



# Modélisation de la dispersion atmosphérique en fonctionnement normal de la doctrine au calcul

Site de stockage de déchets radioactifs de  
faible et moyenne activité

2 Février 2017



## Plan de la présentation

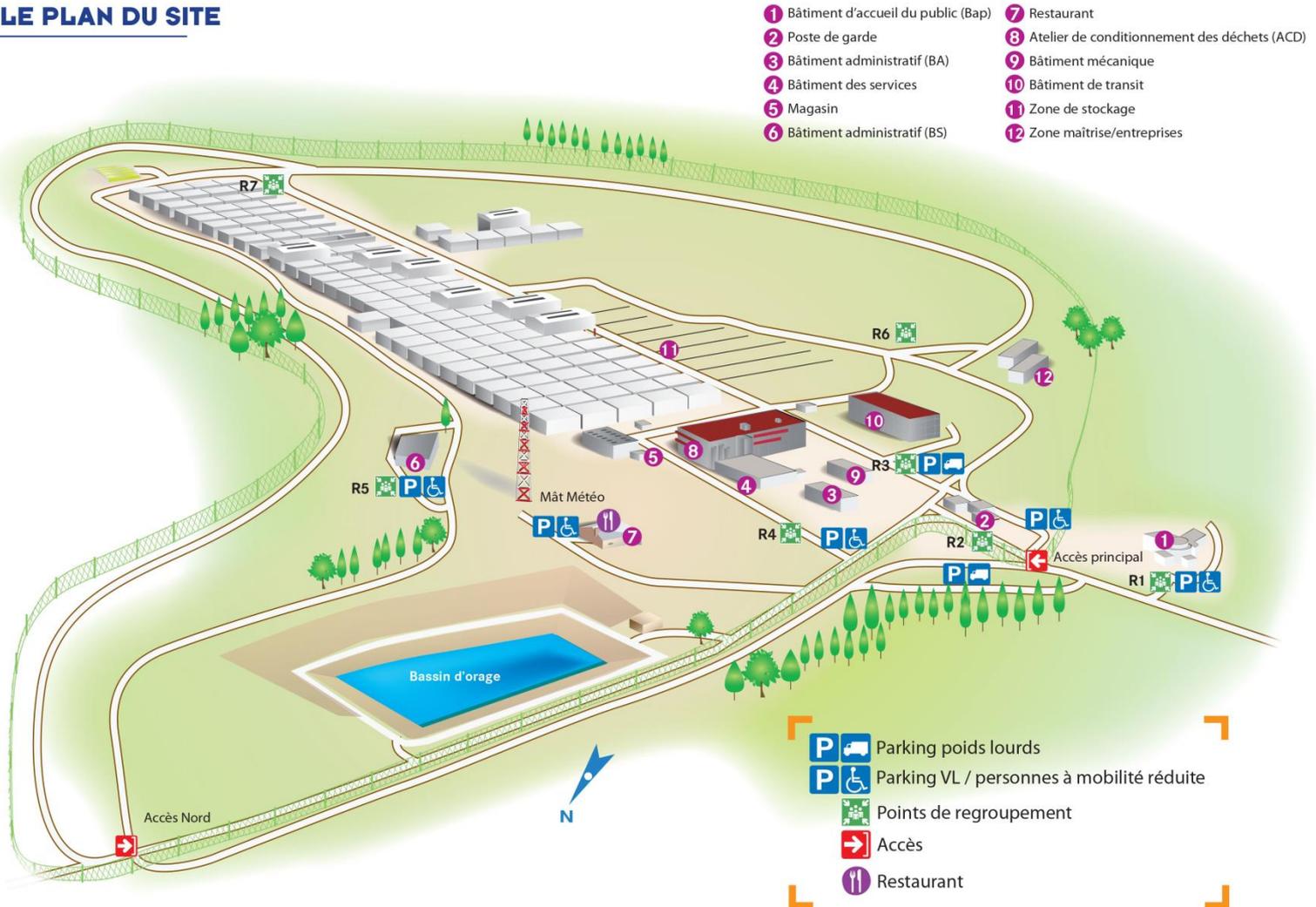
1. Présentation du site et objectif de l'évaluation
2. Doctrine Andra pour l'évaluation de la dispersion atmosphérique
3. Modélisation et résultats



# 1. Présentation du site et objectif de l'évaluation

## Centre de stockage de l'Aube pour les déchets Faible et Moyenne Activité: INB n°149

## LE PLAN DU SITE



## Objectif de l'évaluation

- ◆ Conceptualisation et modélisation des transferts par l'air en fonctionnement normal
  - Rejets autorisés de l'Atelier de Compactage des Colis



**Atelier de Compactage  
des Colis (ACD)**

## ◆ Rejets maximaux autorisés

- Arrêté du 21 août 2006 autorisant l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) à effectuer des rejets d'effluents liquides et gazeux et des prélèvements d'eau pour le centre de stockage de l'Aube (installation nucléaire de base n° 149)

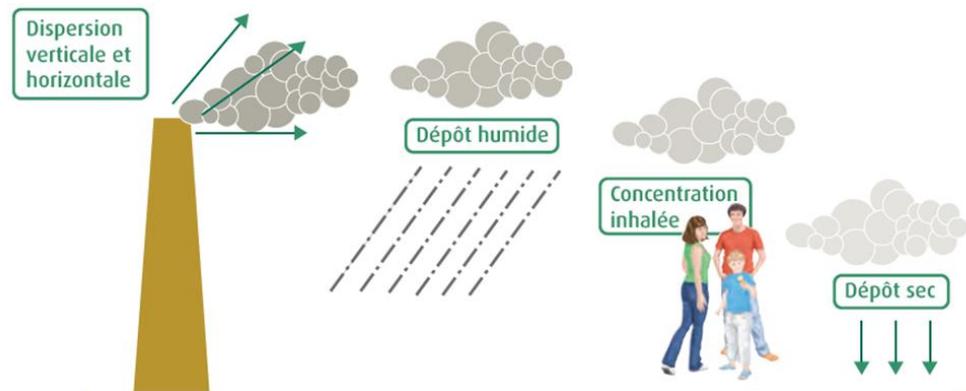
Radionucléides	Activité annuelle rejetée (GBq/an)
Tritium	50
C14	5
Iodes	$2 \cdot 10^{-2}$
Autres émetteurs beta-gamma	$2 \cdot 10^{-4}$
Emetteurs alpha	$2 \cdot 10^{-5}$

## Hypothèses d'évaluation

- ◆ Champ lointain
- ◆ Rejets continus

## Résultats attendus

- ◆ Concentrations volumiques pour les gaz ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )
- ◆ Dépôts surfaciques (en  $\text{Bq}/\text{m}^2$ )
  - Dépôts humides et secs
- ◆ Données d'entrée pour les évaluations de la dose



Source: INERIS 2013

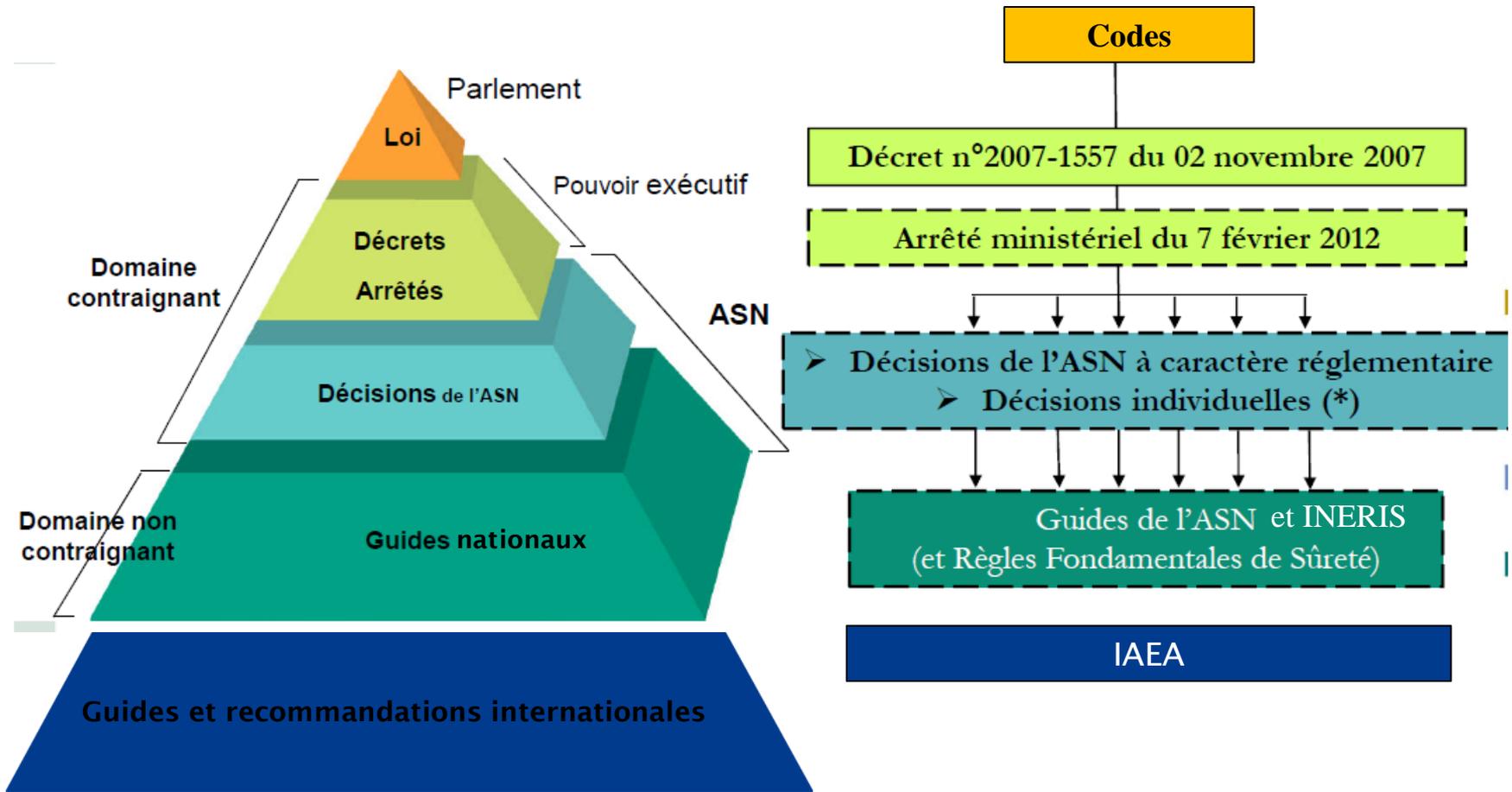


## 2. Doctrine Andra

# Dispersion atmosphérique

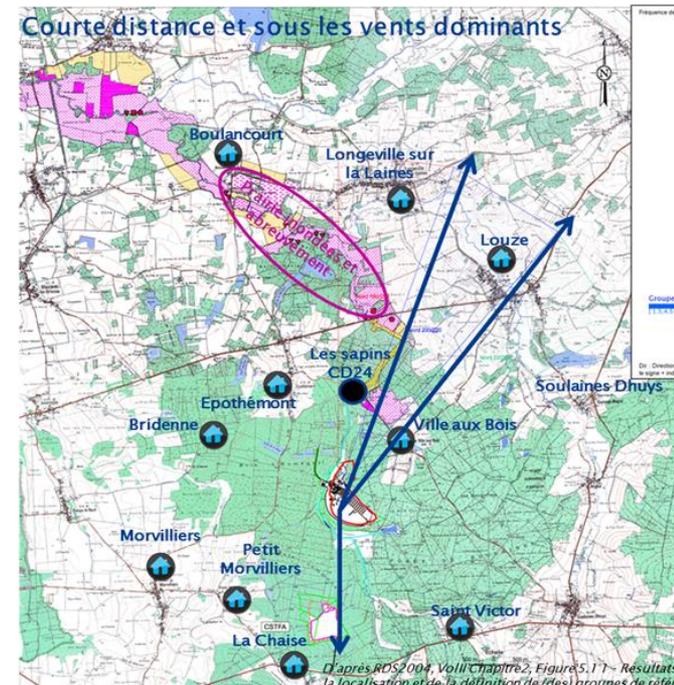
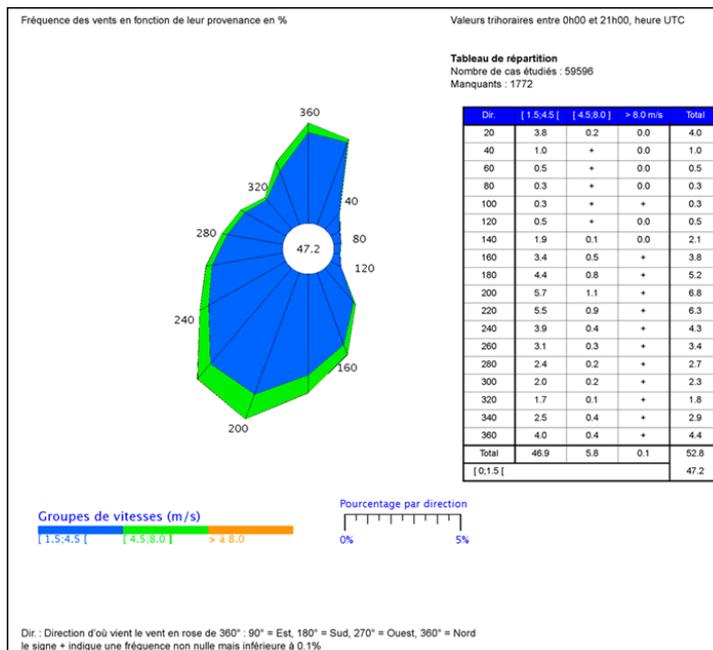
## 2. Doctrine Andra (1/5)

### Cadre réglementaire, réglementations et recommandations nationales et internationales (1/1)



### Code de la santé publique

- ◆ Le groupe de référence = « groupe d'individus (...) plus particulièrement exposés à la dite source ».
- L'Andra choisit la localisation des activités humaines (habitation, culture, élevage, chasse...) correspondant à la contamination la plus élevée suite aux rejets atmosphériques
  - La localisation choisie au point où le coefficient de transfert atmosphérique (CTA) est le plus élevé



### Décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 (en particulier article 9)

- ◆ « L'étude d'impact **prend en compte les variations saisonnières et climatiques.** »
  - L'Andra utilise des données météo de fréquence a minima tri-horaire sur au moins 5 ans pour les évaluations de sûreté en fonctionnement normal

### Arrêté INB du 7 février 2012 (Article 3.8) : La démonstration de sûreté nucléaire s'appuie sur :

- ◆ des **données à jour et référencées** ; elle tient notamment compte des informations disponibles mentionnées à l'article 2.7.2
- ◆ des **méthodes appropriées, explicitées et validées**, intégrant des hypothèses et des règles adaptées aux incertitudes et aux limites des connaissances des phénomènes mis en jeu ;
- ◆ des **outils de calcul et de modélisation qualifiés** pour les domaines dans lesquels ils sont utilisés. »
  - L'Andra utilise deux codes numériques qualifiés et largement utilisés ARIA Impact et la plateforme CERES®

### Arrêté du 9 août 2013 portant homologation de la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 (Article 5.3.2):

- ◆ « L'exploitant s'assure annuellement que les hypothèses et les modalités de calcul retenues pour l'estimation des doses reçues par le public dans l'étude d'impact de l'installation restent pertinentes. »
  - L'Andra émet des bilans annuels d'exploitation (Surveillance de l'environnement)

## IAEA TRS N°19 (2001)

- ◆ Modèle gaussien
- ◆ Formulation de Pasquill
  - L'Andra utilise un modèle gaussien et les écarts-types de Pasquill

## Directive 2013/59/Euratom

- ◆ En conformité avec la Directive 2013/59, l'approche Andra consiste à calculer les doses de façon aussi réaliste que possible en prenant en compte la **réalité du site** et les activités humaines existantes.
  - L'Andra utilise les données météo de la station météo de Soulaines (sur site)
  - Les localisations d'activités humaines se basent sur des observations réelles

## Guide INERIS 2013

- ◆ Modèles de type gaussien généralement adaptés aux ICPE et plus généralement pour toute installation industrielle pour la modélisation de la dispersion atmosphérique en fonctionnement normal
  - L'Andra utilise un modèle gaussien
- ◆ Utilisation de données horaires ou tri-horaires sur 3 ans minimum d'une station météorologique représentative est conseillée par l'INERIS.
  - L'Andra utilise des données météo de fréquence a minima tri-horaire sur une année pour des calculs annuels et pour au moins 5 ans pour les évaluations de sûreté en fonctionnement normal

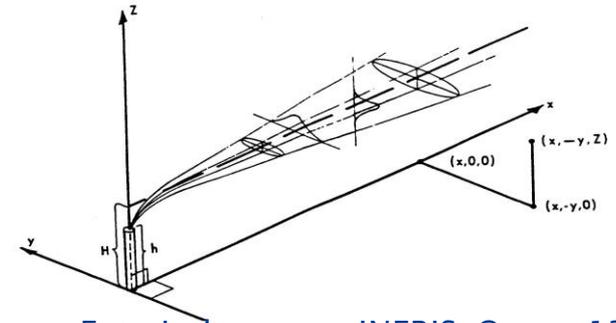


## 3. Modélisation et résultats

# Evaluation de la dispersion atmosphérique

#### Modèle gaussien ARIA IMPACT (2D)

- ◆ Ecart type de Pasquill: « Prairies-Grass »
- ◆ Topographie (MNT)
- ◆ Modèle météorologique
  - Station de Soulaines
    - Chroniques météo
  - Stabilité atmosphérique: gradient vertical température



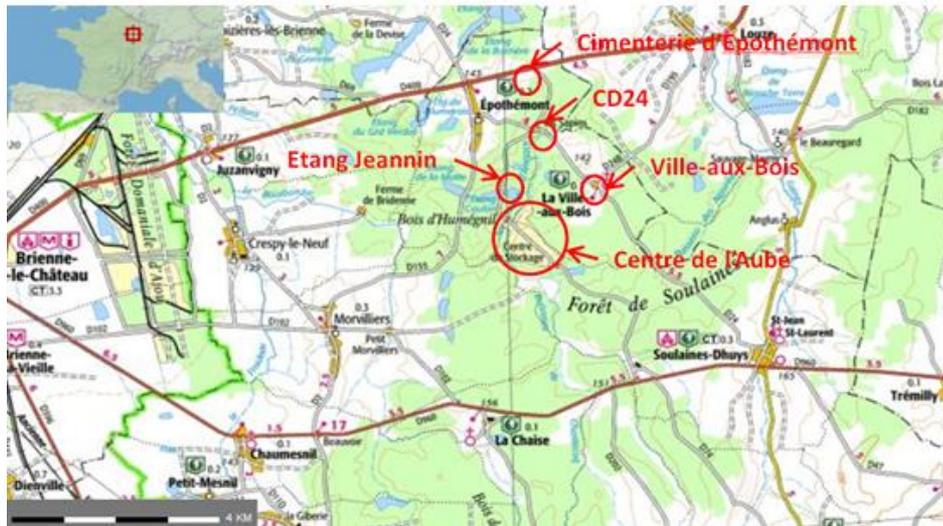
Extrait document INERIS: Omega12  
(Dispersion atmosphérique)

#### Hypothèses de validation du modèle gaussien

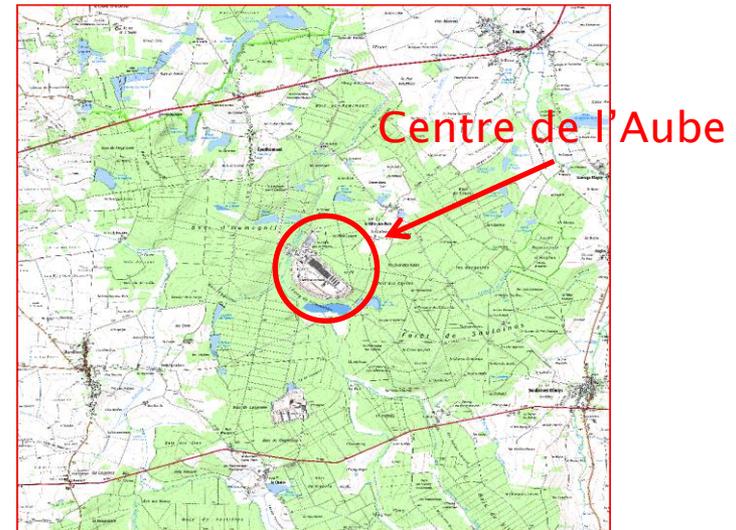
- ◆ Gaz passif (neutre)
- ◆ Diffusion moléculaire négligeable
- ◆ Turbulence homogène et isotrope dans les basses couches de l'atmosphère
- ◆ Composante verticale du vent très faible devant la composante horizontale
- ◆ Régime permanent instantanément atteint

### Evaluation en plusieurs étapes:

- ◆ Domaine couvrant l'ensemble des groupes de référence
- ◆ Domaine plus réduit pour les évaluations de sûreté



Localisation des groupes de référence selon les différentes activités humaines observées



Domaine d'étude 10 km \* 10 km

## Topographie

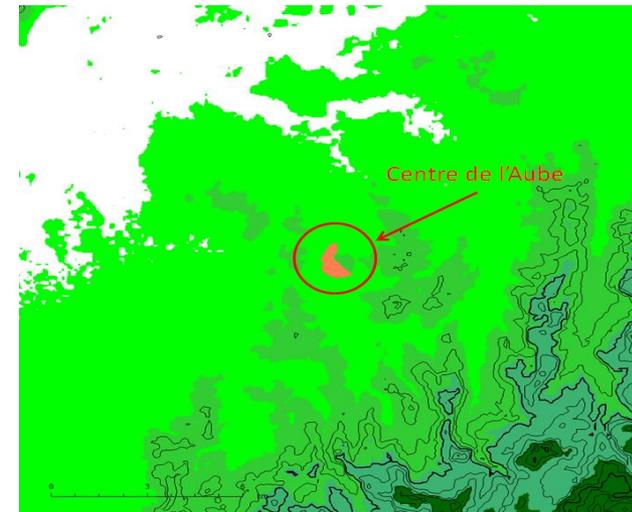
- ◆ Modèle topographie: MNT 100m

## Météorologie

- ◆ En fonctionnement normal: chronique météo sur 5 ans (2009-2014) au pas de temps minute

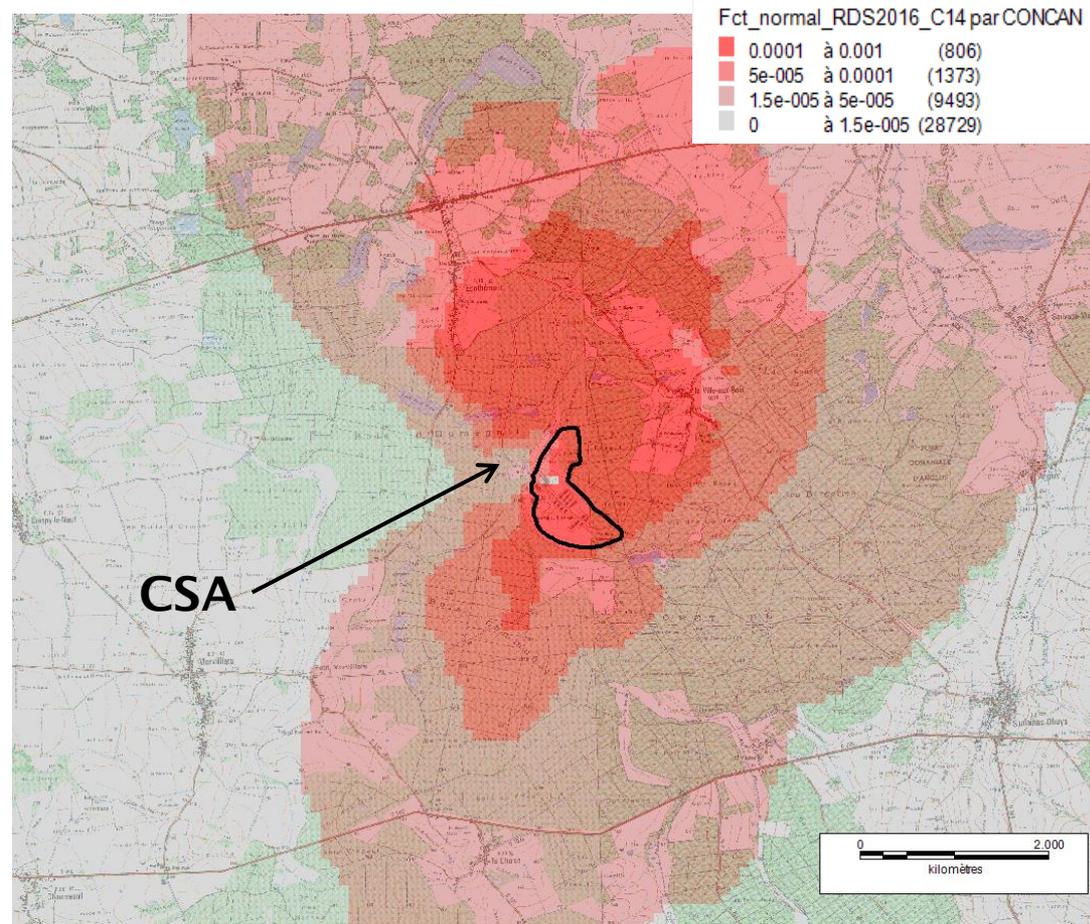
## Cartographie des groupes de références

- ◆ Ville-aux-Bois (habitat + jardin potager)
- ◆ Etang Jeannin (gibier)
- ◆ CD24 (pâturage)
- ◆ Epothémont (travailleur de la cimenterie)



## Exemple de résultats ARIA Impact sous forme cartographique

- ◆ Concentrations dans l'air (Bq/m<sup>3</sup>) en <sup>14</sup>C pour un rejet maximal autorisé de l'ACD du CSA



## Comparaison GASCON (CERES) / ARIA Impact

◆ Arrêté rejets de l'ACD: rejets max autorisés de l'ACD à la Ville-aux-Bois

Radionucléides	Terme source (GBq/an)	Activités volumiques calculées avec GASCON -CERES (Bq/m <sup>3</sup> )	Activités volumiques calculées avec ARIA Impact (Bq/m <sup>3</sup> )	Ratio GASCON / ARIA Impact
Particules alpha ( <sup>239</sup> Pu)	2.10 <sup>-5</sup>	7,2.10 <sup>-10</sup>	3,46.10 <sup>-10</sup>	≈2
Particules beta ( <sup>90</sup> Sr)	2.10 <sup>-4</sup>	7,2.10 <sup>-9</sup>	3,46.10 <sup>-9</sup>	≈2
<sup>3</sup> H	50	2.10 <sup>-3</sup>	1,01.10 <sup>-3</sup>	≈2
<sup>14</sup> C	5	2.10 <sup>-4</sup>	1,05.10 <sup>-4</sup>	≈2
<sup>125</sup> I(forme aérosol)	4.10 <sup>-3</sup>	1,4.10 <sup>-7</sup>	6,91.10 <sup>-8</sup>	≈2
<sup>129</sup> I (forme aérosol)	6.8.10 <sup>-3</sup>	2,5.10 <sup>-7</sup>	1,18.10 <sup>-7</sup>	≈2
<sup>131</sup> I(forme aérosol)	9.2.10 <sup>-3</sup>	3.10 <sup>-7</sup>	1,59.10 <sup>-7</sup>	≈2

→ Résultats des deux modèles gaussiens très semblables (ratio ≈ 2)

→ Validation des codes pour les activités volumiques

Radionucléides	ARIA Impact	CERES	Ratio des flux de dépôts
Particules alpha ( $^{239}\text{Pu}$ )	Mêmes vitesses de dépôts secs ( $5 \cdot 10^{-3}$ m/s) pour chaque code		$\approx 1$
Particules beta ( $^{90}\text{Sr}$ )	Mêmes vitesses de dépôts secs ( $5 \cdot 10^{-3}$ m/s) pour chaque code		$\approx 1$
$^3\text{H}$	Mêmes vitesses de dépôts secs HTO ( $3 \cdot 10^{-3}$ m/s) pour chaque code		$\approx 2$
$^{14}\text{C}$	Absence de flux de dépôt (vitesse de dépôt nulle)	$\text{CO}_2$ assimilé à une vapeur, vitesse de dépôt sec ( $1 \cdot 10^{-4}$ m/s) conduisant à un flux de dépôt de l'ordre de $10^{-7}$	CERES-GASCON calcule les flux de dépôts de $^{14}\text{C}$
$^{125}\text{I}$ , $^{129}\text{I}$ et $^{131}\text{I}$	Deux formes d'iode (aérosol ou organique): dépôts plus élevés avec la forme aérosol	Possibilité de choisir la forme (aérosol ou organique)	Résultats très semblables pour la même forme physico-chimique. Formes chimiques différentes: ratio $\approx 30$ .

→ Validation des codes en supposant les mêmes formes chimiques



**Merci de votre attention**



## Annexes

# Détail des résultats de calcul si besoin

### Comparaison GASCON (CERES) / ARIA Impact

◆ Arrêté rejets de l'ACD: rejets max autorisés de l'ACD à la Ville-aux-Bois

Radionucléides	Terme source (GBq/an)	Dépôts surfaciques avec GASCON (CERES) (Bq/m <sup>3</sup> )	Dépôts surfaciques calculées avec ARIA Impact (Bq/m <sup>3</sup> )	Ratio GASCON / IMPACT
Palpha (Pu239)	2.00 <sup>E-5</sup>	4.20 <sup>E-12</sup>	5.14 <sup>E-12</sup>	<b>0.82</b>
Pbeta (Sr90)	2.00 <sup>E-4</sup>	4.20 <sup>E-11</sup>	5.14 <sup>E-11</sup>	<b>0.82</b>
HTO	5.00 <sup>E1</sup>	6.70 <sup>E-6</sup>	3.32 <sup>E-6</sup>	<b>2.02</b>
C14	5.00 <sup>E0</sup>	4.20 <sup>E-7</sup>	0	-
I125	4.00 <sup>E-3</sup>	1.10 <sup>E-9</sup> (aéro)	3.18 <sup>E-11</sup> (org)	<b>34.59</b>
I125 (aéro)	4.00 <sup>E-3</sup>	1.10 <sup>E-9</sup>	1.03 <sup>E-9</sup>	<b>1.07</b>
I125 (org)	4.00 <sup>E-3</sup>	2.20 <sup>E-11</sup>	3.18 <sup>E-11</sup>	<b>0.69</b>
I129	6.80 <sup>E-3</sup>	1.90 <sup>E-9</sup> (aéro)	5.40 <sup>E-11</sup> (org)	<b>35.19</b>
I129 (aéro)	6.80 <sup>E-3</sup>	1.90 <sup>E-9</sup>	1.75 <sup>E-9</sup>	<b>1.09</b>
I129 (org)	6.80 <sup>E-3</sup>	3.70 <sup>E-11</sup>	5.40 <sup>E-11</sup>	<b>0.69</b>
I131	9.20 <sup>E-3</sup>	2.30 <sup>E-9</sup> (aéro)	7.31 <sup>E-11</sup> (org)	<b>31.46</b>
I131 (aéro)	9.20 <sup>E-3</sup>	2.30 <sup>E-9</sup>	2.37 <sup>E-9</sup>	<b>0.97</b>
I131 (org)	9.20 <sup>E-3</sup>	4.40 <sup>E-11</sup>	7.31 <sup>E-11</sup>	<b>0.60</b>

→ Résultats des deux modèles gaussiens très semblables (ratio ≈ 2)

→ Validation des codes pour les dépôts surfaciques