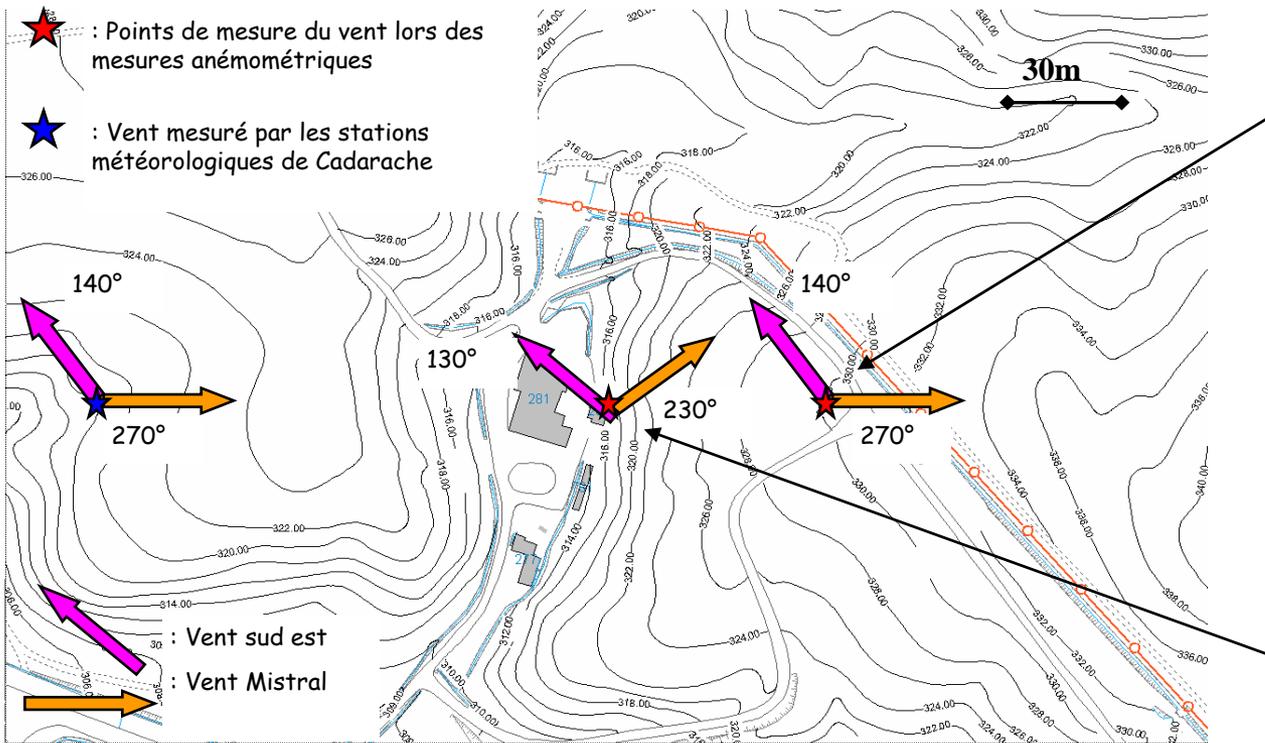
Domaine 400m x 450m x 500m
Taille de maille mini = 6cm
Taille de maille maxi = 10m
500 000 mailles de calcul

Etude des conditions anémométriques



energie atomique • énergies alternatives

Mesures in-situ des vitesses et directions du vent et traitement des résultats



Les essais d'enfumage



energie atomique • énergies alternatives



Par fumigènes à l'intérieur de la cellule KALINA

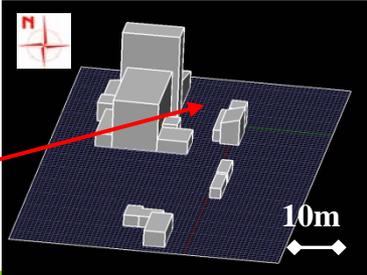


Avec un générateur de fumées à l'extérieur de KALINA

↳ Visualisation des fumées en sortie d'extracteur



Visualisation de l'évolution du panache dans la zone située entre les 2 bâtiments



Modélisation des rejets de KALINA

② Traitement de la soude sous deux formes :

Gaz : Plus simple. Recherche du maximum des concentrations calculées dans une couche de 0,5m à 3m au-dessus du sol - Concentrations dans l'air enveloppes par rapport au cas « particules » car sans dépôt au sol.

Particules : concentrations calculées au niveau du sol

→ RAS pour le code ADMS.

→ Traitement Star-CD plus complexe : dispersion lagrangienne

② Traitement du tritium :

Forme gazeuse : 70% des rejets

Eau tritiée (HTO) : 30% des rejets



énergie atomique • énergies alternatives

Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

3/ Modélisation de la dispersion des rejets
de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives



Modélisation des rejets en tenant compte des contraintes du site et des conditions météorologiques mesurées



énergie atomique • énergies alternatives

- 1/ Calage des codes de calcul vis-à-vis de la position actuelle de l'émissaire
→ Confrontation des résultats codes/codes
et codes/essais d'enfumage

- 2/ Etude de la dispersion vis-à-vis
des 5 options d'implantation :



- 3/ Proposition quant à l'emplacement et la hauteur les plus appropriés pour la construction de la cheminée.



Les critères retenus

Soude :

Concentration maximale admissible (VME) pour les travailleurs = 2mg/m^3

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) : mise à jour de 250mg/m^3 à 10mg/m^3

Avec coefficient de protection de 10, ces valeurs passent à $0,2\text{mg/m}^3$ et 1mg/m^3 .

Tritium :

Pas de valeur réglementaire de concentration dans l'air.

Dose publique admissible = 1mSv/an et coefficient de protection de 10 soit $0,1\text{mSv/an}$.

Travailleur : débit respiratoire = $1,2\text{ m}^3/\text{h}$

coefficient de dose par inhalation pour la forme eau tritiée = $1,8 \cdot 10^{-11}\text{ Sv/Bq}$

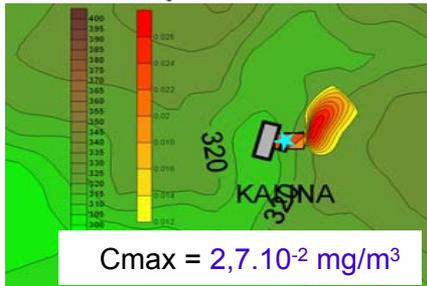
→ concentration admissible de tritium de l'ordre de 500 Bq/m^3 .

La réglementation

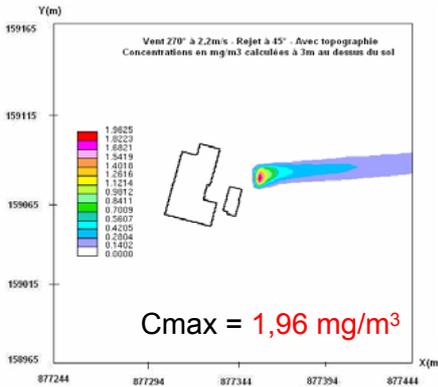
Arrêté du 2 février 1998 relatif aux ICPE : hauteur minimale de rejet = 10m

Calage des codes - Emissaire actuel

Vent 230°/270° - Rejet vertical - Avec topographie
Concentrations en mg/m³ calculées à 3m au dessus du sol



ADMS soude gaz



STAR-CD soude gaz

La modélisation avec Star-CD en considérant un rejet incliné et la topographie est qualitativement la plus représentative de la réalité.

↳ dans ces conditions, la concentration maximale obtenue est 10 fois plus forte que la valeur retenue comme critère pour la soude.

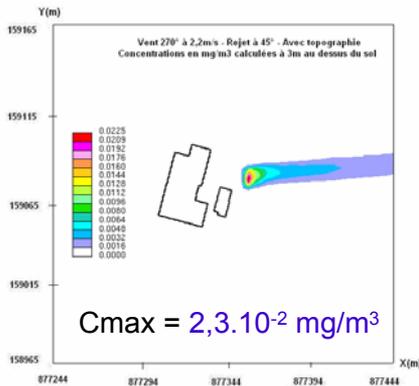
Rappel . critère
soude = 0,2mg/m³
tritium = 500Bq/m³

Concentrations en soude sous forme de particules plus faibles que sous forme gazeuse.

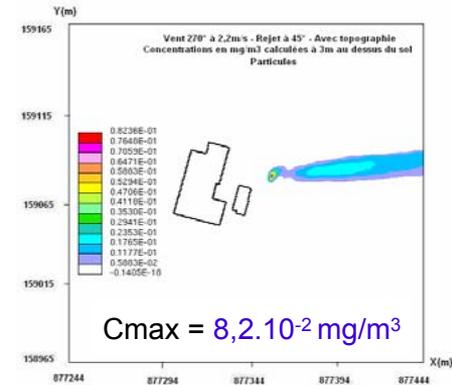
↳ la soude est traitée par la suite en tant que gaz

Valeurs très en dessous du critère tritium

↳ seule la soude est considérée par la suite dû à son effet dimensionnant



STAR-CD tritium



STAR-CD – soude particules

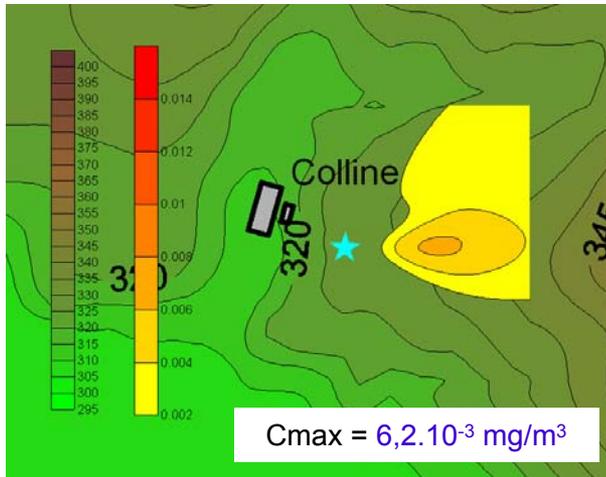
Etude des options d'implantation

Pour chaque option → étude des rejets suivant différentes hauteurs de cheminée
(avec $H_{min} = 10m$ d'après la réglementation)



energie atomique - energies alternatives

Vent 230°/270° - Rejet vertical - Avec topographie
Cheminée sur la colline - $H = 10m$
Concentrations en mg/m^3 calculées à 3m au dessus du sol



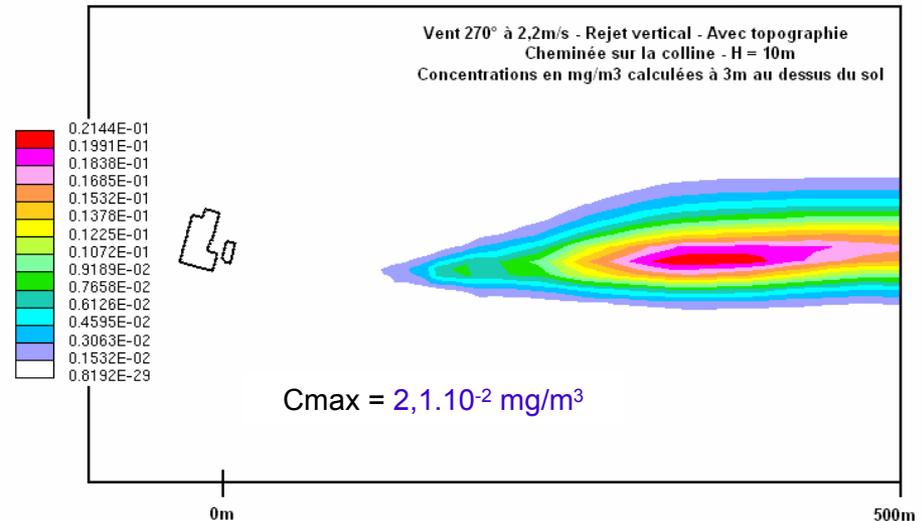
ADMS – Vent 270°

Rappel : critère
soude = $0,2mg/m^3$



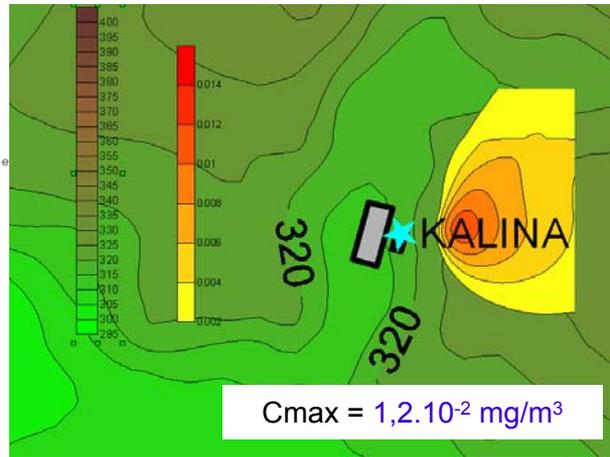
Présentation des cas retenus :
« Colline » - $H_{chem} = 10m$

Star-CD – Vent 270°



Etude des options d'implantation

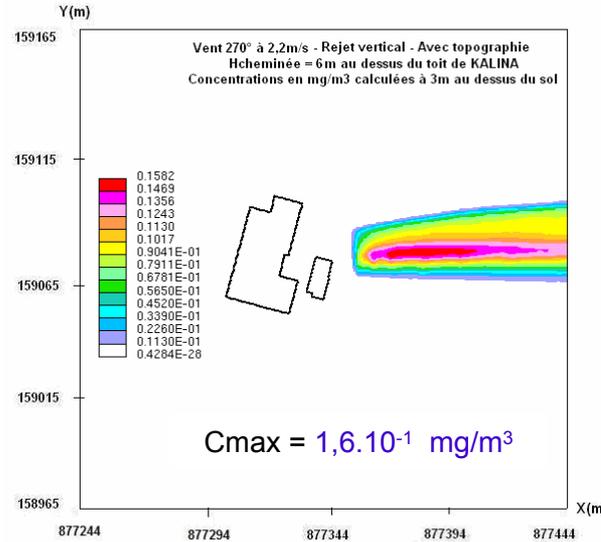
Vent 230°/270° - Rejet vertical - Avec topographie
Hcheminée = 6m au dessus du toit de KALINA
Concentrations en mg/m³ calculées à 3m au dessus du sol



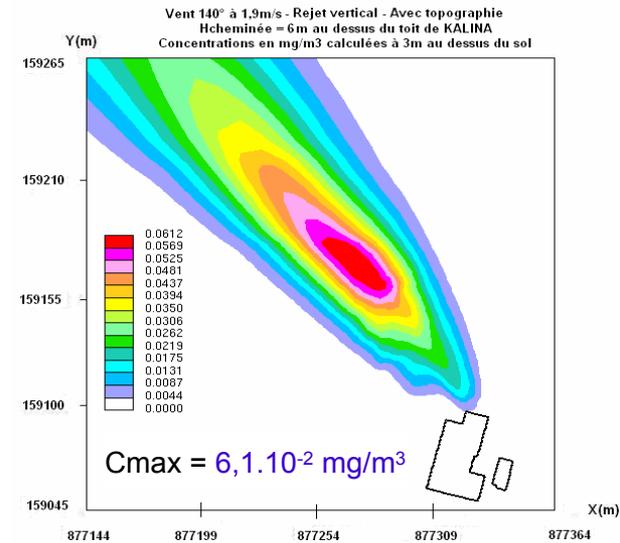
ADMS – Vent 270°

Rappel :
critère soude = 0,2mg/m³
 $H_{\text{bâtiment}} = 6\text{m}$

Présentation des cas retenus :
« toit de KALINA » - $H_{\text{chem}} = 6\text{m}$



Star-CD – Vent 270°



Star-CD – Vent 140°

En tenant compte du critère économique et des contraintes de construction

↳ **proposition : implantation d'une cheminée de 6m de hauteur sur le toit de l'installation KALINA en place de l'émissaire actuel**

La réglementation ($H_{min} = 10\text{m}$) est respectée car :

$$H_{\text{bâtiment}} + H_{\text{cheminée}} = 6 + 6 = 12\text{m}$$





énergie atomique • énergies alternatives

Plan

1/ L'installation KALINA

2/ Problématique

3/ Modélisation de la dispersion des rejets
de KALINA

4/ Calculs de dispersion atmosphérique

5/ Conclusions et perspectives



Conclusions

- Importance de la prise en compte des bâtiments et de la topographie,
- Importance du comportement du vent au droit de l'installation,
- Nécessité d'utiliser la complémentarité des deux codes :
 - ADMS → mise en œuvre rapide des calculs, première idée du comportement du nuage de polluants,
 - Star-CD → paramétrisation complexe, temps de calcul conséquents. Mais meilleure description des écoulements, meilleure prise en compte de la topographie. Résultats plus précis en champ proche.
- Calage des codes avec l'exutoire actuel indispensable. Importance de la comparaison, même qualitative, avec un essai de dispersion réel,
- Justification des choix de modélisation
 - Traitement des polluants sous différentes formes (gaz ou particules),
 - Forme du rejet (vertical ou incliné) dépendant des limitations des codes,
- Choix de critères pertinents et application de la réglementation.

Le choix final de l'emplacement et de la hauteur de la future cheminée de l'installation KALINA tient compte des résultats des calculs mais aussi du critère économique.



énergie atomique • énergies alternatives



Perspectives



energie atomique • énergies alternatives

- Calculs en atmosphère convective ou stable avec le code STAR-CD (étude en cours avec ADMS). Ici seul le cas en atmosphère neutre à été considéré,
- Utilisation d'un modèle de turbulence du second ordre de type (Rij, ϵ) en place du modèle (k, ϵ) dans le code STAR-CD,
- Caractérisation des aérosols rejetés par l'installation (taille, densité...)
- Utilisation de champs de vent tridimensionnels en entrée du domaine. Dans cette étude, un profil logarithmique a été employé,
- Amélioration du post-traitement du dépôt au sol (recherche de critères, étude des sols de l'installation en cours).
- Recalage avec d'autres contraintes (mécaniques par exemple)
- Etude des effets de sillage des bâtiments et leur prise en compte dans la gestion des situations d'urgence
- Application de l'étude à d'autres installations (VAUTOUR) → rapport coûts modélisation/cheminée de hauteur 28m obtenue par d'autres méthodes important.





énergie atomique • énergies alternatives

Merci pour votre attention !

