

Panorama des occupations du sol en PACA  
Des données, des cartes, des outils pour quels usages



**IRSN**

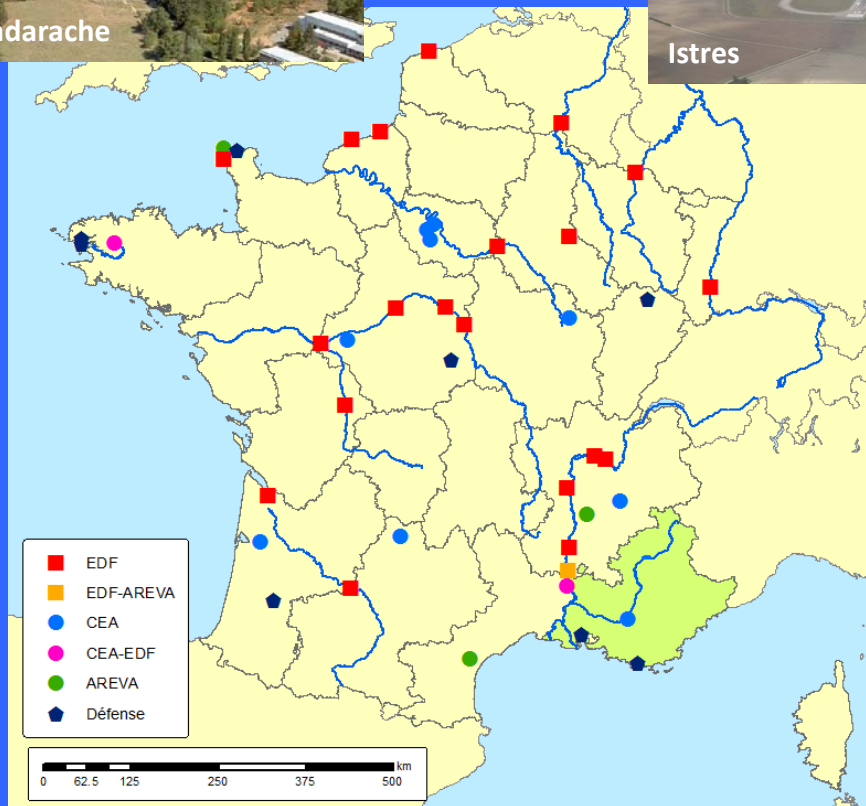
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Gestion technique de la "crise" nucléaire selon l'occupation du sol

J.M. Métivier  
[jean-michel.metivier@irsn.fr](mailto:jean-michel.metivier@irsn.fr)



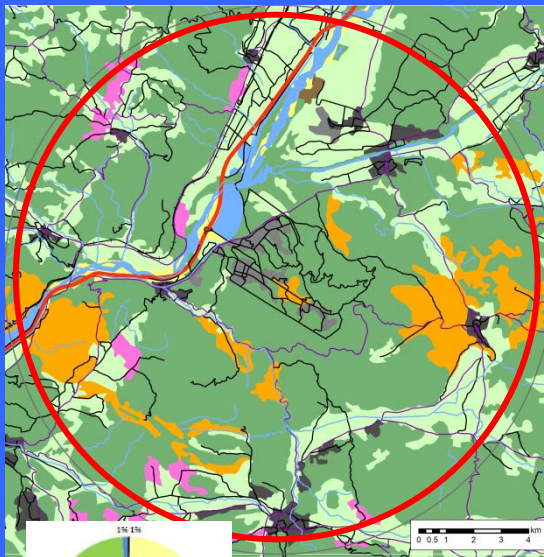
## Le paysage nucléaire français ... provençal



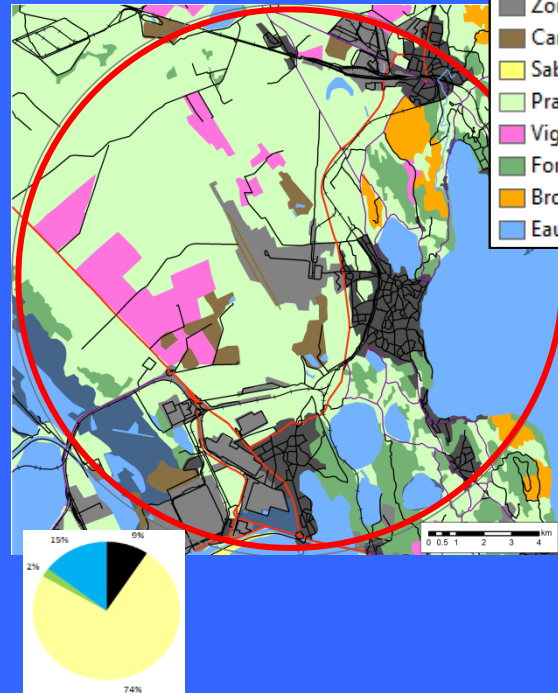
**Un bref regard**  
**Occupation du sol – Population**

**Un forestier, un agricole et un anthropisé**

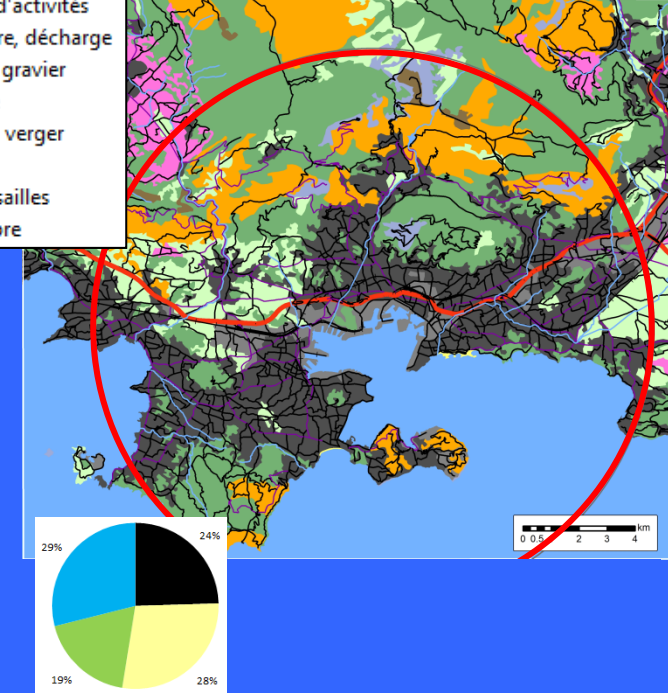
*Cadarache*  
 50 hab./km<sup>2</sup> (10 km)



*Istres*  
 330 hab./km<sup>2</sup> (10 km)



*Toulon*  
 1.100 hab./km<sup>2</sup> (10 km)



- Bâti
- Zone d'activités
- Carrière, décharge
- Sable, gravier
- Prairie
- Vigne, verger
- Forêt
- Broussailles
- Eau libre

# Sommaire

*IRSN*

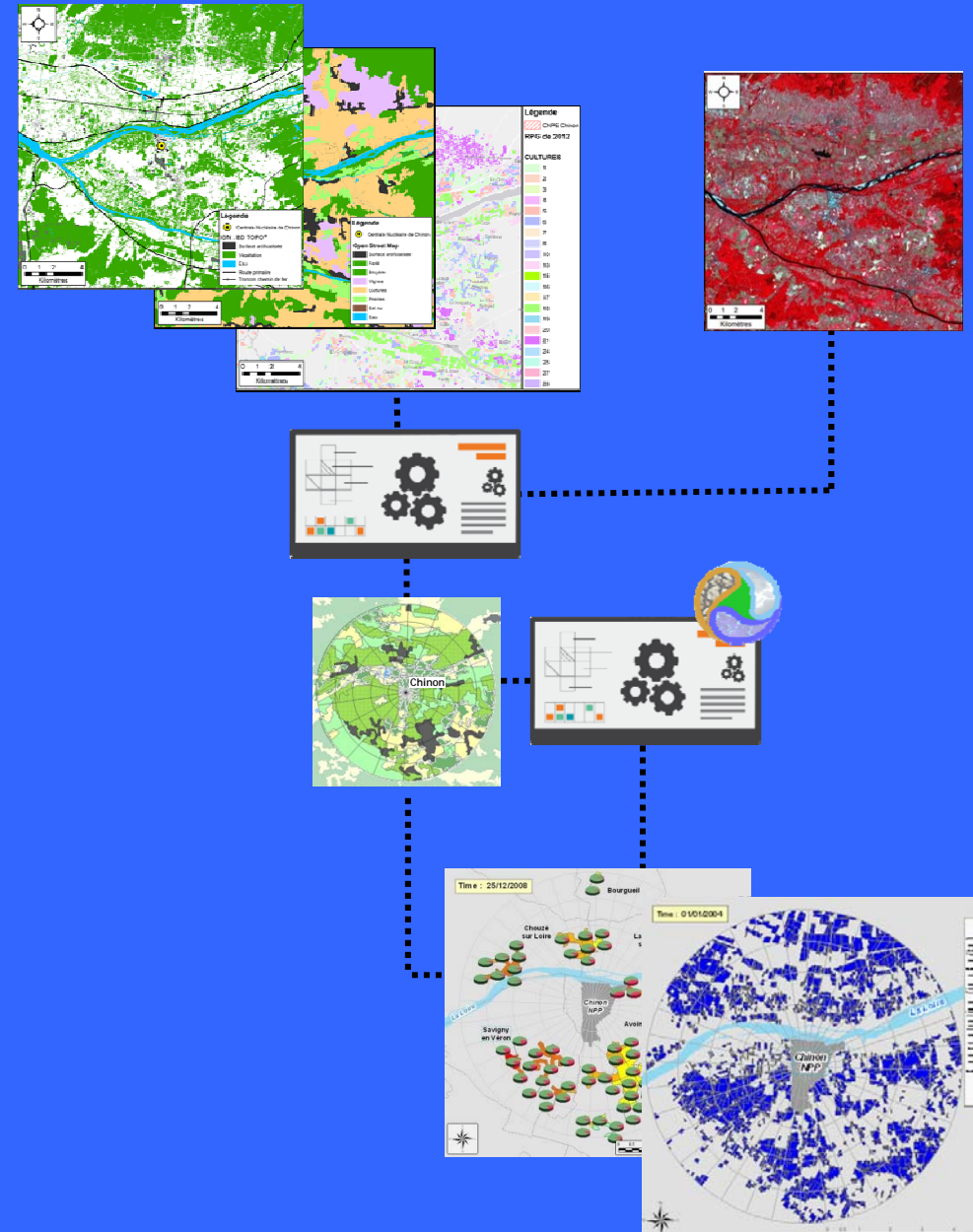
*Labo. ; notre métier*

*Modélisation des paysages*

*Exemples*

*CNPE Chinon*

*Fukushima daiichi*





## Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire



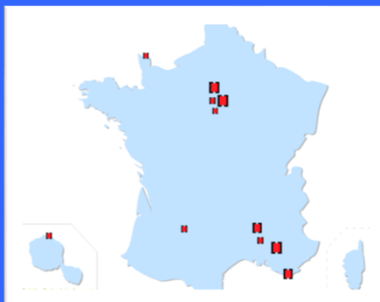
*Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC)*

*1.800 personnes*

*Ministères de tutelles: Environnement, Recherche, Santé, Industrie, Défense ...*

*Compétences: sûreté nucléaire, protection, gestion de crise, expertise, recherche*

*Un réseau de partenaires nationaux et internationaux*



# IRSN

**Pôle Santé Environnement - Environnement (6 services)**

350

**Un Service : le SEREN (4 Laboratoires)**

45

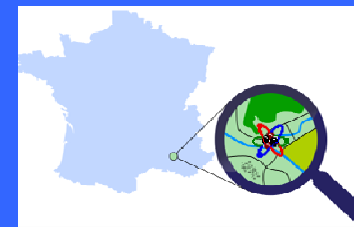
*Service d'expertise et d'étude en radioprotection des populations et de la radioactivité dans l'environnement*

**Un laboratoire : le LEREN**

20

*Laboratoire d'Étude et d'Expertise sur La Radioactivité dans l'Environnement*

Surveiller et Modéliser la présence de radionucléides (naturels et artificiels) dans l'environnement



ENJEUX : Santé & Environnement  
Populations humaines et Écosystèmes  
Impact radiologique et Risque



*Radionucléides : isotope radioactif d'un élément (contraction de radioactivité et de nucléide)*

# Le jardin d'Éden !



## La radioécologie

### Radionucléides naturels

Installation nucléaire  
 Rejets atmosphériques et liquides  
 Dispersion et dépôts  
 sur sols nus, sur cultures, sédiments, MES ...  
 Transfert, absorption, désorption  
 Flore, faune

Expositions externes (nuage, dépôt, RS)  
 Expositions internes (inhalation, ingestion)



MES : Matières en suspension  
 RS : Remise en suspension



## La radioécologie

**Radionucléides naturels**  
**Radionucléides artificiels**

*Installation nucléaire*  
*Rejets atmosphériques et liquides*  
*Dispersion et dépôts*  
*sur sols nus, sur cultures, sédiments, MES ...*  
*Transfert, absorption, désorption*  
*Flore, faune*

*Expositions externes (nuage, dépôt, RS)*  
*Expositions internes (inhalation, ingestion)*

MES : Matière en suspension  
 RS : Remise en suspension



## La radioécologie

**Radionucléides naturels**  
**Radionucléides artificiels**

*Installation nucléaire*  
*Rejets atmosphériques et liquides*  
*Dispersion et dépôts*  
*sur sols nus, sur cultures, sédiments, MES ...*  
*Transfert, absorption, désorption*  
*Flore, faune*

*Expositions externes (nuage, dépôt, RS)*  
*Expositions internes (inhalation, ingestion)*

MES : Matières en suspension  
 RS : Remise en suspension





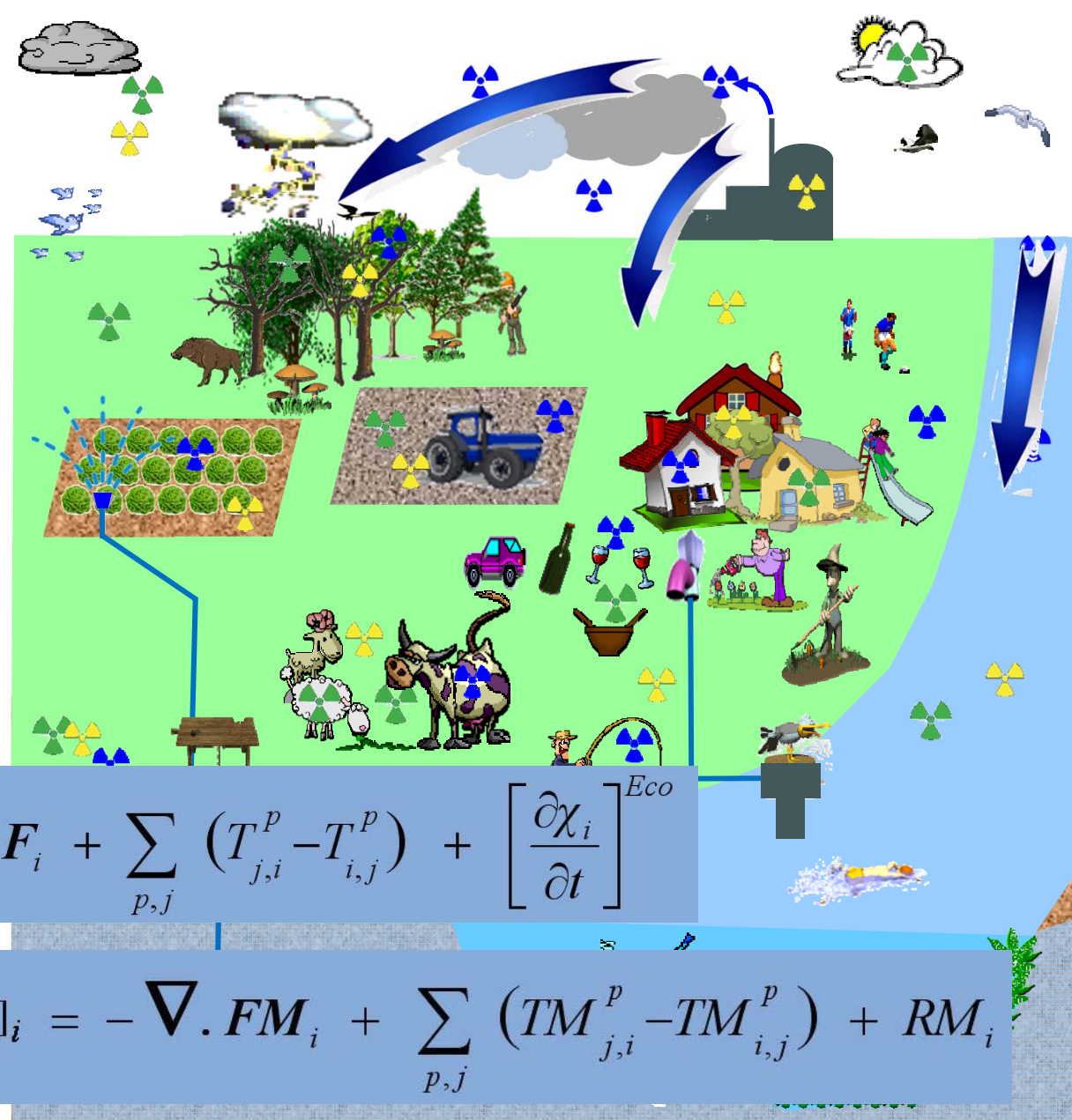
## La radioécologie

Radionucléides naturels  
Radionucléides artificiels

**Modélisation simple !!!**

Installation nucléaire  
Rejets atmosphériques et liquides  
Dispersion et dépôts  
sur sols nus, sur cultures, sédiments, MES ...  
Transfert, absorption, désorption  
Flore, faune

Expositions externes (nuage, dépôt, RS)  
Expositions internes (inhalation, ingestion)



$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i = -\nabla \cdot F_i + \sum_{p,j} (T_{j,i}^p - T_{i,j}^p) + \left[ \frac{\partial \chi_i}{\partial t} \right]^{Eco}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i [C]_i = -\nabla \cdot FM_i + \sum_{p,j} (TM_{j,i}^p - TM_{i,j}^p) + RM_i$$

MES : Matières en suspension  
RS : Remise en suspension

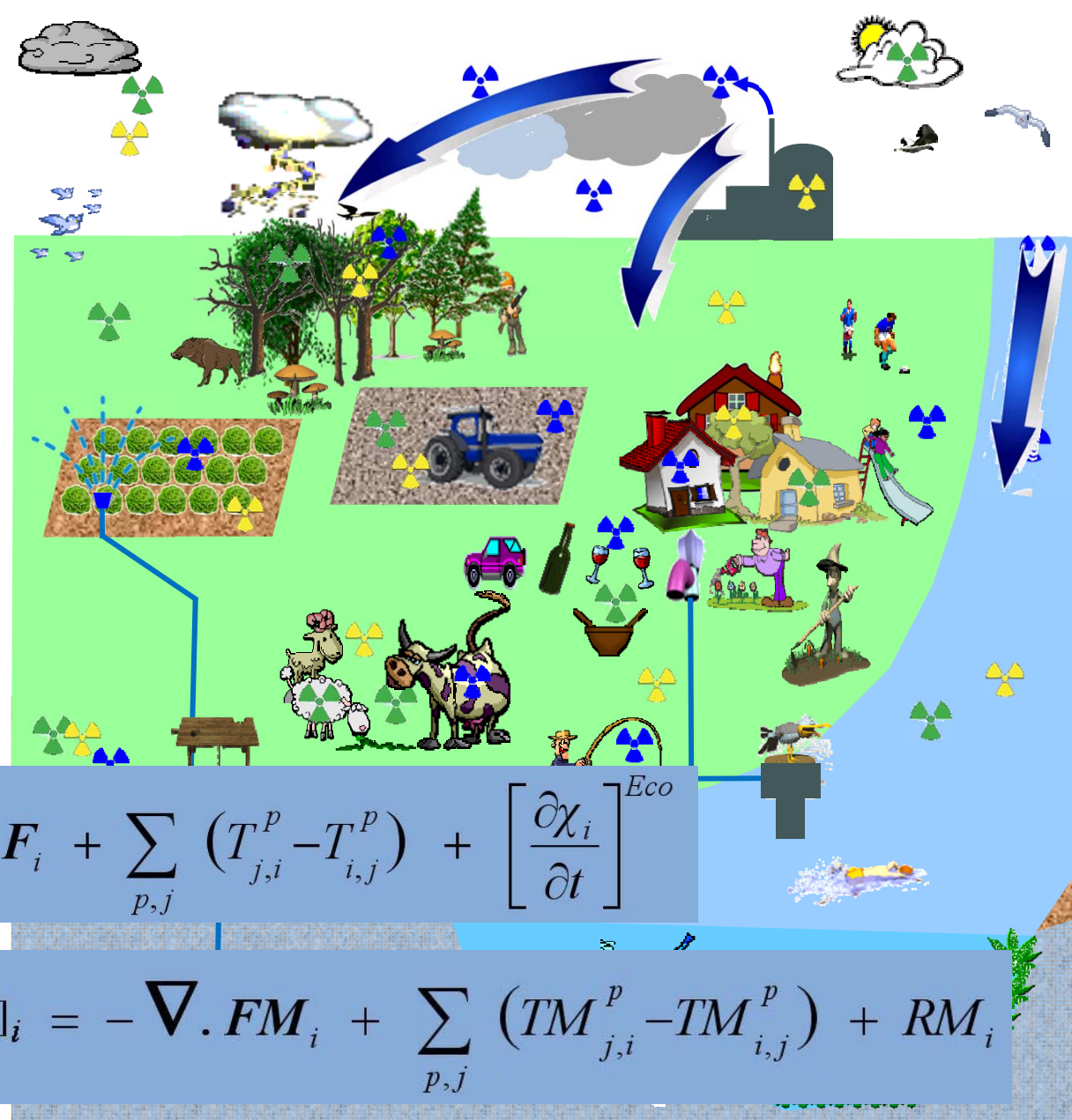
## La radioécologie

Radionucléides naturels  
Radionucléides artificiels

**Modélisation simple !!!**

Installation nucléaire  
Rejets atmosphériques et liquides  
Dispersion et dépôts  
sur sols nus, sur cultures, sédiments, MES ...  
Transfert, absorption, désorption  
Flore, faune

Expositions externes (nuage, dépôt, RS)  
Expositions internes (inhalation, ingestion)



$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i = -\nabla \cdot F_i + \sum_{p,j} (T_{j,i}^p - T_{i,j}^p) + \left[ \frac{\partial \chi_i}{\partial t} \right]^{Eco}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i [C]_i = -\nabla \cdot FM_i + \sum_{p,j} (TM_{j,i}^p - TM_{i,j}^p) + RM_i$$



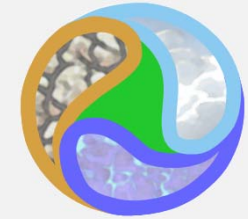
MES : Matière en suspension  
RS : Remise en suspension



## La radioécologie

### Un outil : SYMBIOSE

**Plate-forme de simulation du transfert de radionucléides dans les écosystèmes et calcul de l'impact dosimétrique à l'homme**



*Outil d'archivage des données environnementales génériques et site-spécifiques  
Plate-forme de développement de modules & simulateurs*

#### Domaine d'application

*Fonctionnement normal, incidentel ou accidentel d'installations nucléaires*

*Multi-rejets : atmosphérique, aquatique fluvial et marin*

*Multi-milieux : atmosphérique, fluvial, marin, agricole et anthropique, et interfaces*

*Multi-expositions : externe, inhalation et ingestion*

#### Simulations

*Spécifiques ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  et  $^{36}\text{Cl}$ )*

*Dynamiques (variabilité temporelle), spatialisées (variabilité spatiale)*

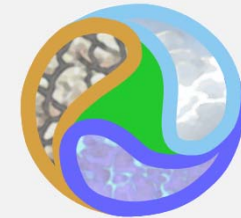
*Déterministes ou probabilistes*



## La radioécologie

### Un outil : SYMBIOSE

#### Données entrée et sortie



#### Données entrée :

- Rejets
- Météorologie, hydrographie
- Démographie
- Modes de vie, budget temps, loisirs ...
- Agriculture
- Paramètres radioécologiques

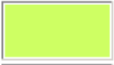


#### • Occupation du sol

#### Données sorties :

- Concentration (indice)
- Doses

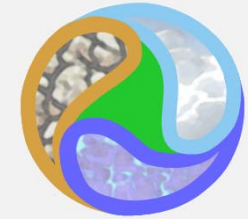
#### • Occupation du sol

$$\text{Concentration Index} = \frac{\text{Concentration}}{\text{MPL}}$$

Classes de l'indice de concentration	Couleur
Concentration inférieure à 30% de la limite de commercialisation	
Concentration supérieure à 3 fois la limite de commercialisation	
Concentration entre 30% et 3 fois la limite de commercialisation	

## La radioécologie

### Nos occupations du sol



**Simples !!!**

**Multi-sources : RGE® (IGN), RPG (ASP), OSO2 (THEIA), BD-OCSOL-PACA (CRIGE), Clc (EEA), OSM (Contributors)  
LandSat, Sentinel2, Pleiades**

**Multi-échelles : Construction de plus de 20 m<sup>2</sup>, Réseaux (RGE®)**

**Multi-millésimes**

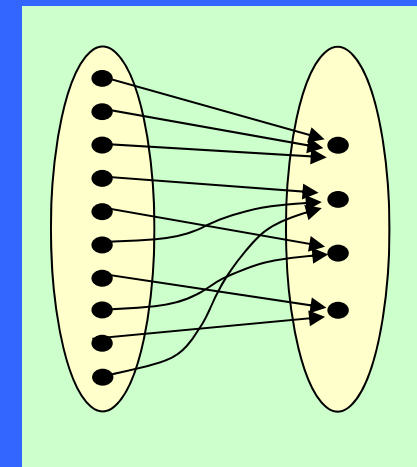
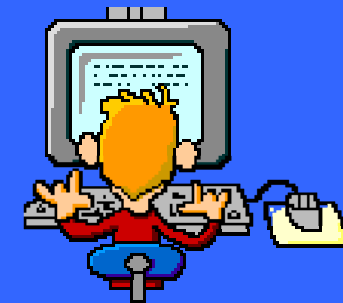
**(Multi-temporelles : saisons)**

**Intégrités topologique (FME) et sémantique (Géodabase ArcGIS)**

**Agrégation d'entités géographiques suivant le libellé**

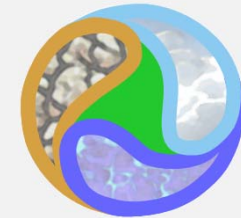
**Nomenclature simple mais évolutive (de 0 !, 4 pots puis une dizaine)**

**Entités géographiques découpées et regroupées**



## Nos occupations du sol

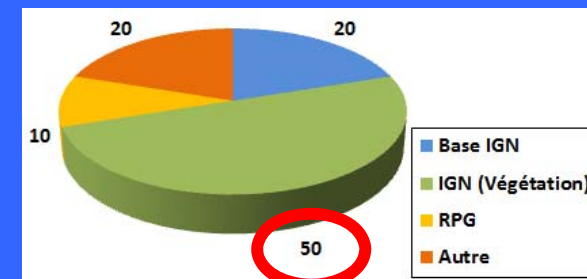
**Simple, automatique !!!**



<b>RGE® (IGN) : BD-TOPO®, BD-PARCELLAIRE®</b>	<b>38 jeux de données, plus de 1.000 postes</b>	<b>2015</b>
<b>RPG (ASP) et BD-PARCELLAIRE® (IGN)</b>	<b>29 postes</b>	<b>2012</b>
<b>OSO2 (THEIA)</b>	<b>26 postes</b>	<b>2017</b>
<b>BD-OCSOL-PACA (CRIGE)</b>	<b>45 postes</b>	<b>2014 (2016)</b>
<b>Clc (EEA)</b>	<b>44 postes</b>	<b>2006 (2010)</b>
<b>OSM (Contributors)</b>	<b>*</b>	<b>*</b>

*Sentinel, Pleiades, Spot ...*

*Model Builder ...*

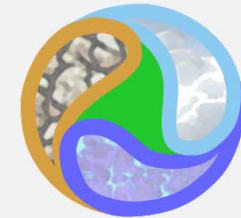




## Nos occupations du sol

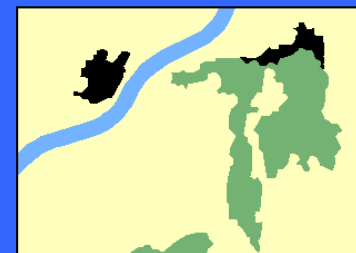
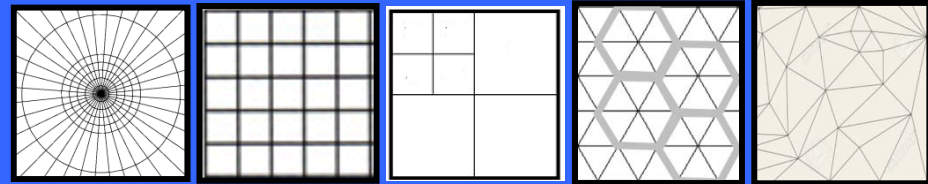
### Nomenclature simple (mais évolutive)

### Entités géographiques découpées et regroupées

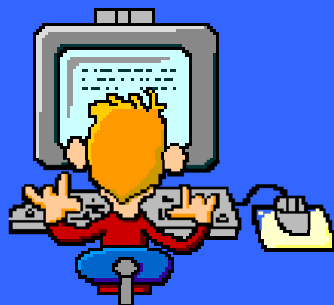


Niveau 1	Libellé 1	Niveau 2	Libellé 2	Niveau	Libellé
C1	Surface antropisée	C1	Surface antropisée	C101	Surface antropisée (Bâti) Tissu urbain continu
				C102	Tissu urbain discontinu
				C2	Tissu urbain (autre)
C3	Surface agricole	C3	Surface agricole	C3	Surface agricole
		C4	Rizière	C4	Rizière
		C5	Prairie	C5	Prairie
		C6	Verger (et oliveraie)	C6	Verger (et oliveraie)
		C7	Vigne	C7	Vigne
C6	Forêt	C8	Forêt	C801	Forêt à feuilles caduques
				C802	Forêt à feuilles persistantes
				C803	Forêt mélangée
C9	Surface en eau	C9	Surface en eau	C9	Cours d'eau
				C10	Plan d'eau
				C11	Océan, mer
				C12	Estuaire
		C99	Autre	C99	Autre

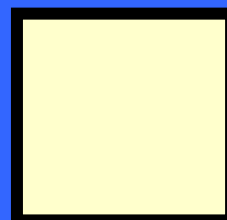
### Le maillage



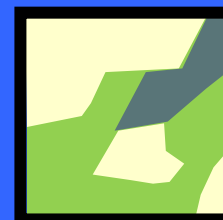
### Jointure spatiale



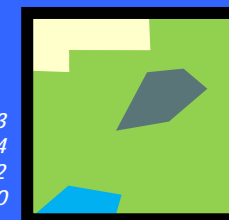
### Libellé des cellules



Surf. anth. 0  
Surf. agr. 1  
Forêt 0  
Eau 0



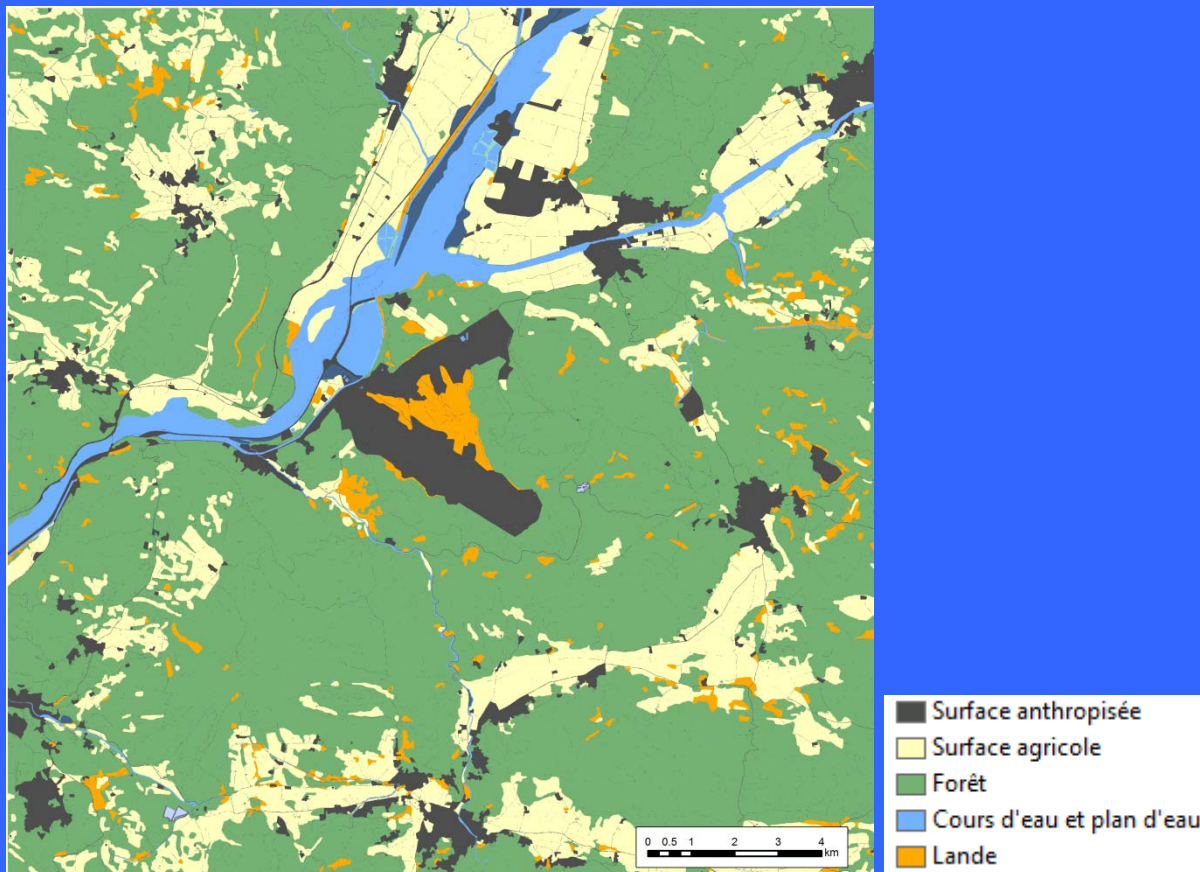
Surf. anthr. 0.3  
Surf. agr. 0.4  
Forêt 0.2  
Eau 0.0



Surf. anthr. 0.1  
Surf. agr. 0.2  
Forêt 0.6  
Eau 0.1

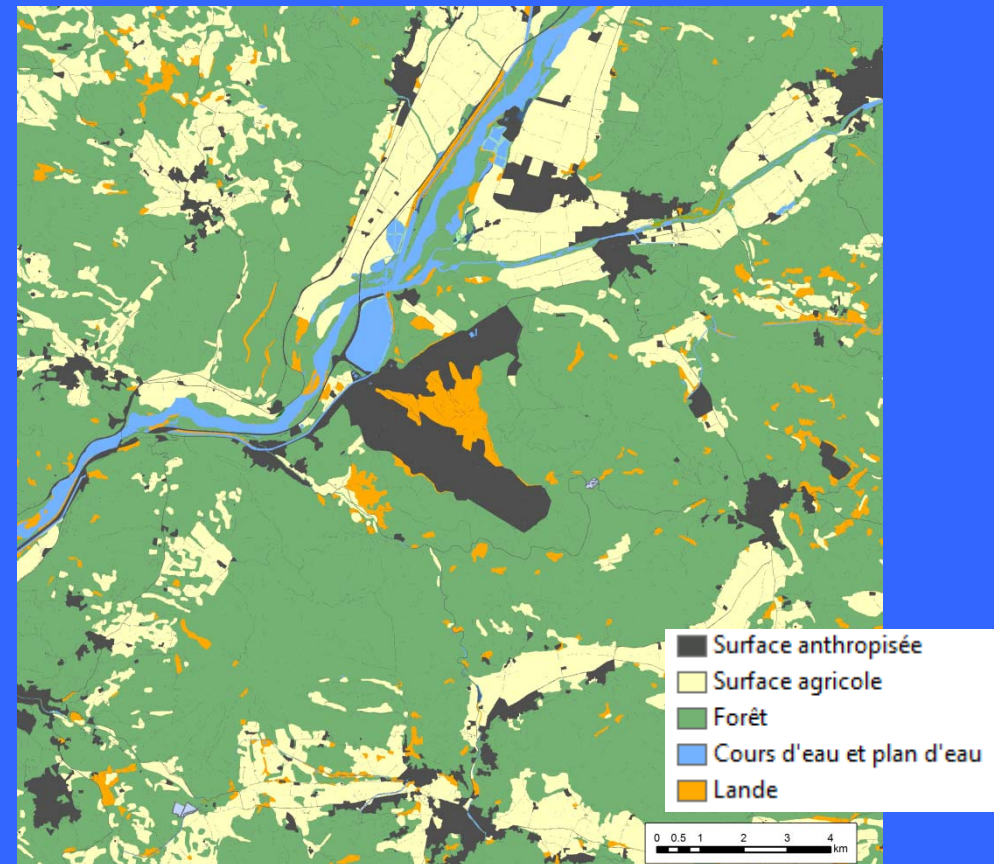
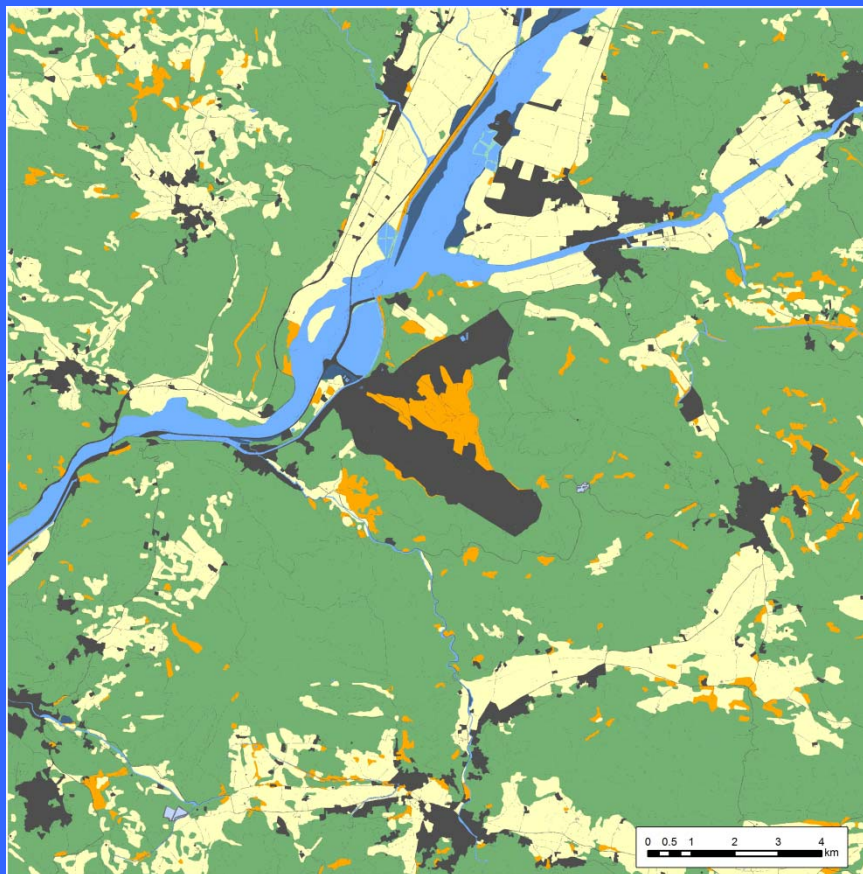
## Nos occupations du sol

### Centre de Cadarache



## Nos occupations du sol

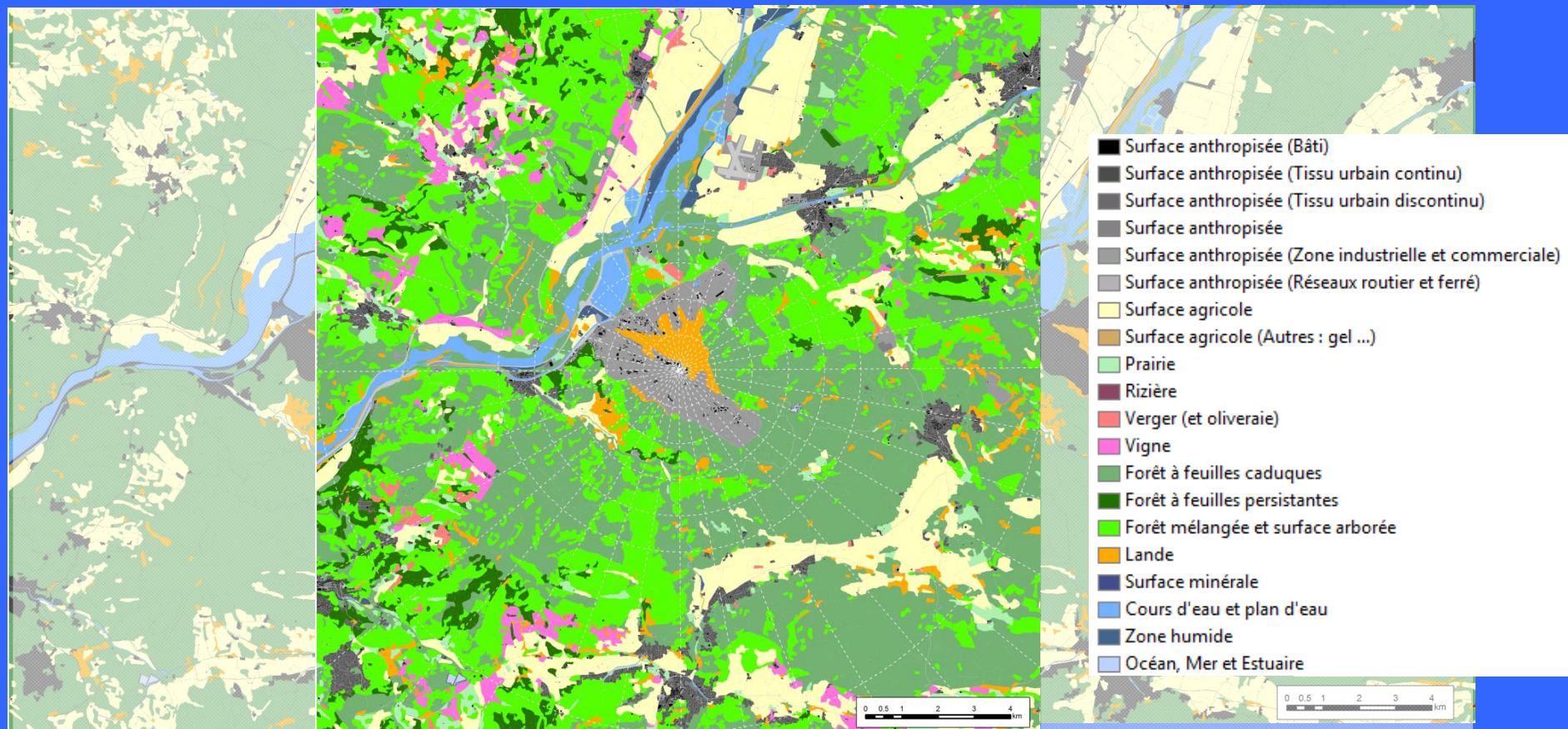
### Centre de Cadarache





## Nos occupations du sol

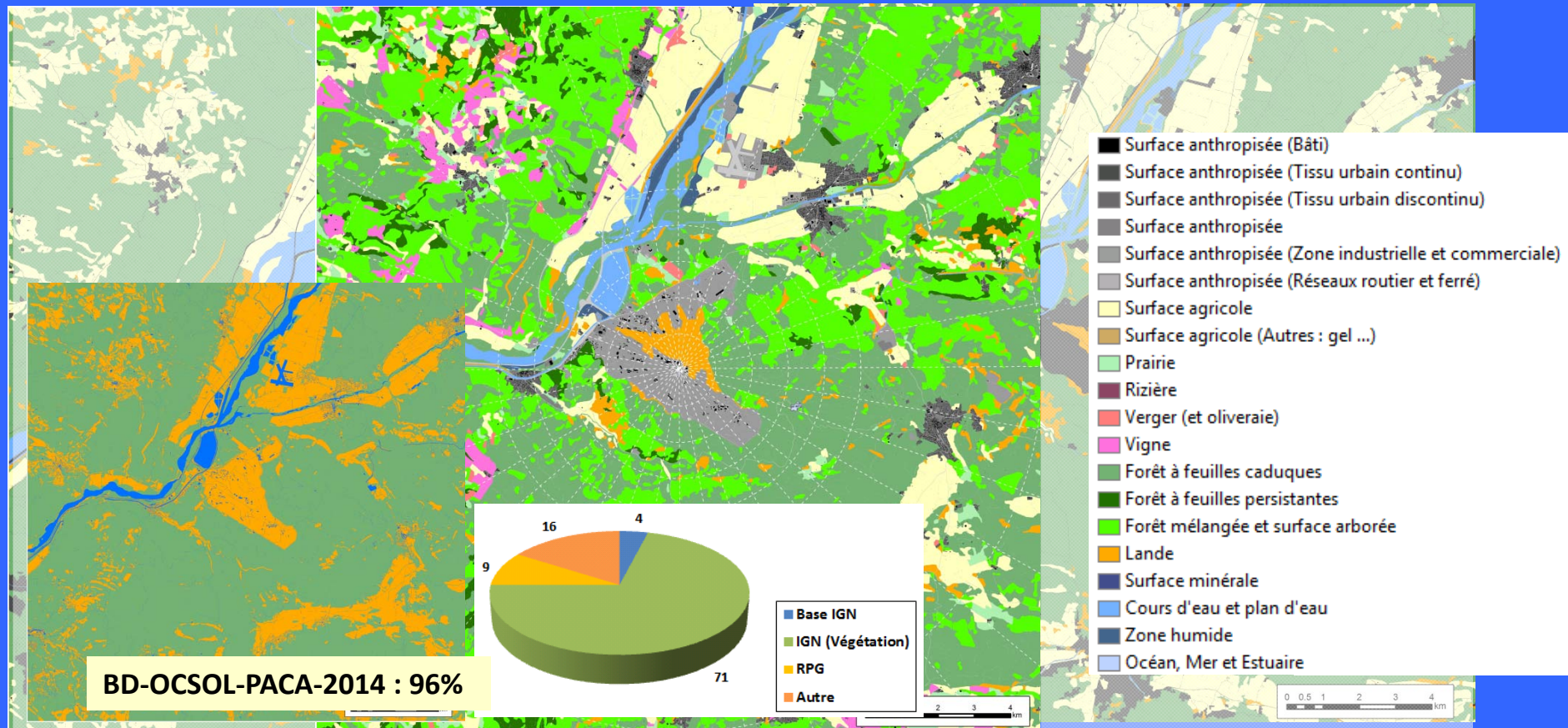
### Centre de Cadarache





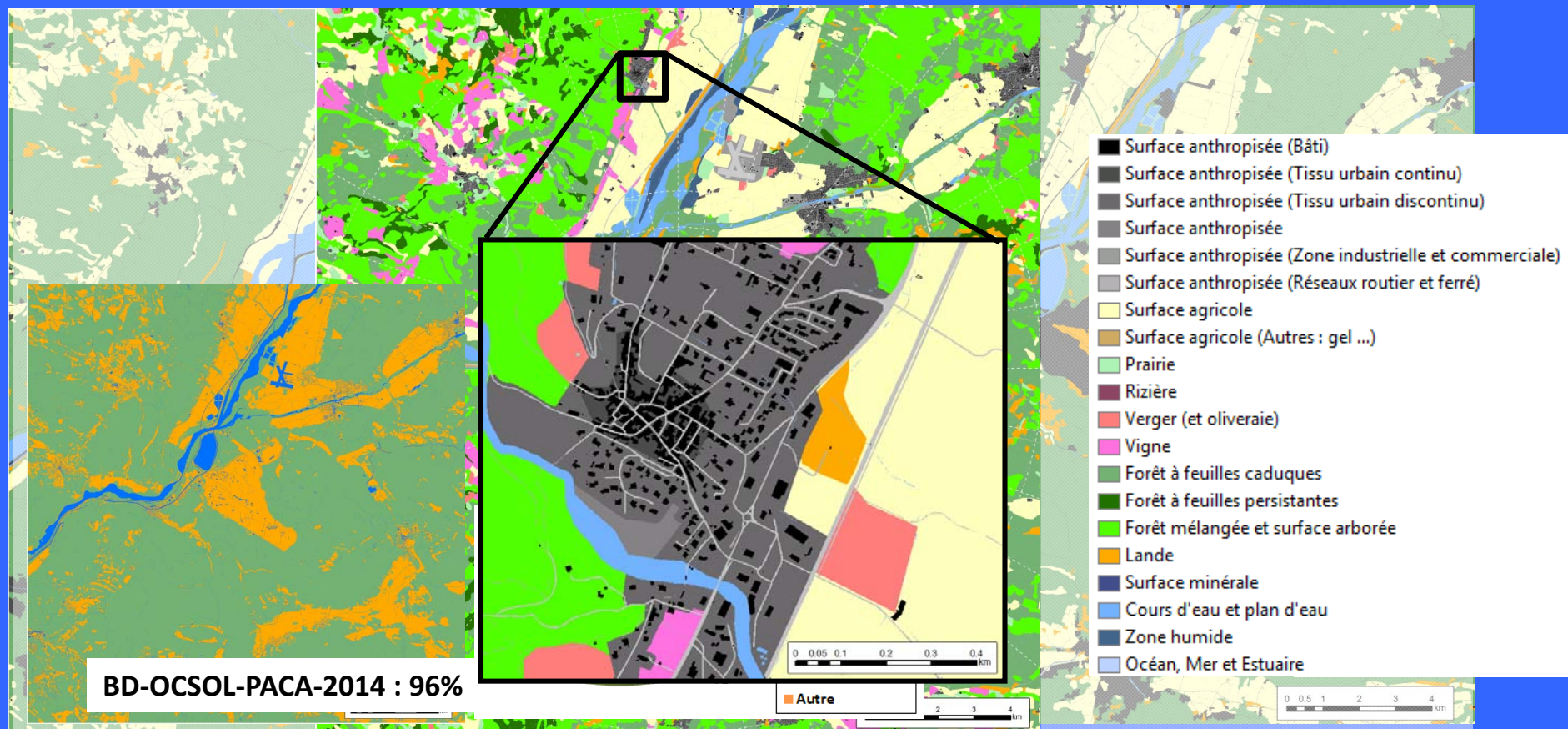
## Nos occupations du sol

### Centre de Cadarache



## Nos occupations du sol

### Centre de Cadarache

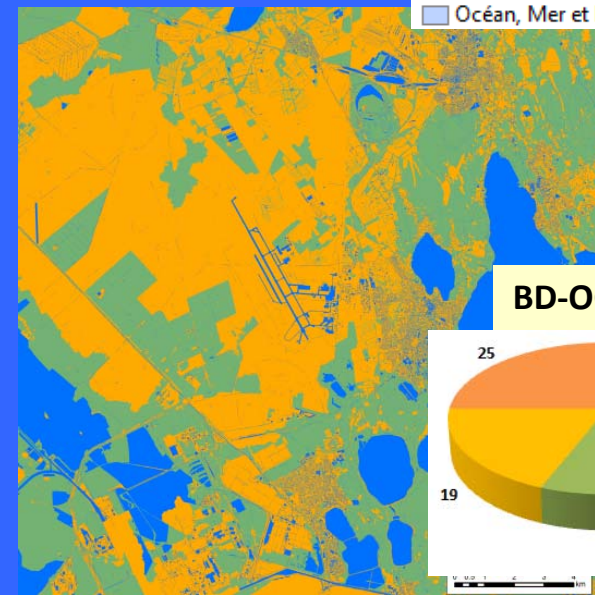
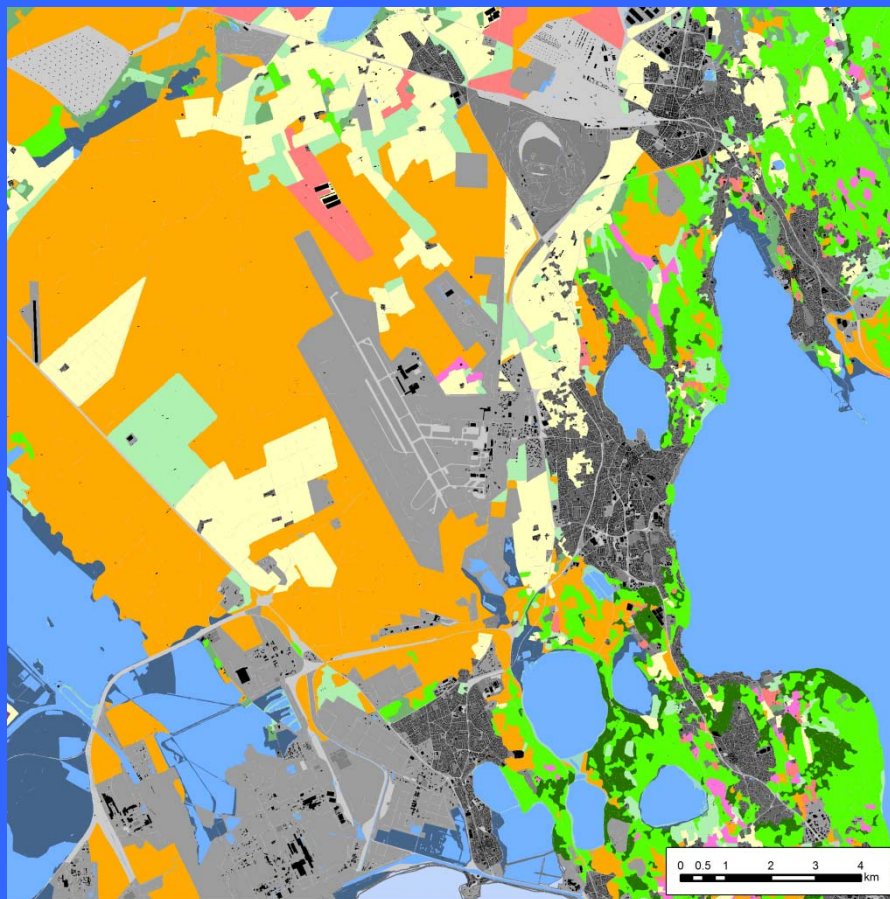




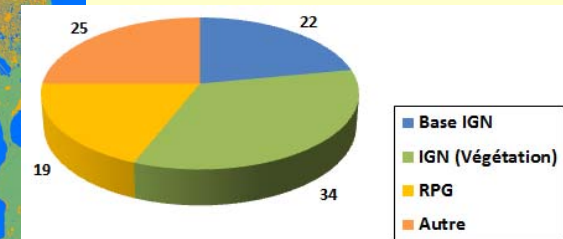
## Nos occupations du sol

### Base aérienne d'Istres

- Surface anthropisée (Bâti)
- Surface anthropisée (Tissu urbain continu)
- Surface anthropisée (Tissu urbain discontinu)
- Surface anthropisée
- Surface anthropisée (Zone industrielle et commerciale)
- Surface anthropisée (Réseaux routier et ferré)
- Surface agricole
- Surface agricole (Autres : gel ...)
- Prairie
- Rizière
- Verger (et oliveraie)
- Vigne
- Forêt à feuilles caduques
- Forêt à feuilles persistantes
- Forêt mélangée et surface arborée
- Lande
- Surface minérale
- Cours d'eau et plan d'eau
- Zone humide
- Océan, Mer et Estuaire



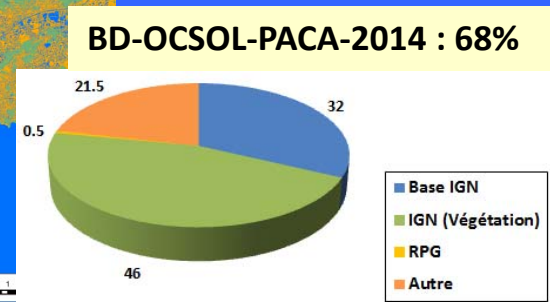
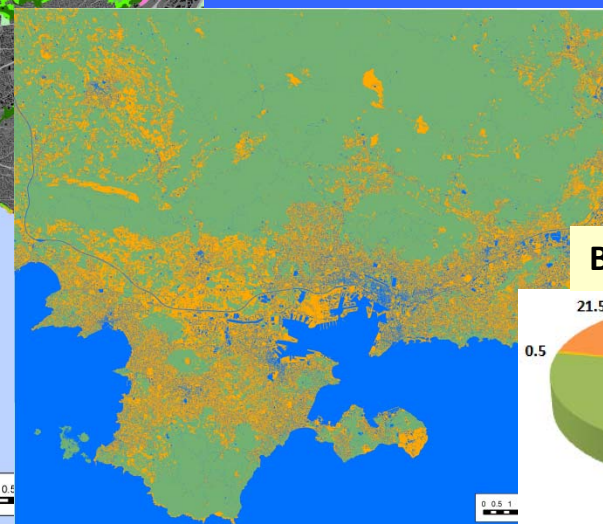
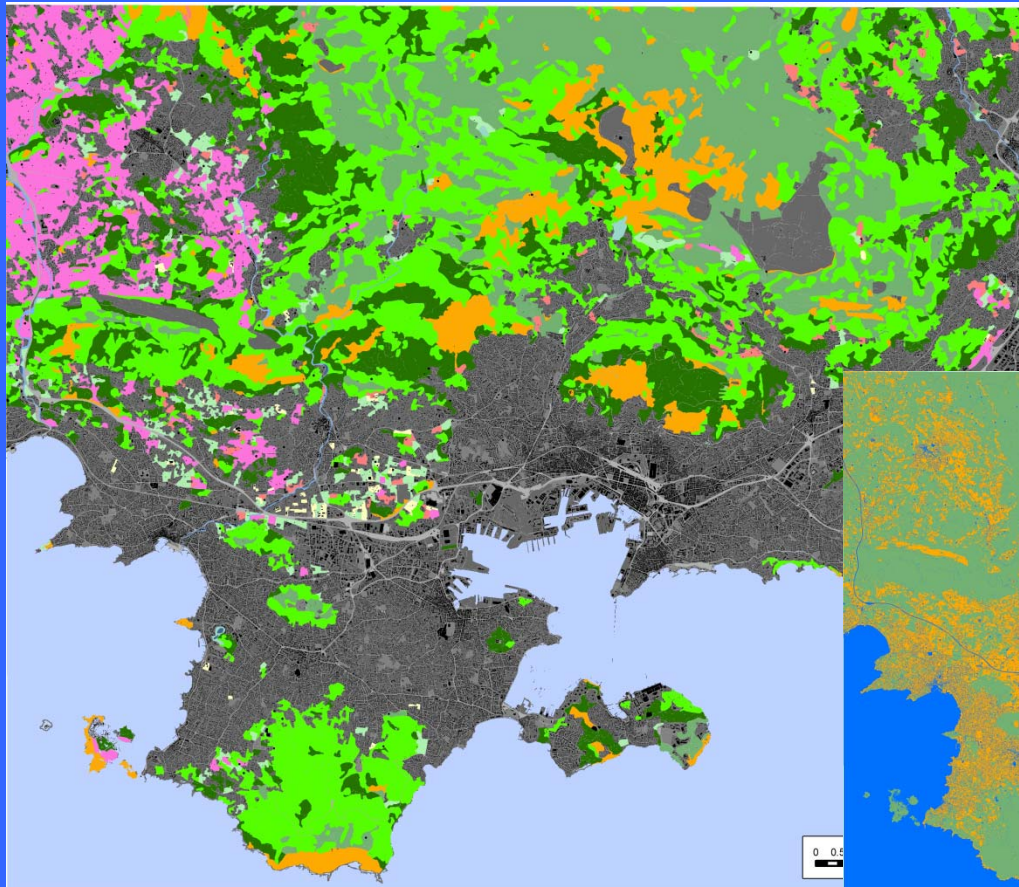
**BD-OCSOL-PACA-2014 : 78%**



## Nos occupations du sol

### Base Marine Toulon

- Surface anthropisée (Bâti)
- Surface anthropisée (Tissu urbain continu)
- Surface anthropisée (Tissu urbain discontinu)
- Surface anthropisée
- Surface anthropisée (Zone industrielle et commerciale)
- Surface anthropisée (Réseaux routier et ferré)
- Surface agricole
- Surface agricole (Autres : gel ...)
- Prairie
- Rizière
- Verger (et oliveraie)
- Vigne
- Forêt à feuilles caduques
- Forêt à feuilles persistantes
- Forêt mélangée et surface arborée
- Lande
- Surface minérale
- Cours d'eau et plan d'eau
- Zone humide
- Océan, Mer et Estuaire



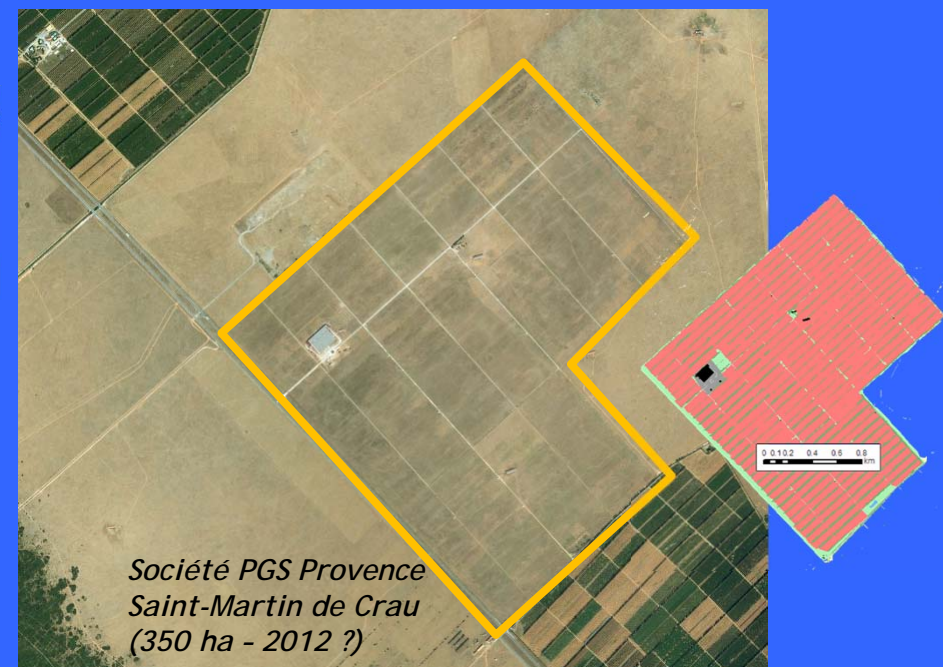


## Nos occupations du sol

**Pourquoi choisir BD-OCSOL-PACA (2014) à RGE® - BD TOPO® Végétation (2015 & 2017) ?**

**50% en surface, 45% de désaccord**

**Des manques pour le millésime ! ... 1% de superpositions et doublons !**





## Exemples d'utilisation

**CNPE Chinon-Avoine : Tester la faisabilité d'une étude d'impact**

***fonctionnement normal – Impact des rejets réels – 5 ans (2004 → 2008 – pas horaire )***

**Accident de Fukushima-Daiichi : Tester la faisabilité d'un calcul d'impact en situation de crise réelle**

***Accident - Impact denrées agricoles – 3 mois (du 11 mars au 11 juin 2011 – pas horaire)***



*Domaine spatial : 5 km pour l'environnement terrestre et 150 km de La Loire (en aval)*

*OCS :RPG, Clc*

*Cible : calcul de dose sur un individu adulte*

*Interactions spatiales complexes*

*Milieux : atmosphérique et agricole*

*Domaine spatial : 80 km pour l'environnement terrestre*

*OCS : Landsat*

*Cible : Calcul des activités dans les denrées agricoles*

*Interactions spatiales*



## Chinon

### Rejets liquides

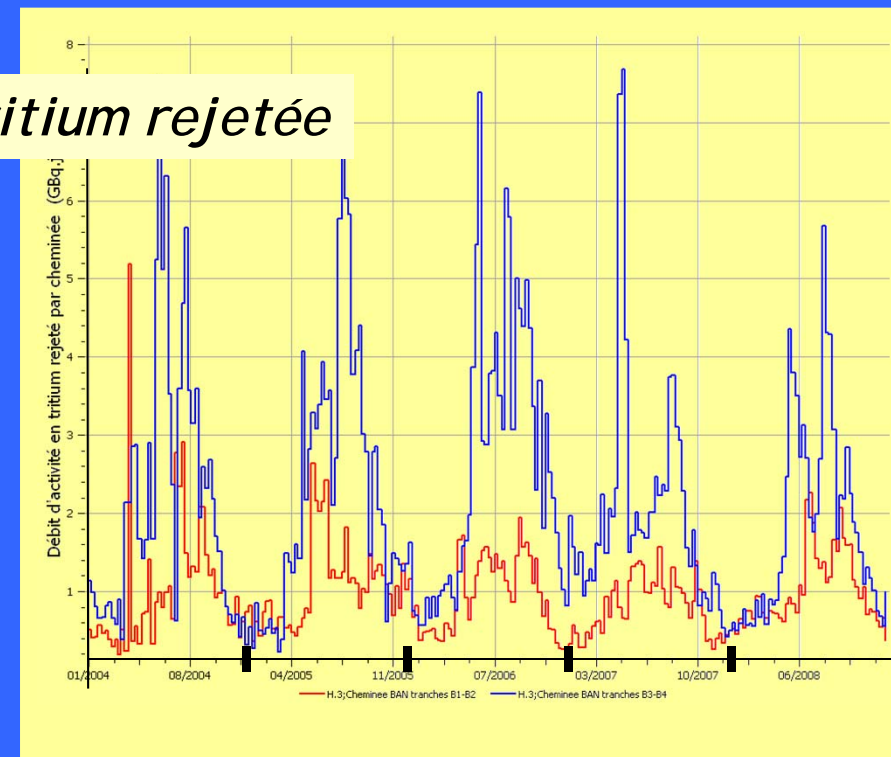
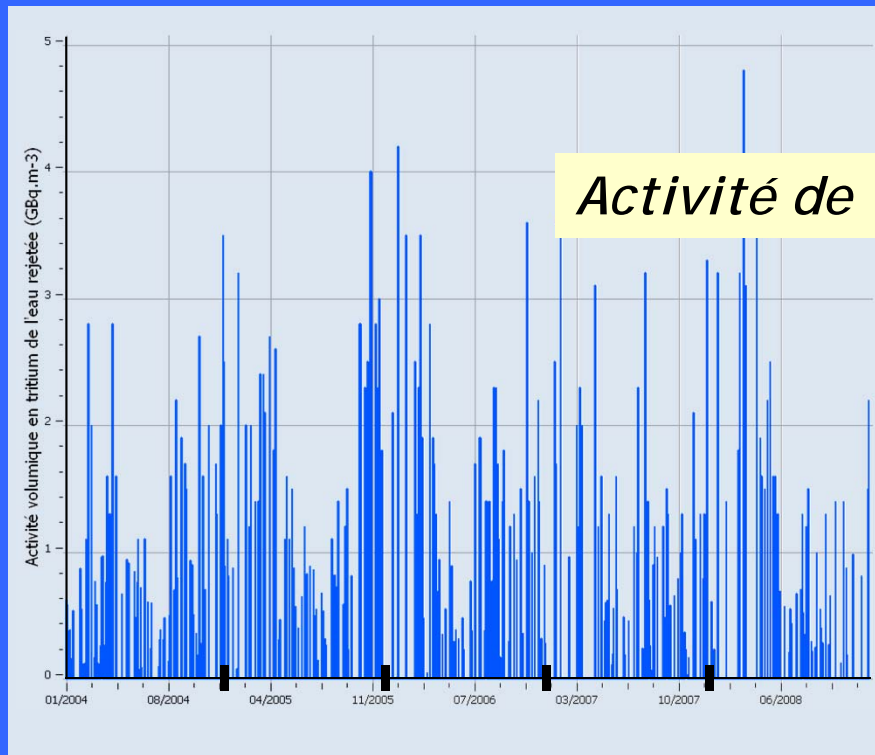
Spectre (14 Rn):  $^{110m}\text{Ag}$ ,  $^{14}\text{C min.}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{123m}\text{Te}$

334 rejets durant de 2h à 60h

### Rejets atmosphériques, par 2 cheminées

Spectre (16 Rn):  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{14}\text{C m.}$ ,  $^{14}\text{C o.}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{85m}\text{Kr}$ ,  $^{88}\text{Kr}$ ,  $^{131m}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{Xe}$

Echantillonnage hebdomadaire



# Chinon

## Données Météo

Vitesse du vent, Direction du vent et Pluviométrie (CNPE), Nébulosité (Tours)

## Données Hydro.

Débits, MES, Températures (Agence de l'Environnement)

## Données MNT

Bd-Alt<sup>®</sup> (IGN) : Réseau hydro., Bassin versant (Ø)

## Données Agricoles

Type de sol, Pratique culturale, Labour

Végétaux & Animaux

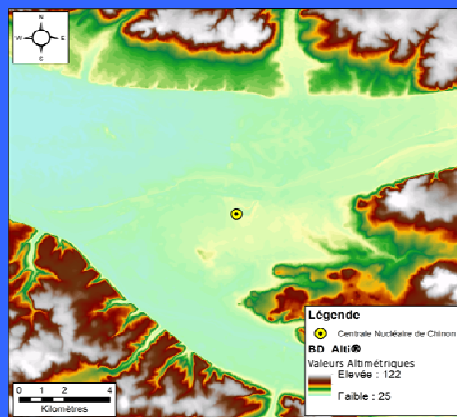
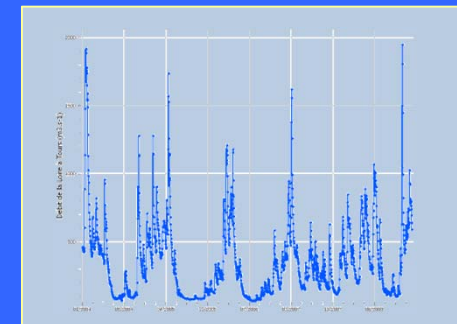
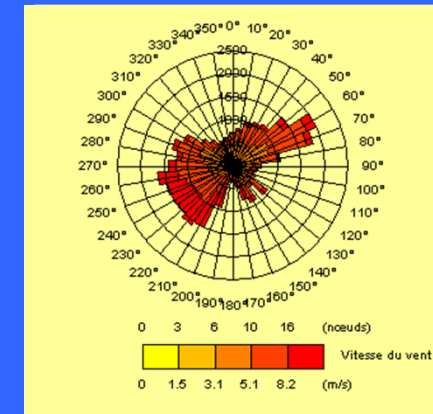
Calendriers (Végétaux : semis, récolte ; Affouragement : Ø ; Stabulation)

Irrigation, abreuvement (Loire)

## Données Humaines

Ration alimentaire (Autoconsommation: Enquête locale de consommation)

Modes de vie, Budget temps, Loisirs





# Chinon

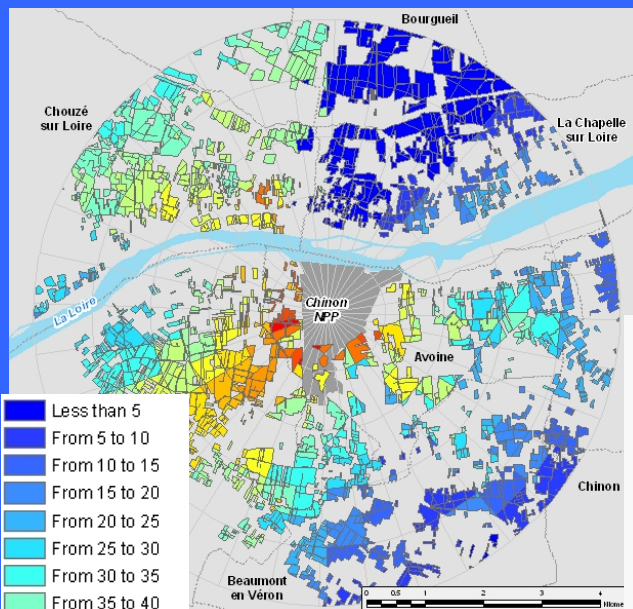
## Contamination en <sup>60</sup>Co dans les céréales d'hiver (01/12/2005)

Surfaces agricoles (RPG)

Hors prairie, verger et vigne



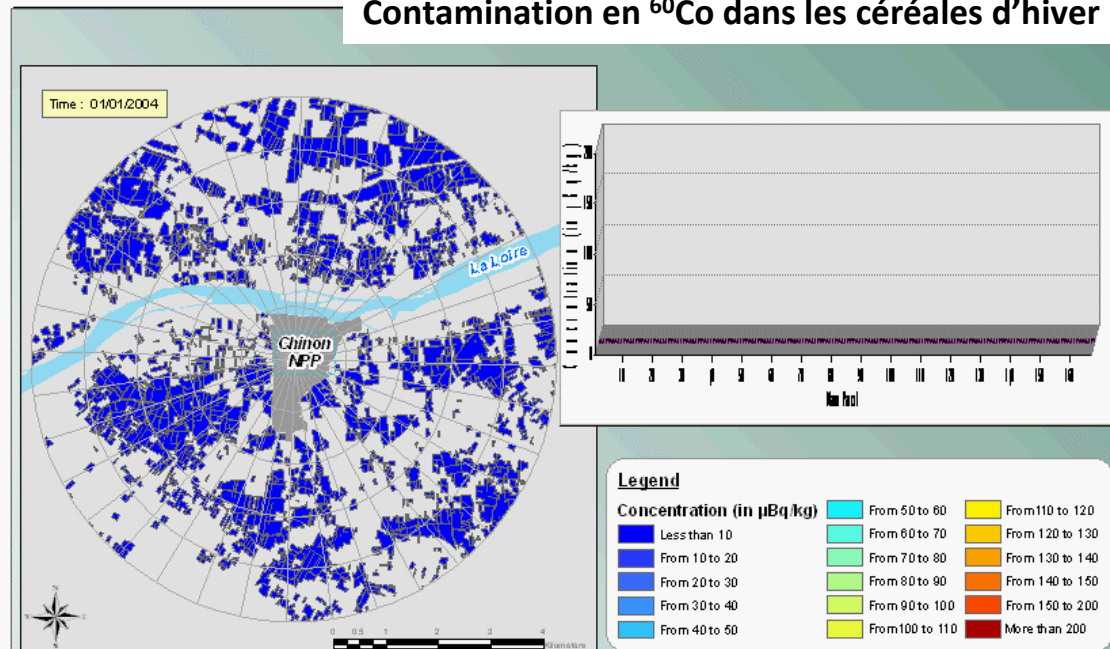
**Animation**



- Less than 5
- From 5 to 10
- From 10 to 15
- From 15 to 20
- From 20 to 25
- From 25 to 30
- From 30 to 35
- From 35 to 40
- From 40 to 45
- From 45 to 50
- From 50 to 60
- From 60 to 70
- From 70 to 80
- From 80 to 90
- From 90 to 100
- From 100 to 125
- From 125 to 150
- More than 150

en  $\mu\text{Bq/kg}$

## Contamination en <sup>60</sup>Co dans les céréales d'hiver



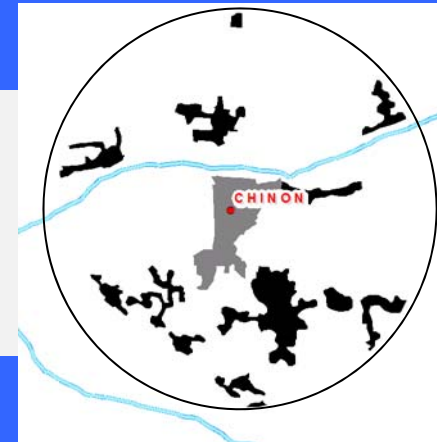
**Legend**

- Concentration (in  $\mu\text{Bq/kg}$ )
- Less than 10
  - From 10 to 20
  - From 20 to 30
  - From 30 to 40
  - From 40 to 50
  - From 50 to 60
  - From 60 to 70
  - From 70 to 80
  - From 80 to 90
  - From 90 to 100
  - From 100 to 110
  - From 110 to 120
  - From 120 to 130
  - From 130 to 140
  - From 140 to 150
  - From 150 to 200
  - More than 200

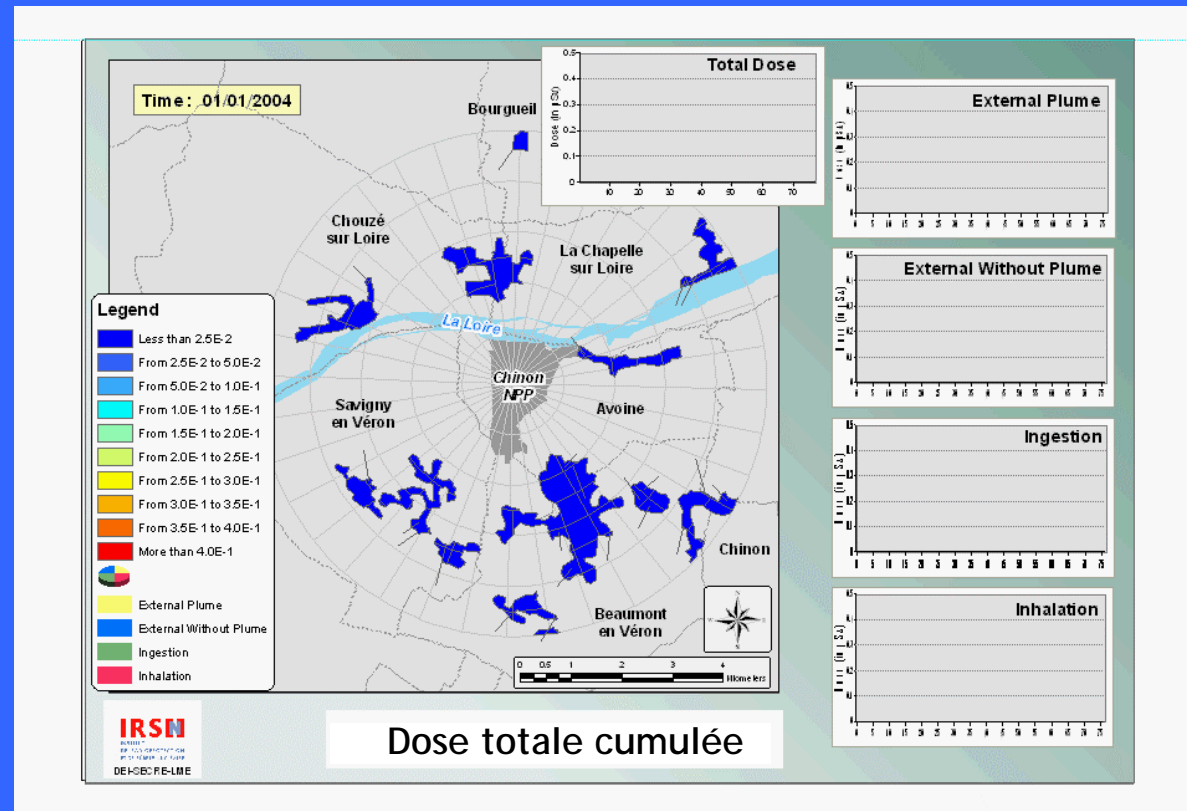
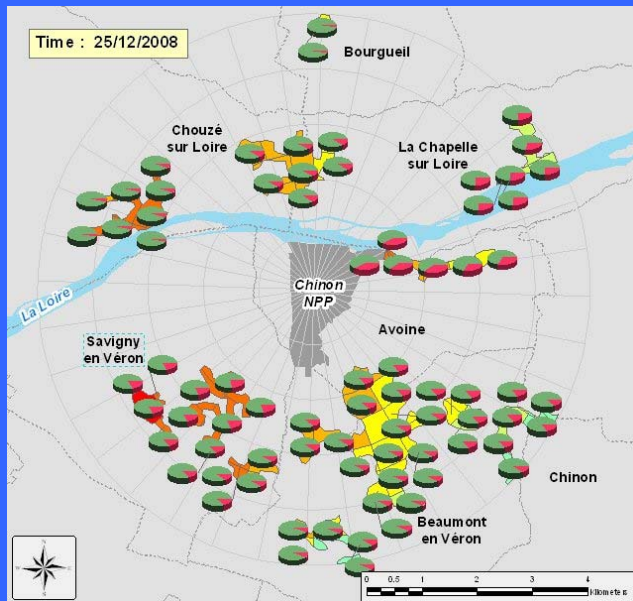
# Chinon

*Dose totale cumulée sur 5 ans*

*Surfaces anthropisées habitées (Clc)*



**Animation**



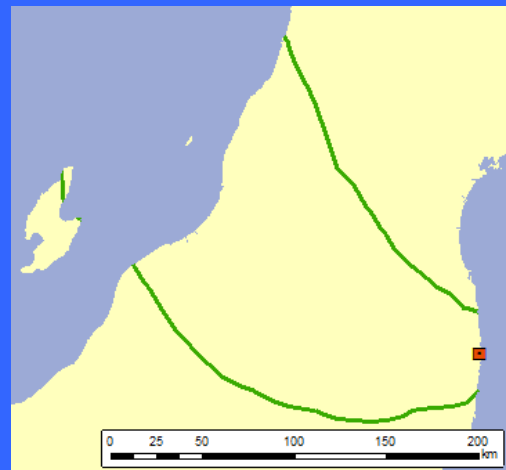
## Fukushima Daiichi

### Un bref regard critique

### Produit selon l'occupation du sol



*NMA Niveaux Maximaux Admissibles  
Légumes feuilles*



*... et plus !*



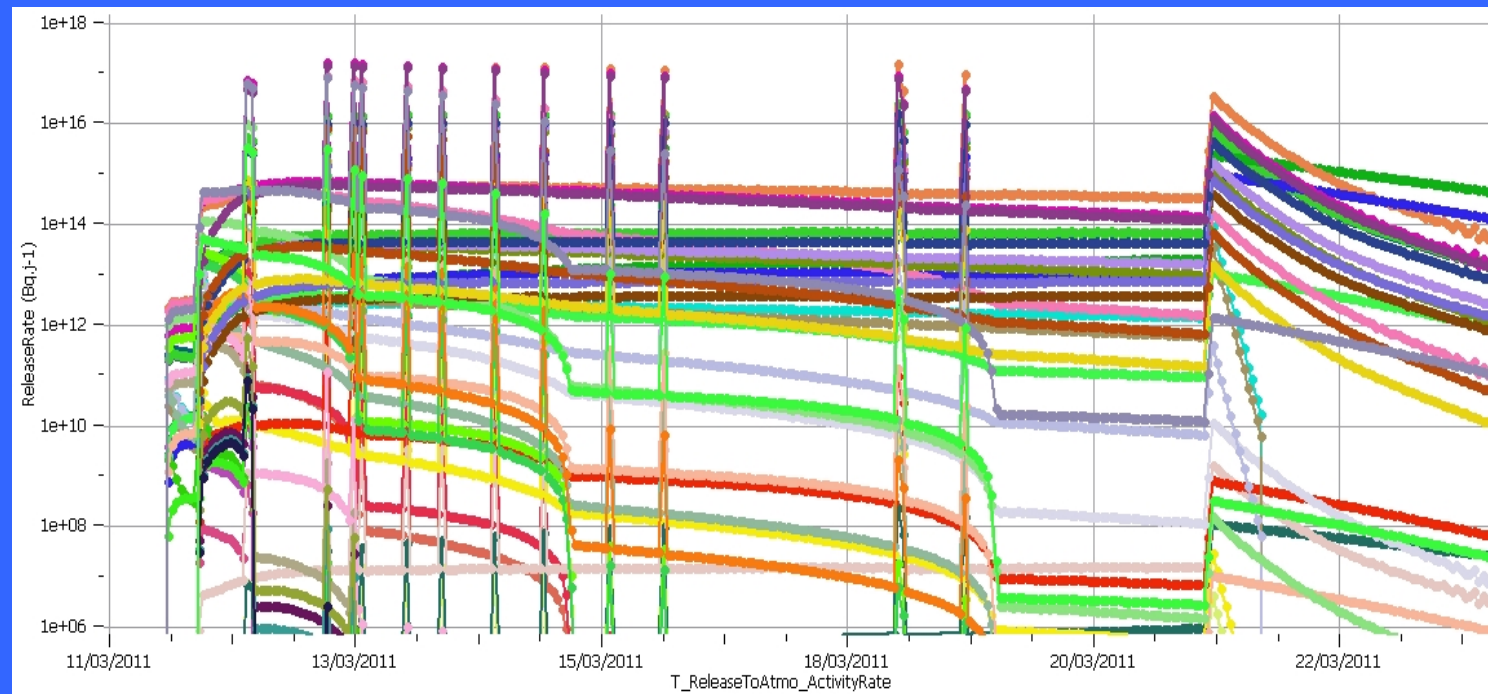
## Fukushima Daiichi

### Le terme source (IRSN-CTC)

Un émissaire (barycentre des réacteurs 1 à 4)

Spectre de 47 Radionucléides (+ 9 descendants par filiation)

Chronique : échantillonnage horaire



## Fukushima Daiichi

### Données Météo

Vitesse du vent, Direction du vent et Pluviométrie (IRSN-CTC)

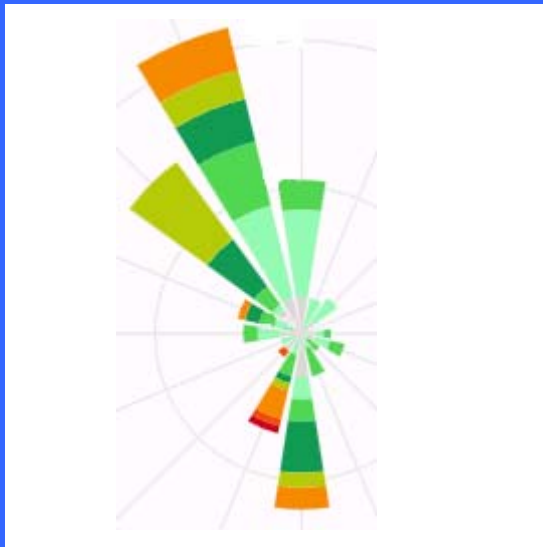
### Données Hydro. ∅

### Données MNT (1m, SRTM)

### Données Agricoles ∅

Production continue de Légumes Feuilles

### Données Humaines ∅



# Fukushima Daiichi

## Occupation du sol : Traitement d'une image satellite

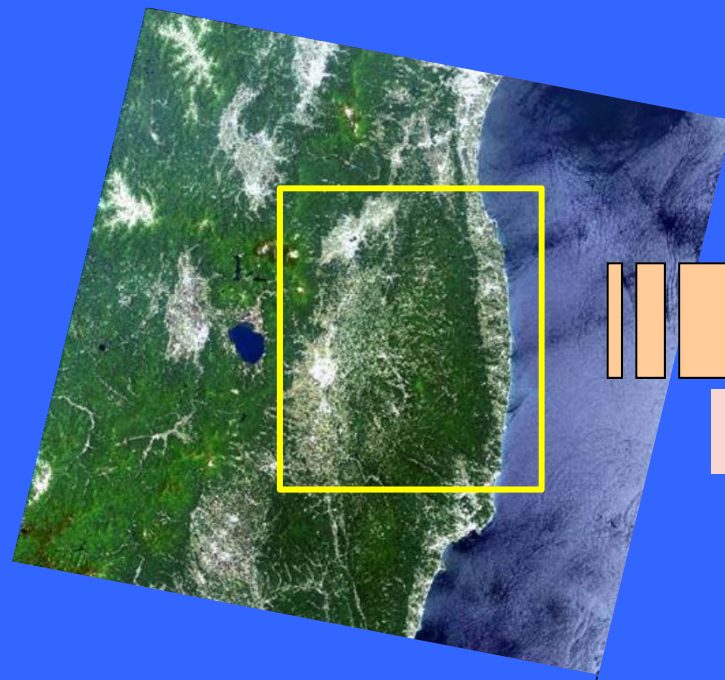
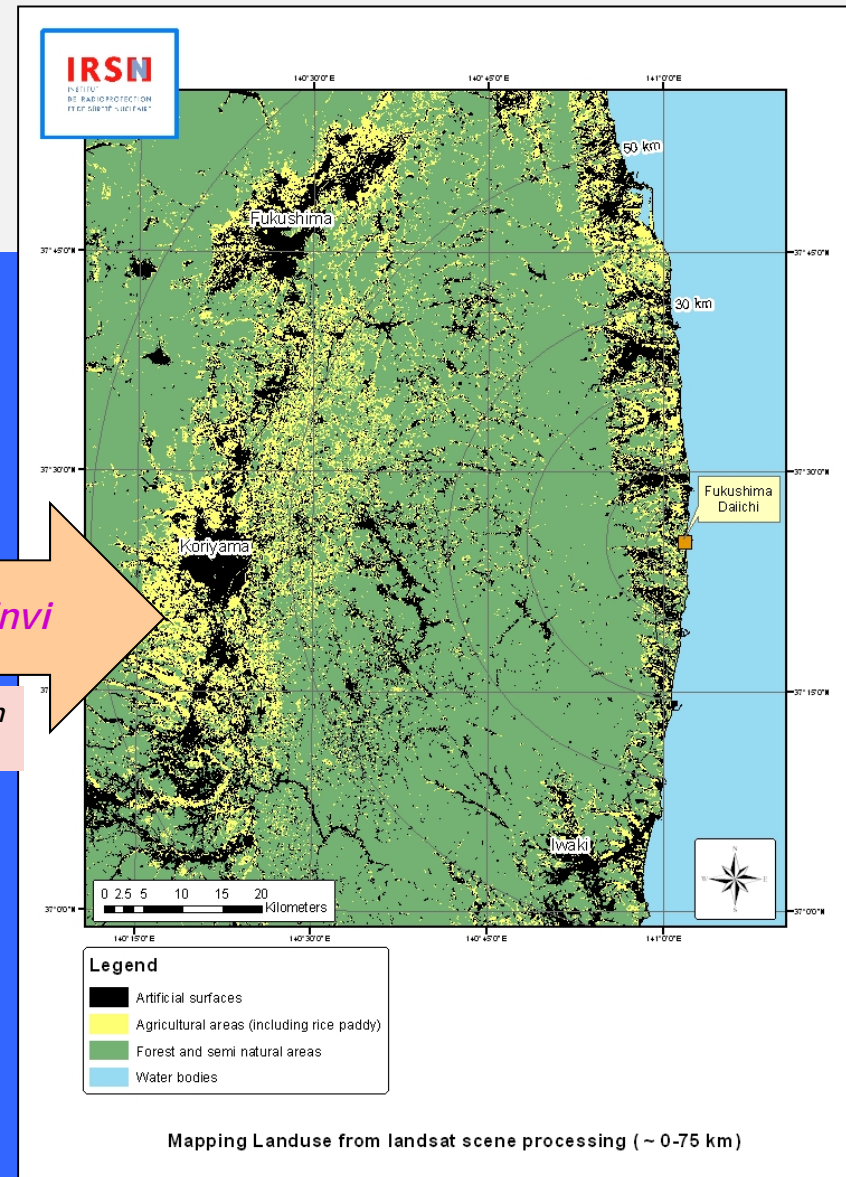


Image Landsat

Logiciel Envi

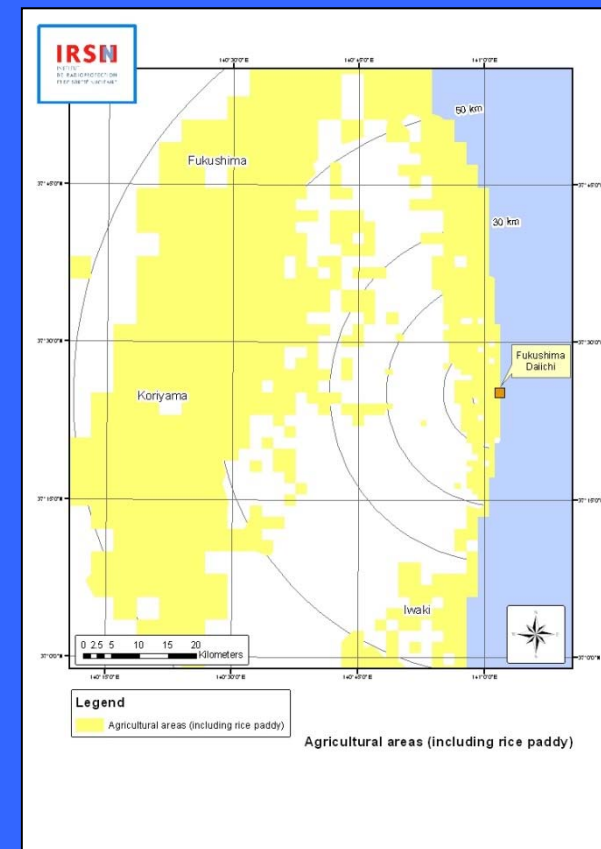
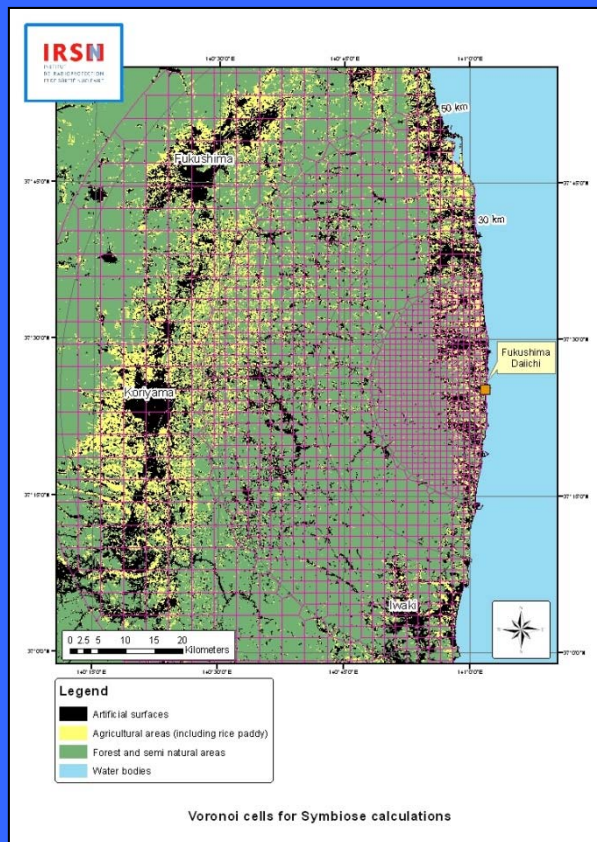
Classification supervisée





# Fukushima Daiichi

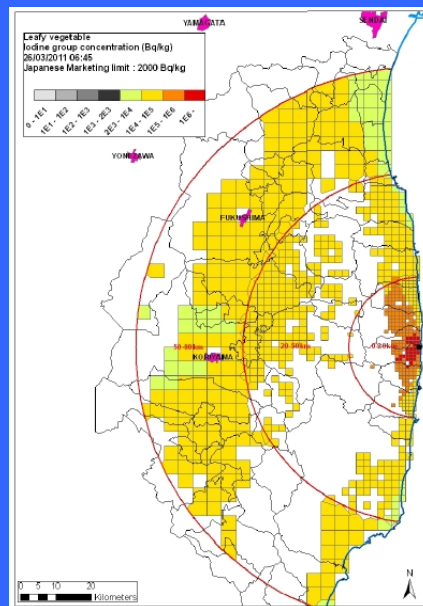
Surface dédiée aux cultures et/ou élevages animaux (Seuil  $\geq 10\%$ ) → 830 mailles agricoles



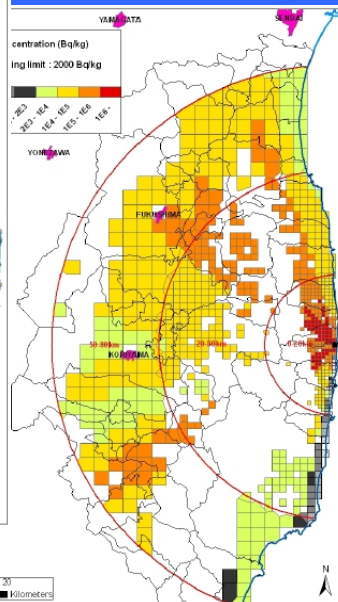
# Fukushima Daiichi

## Légumes Feuilles - Groupe Iodes

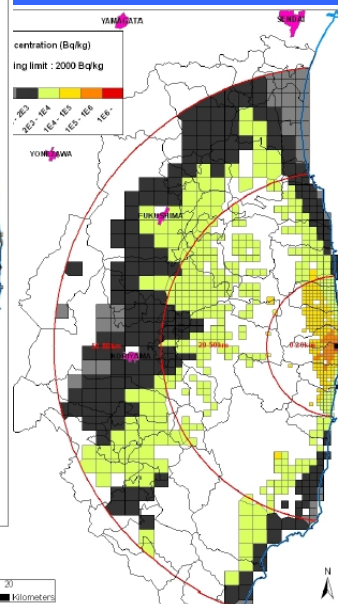
**Animation**



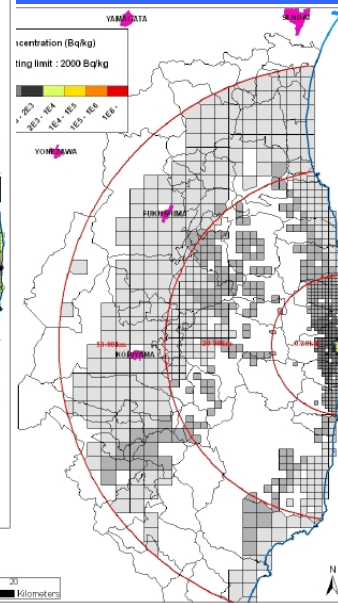
16 mars



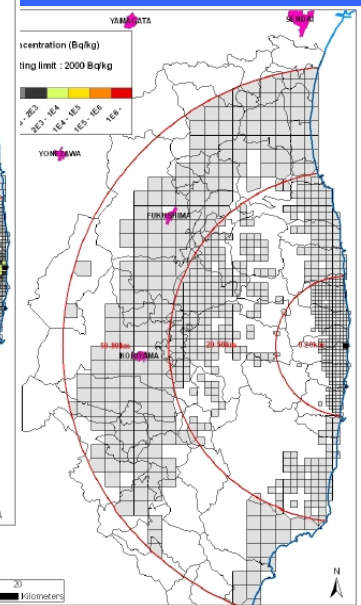
26 mars



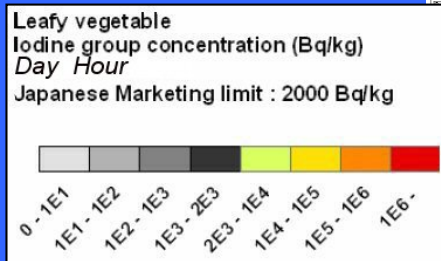
06 avril



06 mai

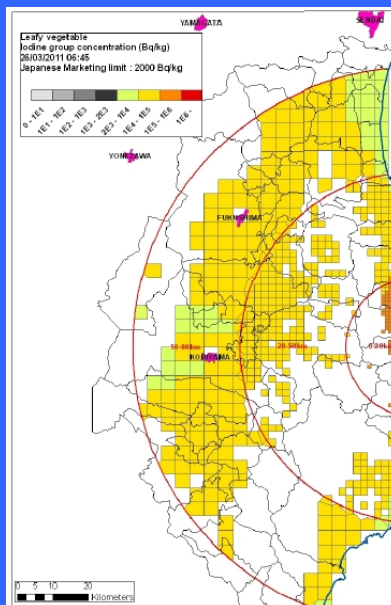


06 juin



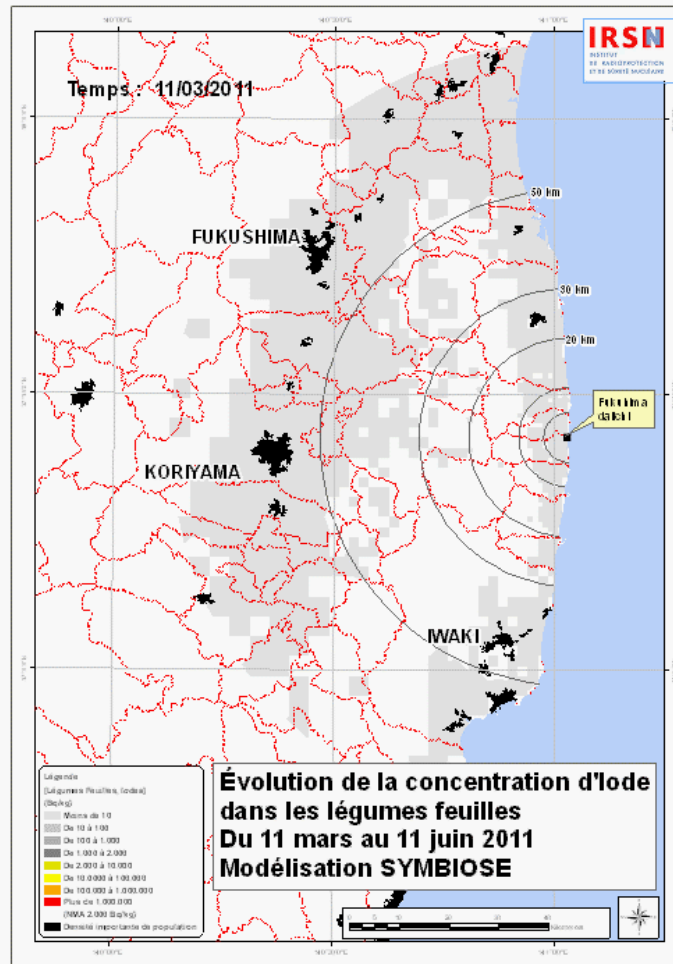
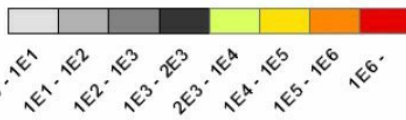
# Fukushima Daiichi

## Légumes Feuilles - Groupe Iodes

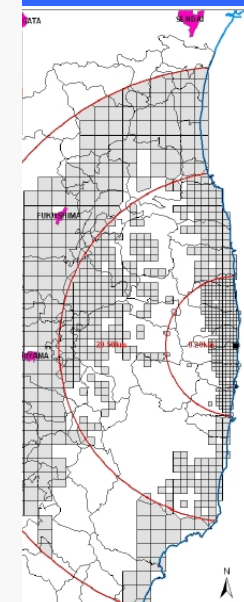


16 mars

Leafy vegetable  
Iodine group concentration (Bq/kg)  
Day Hour  
Japanese Marketing limit : 2000 Bq/kg



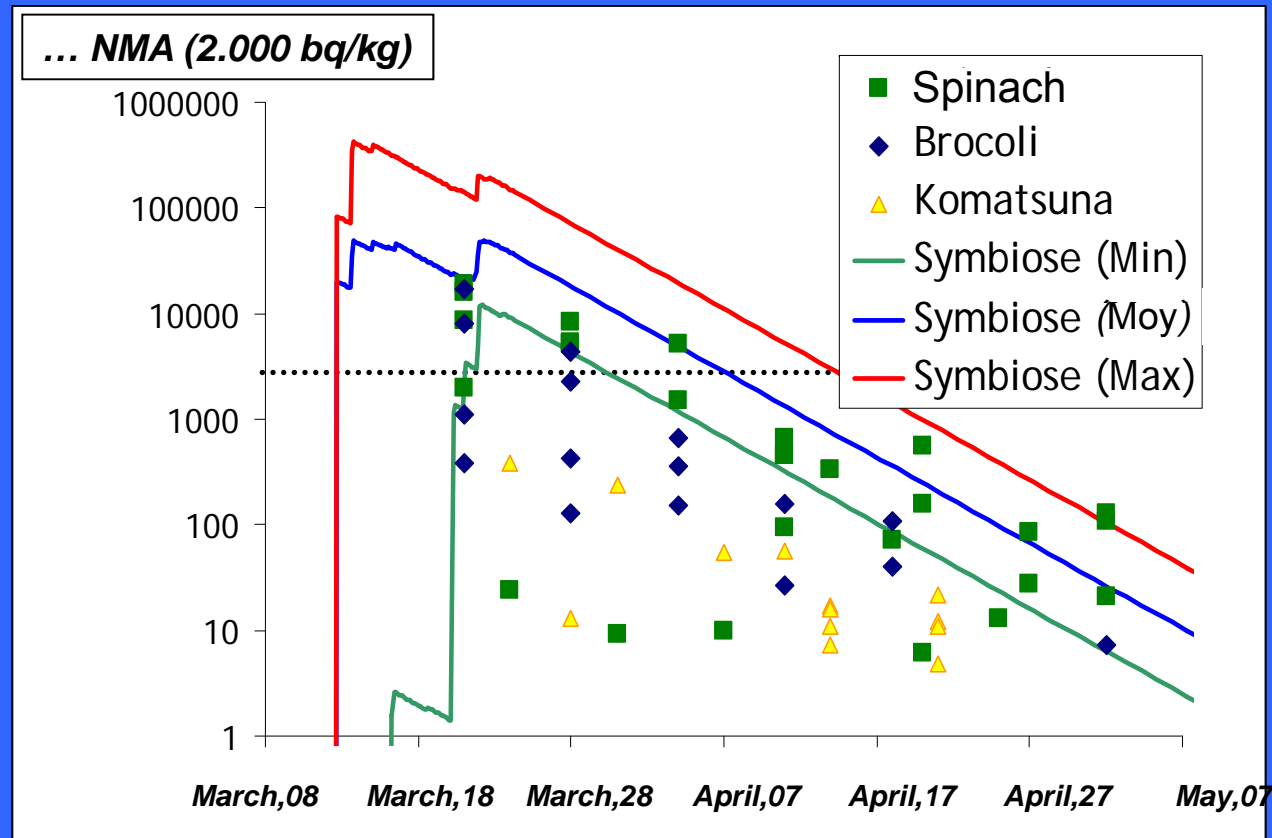
Animation





# Fukushima Daiichi

## Légumes Feuilles - Groupe Iodes



## Conclusion

*OCS sur étagère (en France)*

*multi-\*, nomenclature simple, entités topologiques*

*Supports spatiaux : Point de départ de nos calculs et support aux résultats*

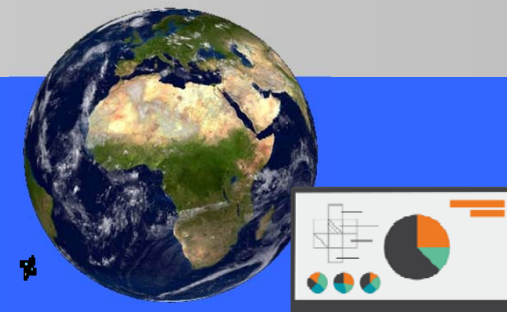
*In fine, document d'aide à la décision (Limite de commercialisation, Dose ...)*



## Perspectives

*Surface de maraîchage*

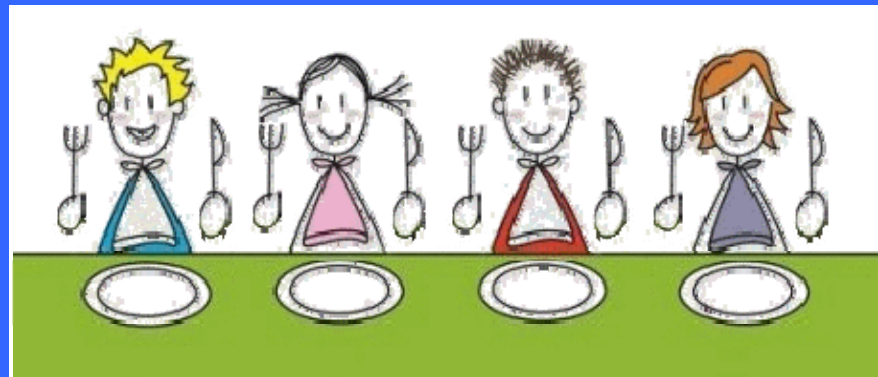
*Télédétection (récent, saison ... phénologie, biomasse)*







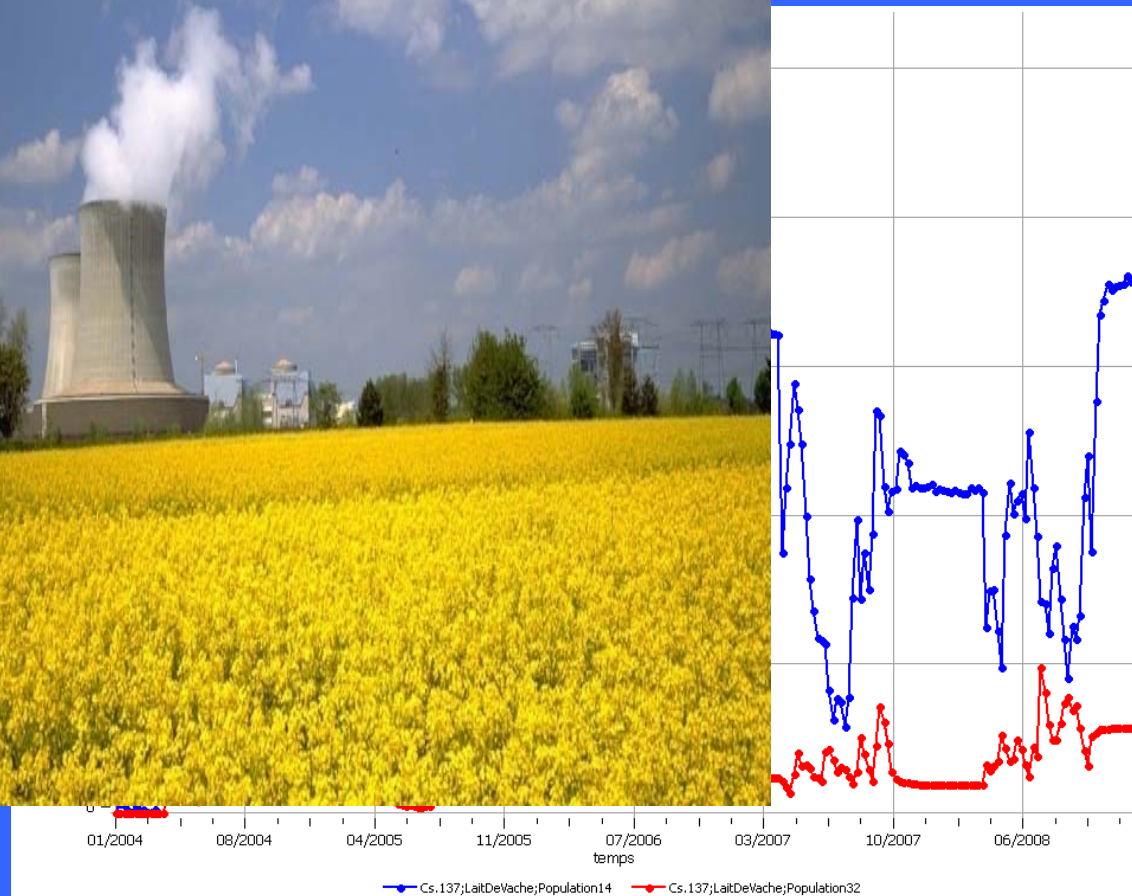
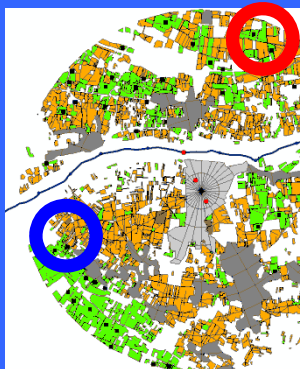
# BON APPÉTIT !





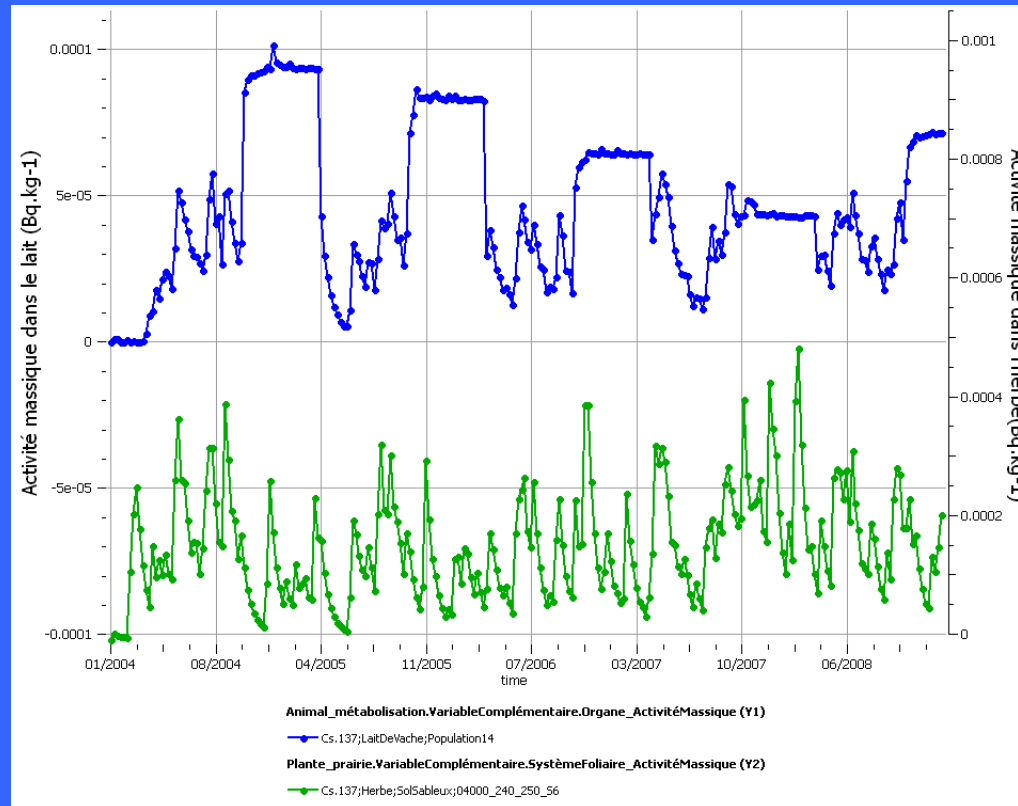
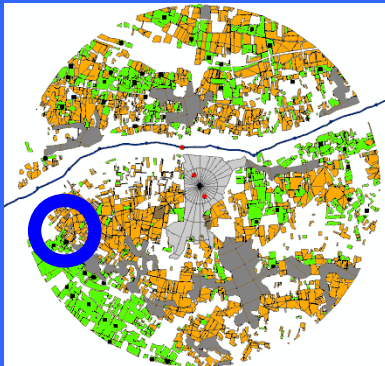
# Chinon

## ■ Contamination en $^{137}\text{Cs}$ du lait de vache, dans deux fermes





## Contamination en $^{137}\text{Cs}$ de la prairie et du lait de vache

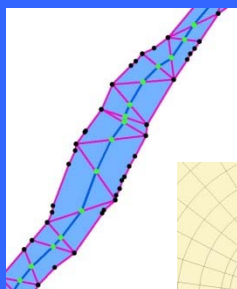


# Les données géographiques en amont et en aval de notre métier

En amont, pour identifier et caractériser un territoire

- DCW - Landsat déclassé
- CLC2000Europe (5, 15, 44 postes de niveau 1,2,3)
- CLC2006France (5, 15, 44 postes de niveau 1,2,3)
- OCSOL2006PACA (5, 15, 48 postes de niveau 1,2,3)
- BdCarto® Hydrographie (surfacique et linéaire)  
(Gardanne2003)
- Données métier (parcelle agricole - niveau 5)
- BdOrtho®*

... modéliser un territoire (5-10 km ---> «50 km »)

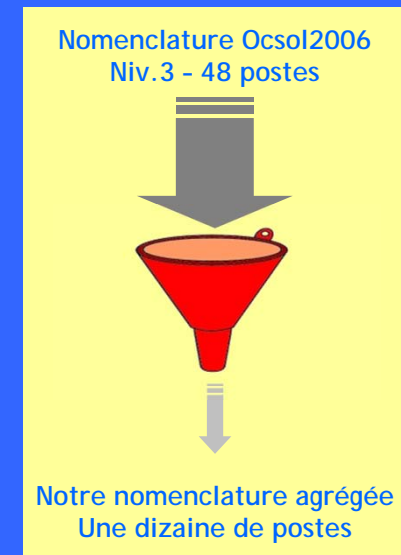
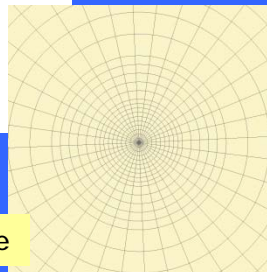


... en l'adaptant à notre métier

- Modélisation du réseau hydrographique
- Croisement spatial de la «grille dépôts» avec le territoire modélisé
- Modèle topologique

Les données géographiques sont alors support des résultats issus des codes

Grille axisymétrique



*« À tout endroit ... à tout moment ... et à toute échelle ! »*

**BESOIN DE DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES !!!**





*« À tout endroit ... à tout moment ... et à toute échelle ! »*

## BESOIN DE DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES !!!

*Besoin de connaître*

*le milieu naturel*

*le milieu humain et économique*

*(démographie, agriculture, industries ...)*

*les spécificités locales*

*(météo., hydro., modes de vie, rations alimentaires, loisirs,  
calendriers agricoles, calendriers d'affouragement)*



# GROS BESOIN DE DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES

*le milieu naturel*

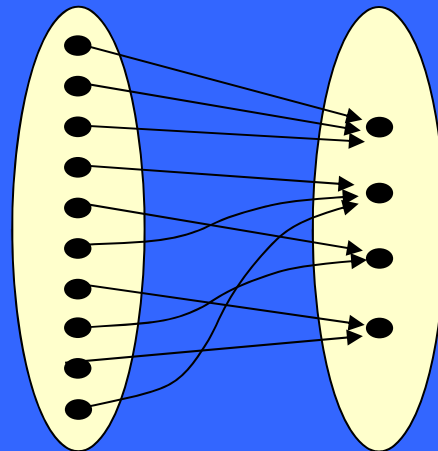
*le milieu humain et économique*

*(démographie, agriculture, industries ...)*

*les spécificités locales*

*(météo., hydro., modes de vie, rations alimentaires, loisirs,  
calendriers agricoles, calendriers d'affouragement)*

*le terme source (fonctionnement normal et/ou accidentel)*



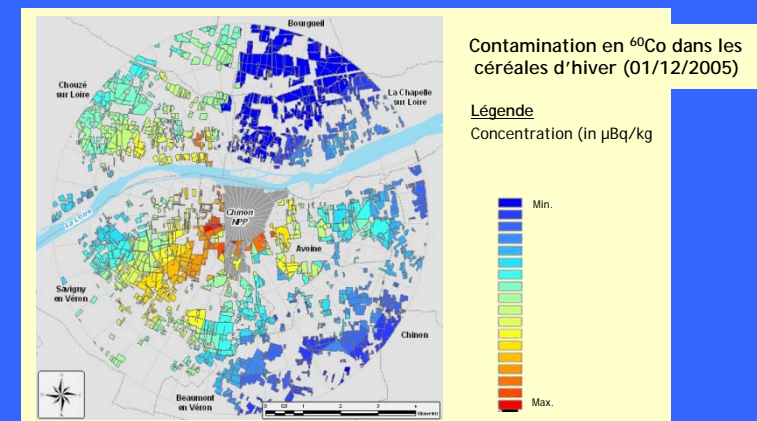
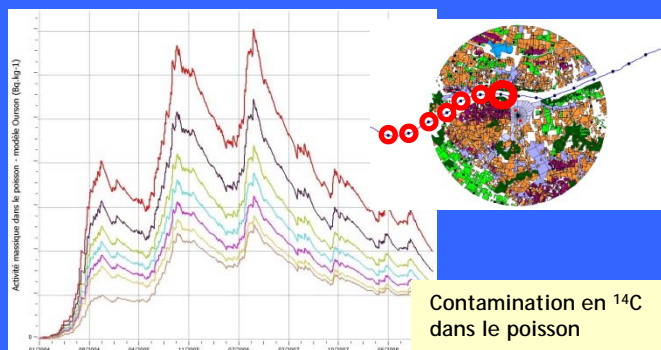


# Les données géographiques en amont et en aval de notre métier

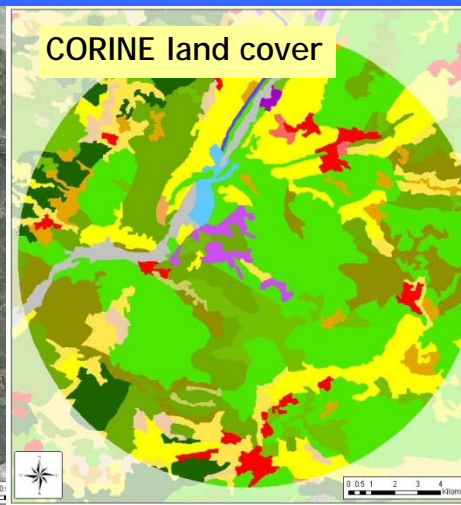
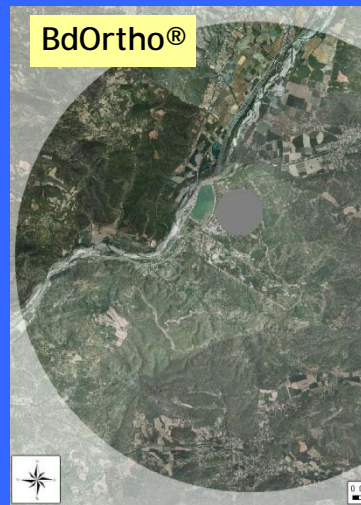
En amont, pour identifier, caractériser et modéliser un territoire



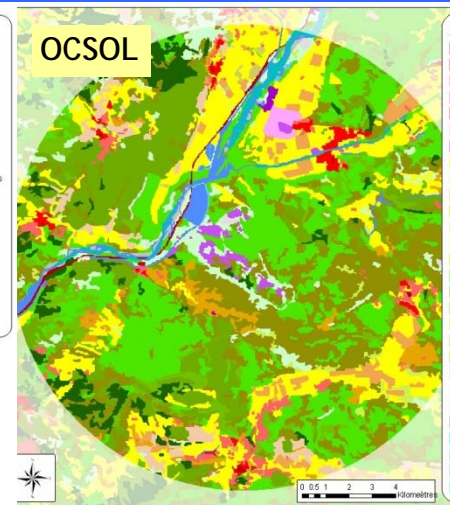
et en aval, pour restituer les résultats issus des codes de calcul



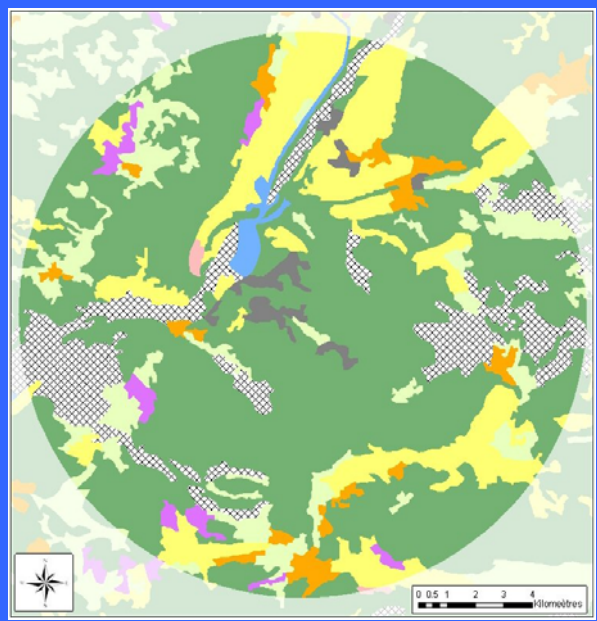
# Le site de Cadarache



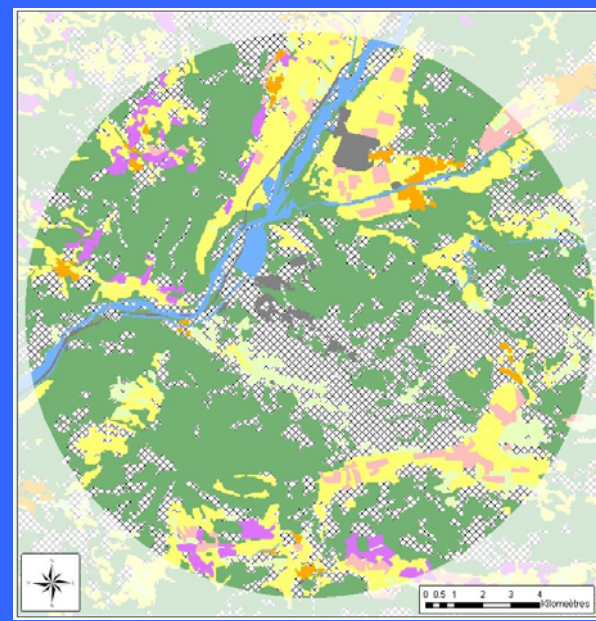
- Légende**
- 112-Tissu urbain discontinu
  - 121-Zones industrielles et commerciales
  - 142-Equipements sportifs et de loisirs
  - 211-Terres arables hors périmètres d'irrigation
  - 221-Vignobles
  - 222-Verger et petits fruits
  - 251-Prairies
  - 242-Systèmes culturaux et parcellaires complexes
  - 243-Surfaces essentiellement agricoles, inter...
  - 311-Forêts de feuillus
  - 312-Forêts de conifères
  - 313-Forêts mélangées
  - 323-Végétation sclérophylle
  - 324-Forêt et végétation arbustive en mutation
  - 331-Plages, dunes et sable
  - 511-Cours et voies d'eau
  - 512-Plans d'eau



- Légende**
- 111-Tissu urbain continu
  - 112-Tissu urbain discontinu
  - 113-"Tissus urbain discontinu"
  - 121-Zones industrielles et commerciales
  - 122-Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
  - 124-Aéroports
  - 131-Extraction de matériaux
  - 132-Périmètres irrigués en permanence
  - 221-Vignobles
  - 222-Verger et petits fruits
  - 223-Orchardes
  - 231-Prairies
  - 241-Cultures annuelles associées aux cultures permanentes
  - 243-Surfaces essentiellement agricoles, inter...
  - 311-Forêts de feuillus
  - 312-Forêts de conifères
  - 313-Forêts mélangées
  - 321-Pelouses et pâturages naturels
  - 323-Maquis
  - 324-Forêt et végétation arbustive en mutation
  - 331-Plages, dunes et sable
  - 332-Roches nues
  - 333-Végétation clairsemée
  - 334-Zones incendiées
  - 400-Zones inondables
  - 510-Eaux libres
  - 511-Cours et voies d'eau
  - 512-Plans d'eau



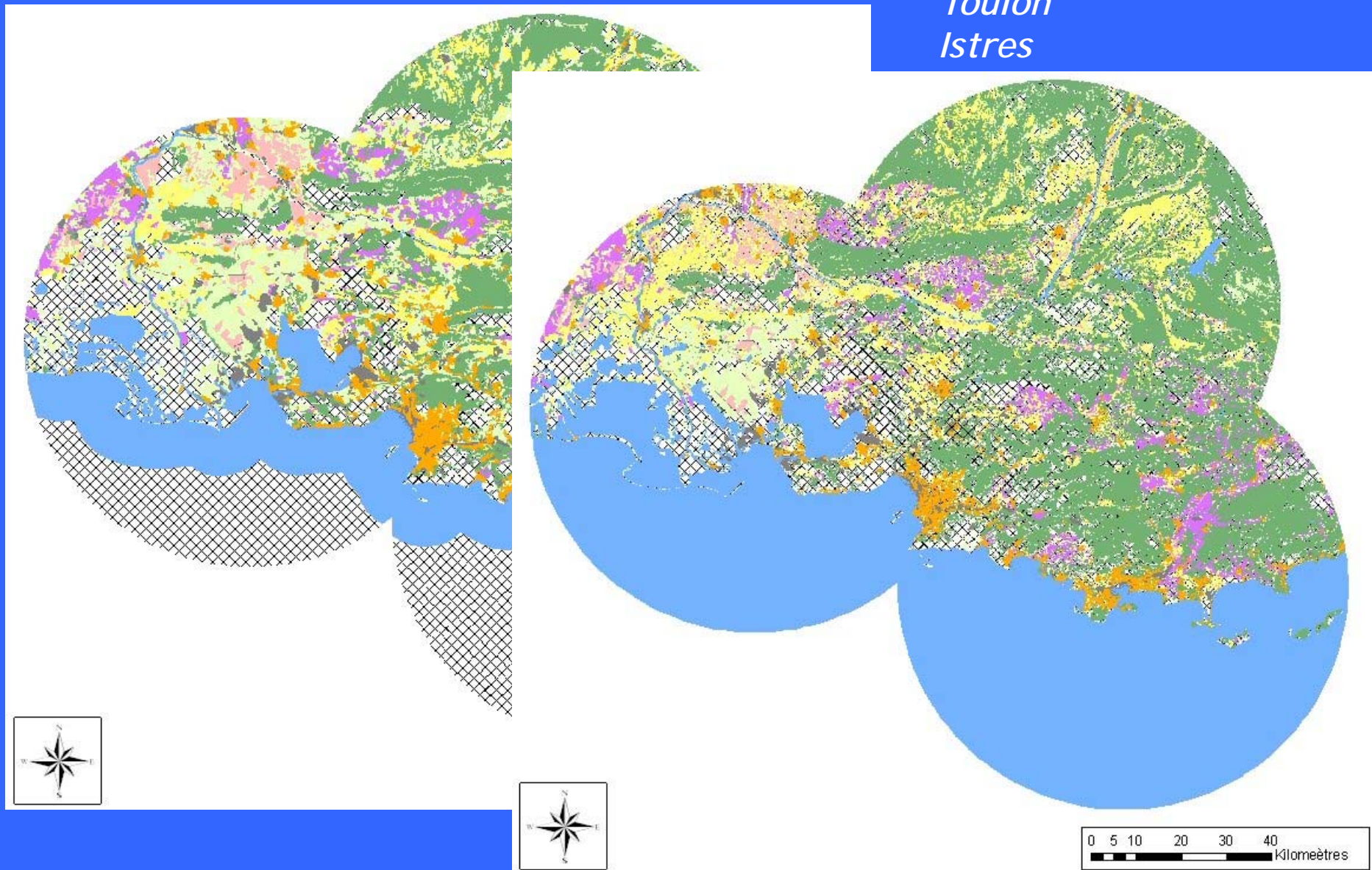
- Légende**
- Libellé Symbiose**
- X\_Agri\_Zone Grande Culture
  - X\_Agri\_Prairie
  - X\_Agri\_Verger
  - X\_Agri\_Vigne
  - X\_Sol Nu
  - X\_Forêt
  - X\_Homme\_Population
  - "X\_Eaux"





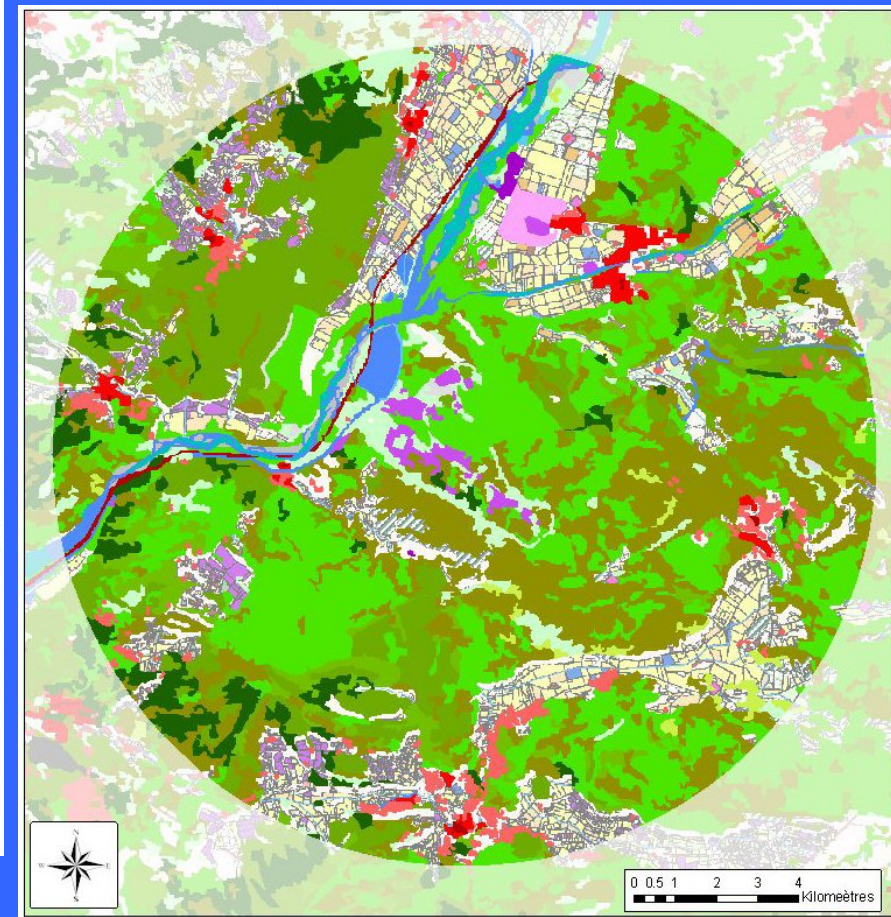
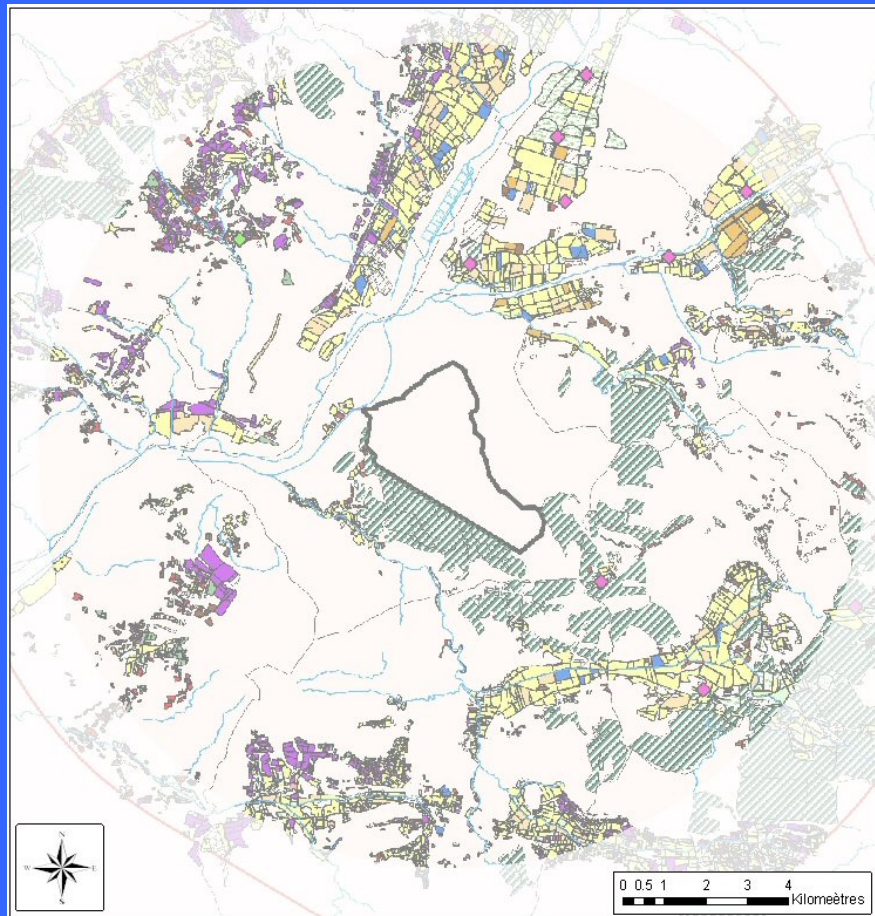
# Pré-traitements en PACA

CE Cadarache  
Toulon  
Istres

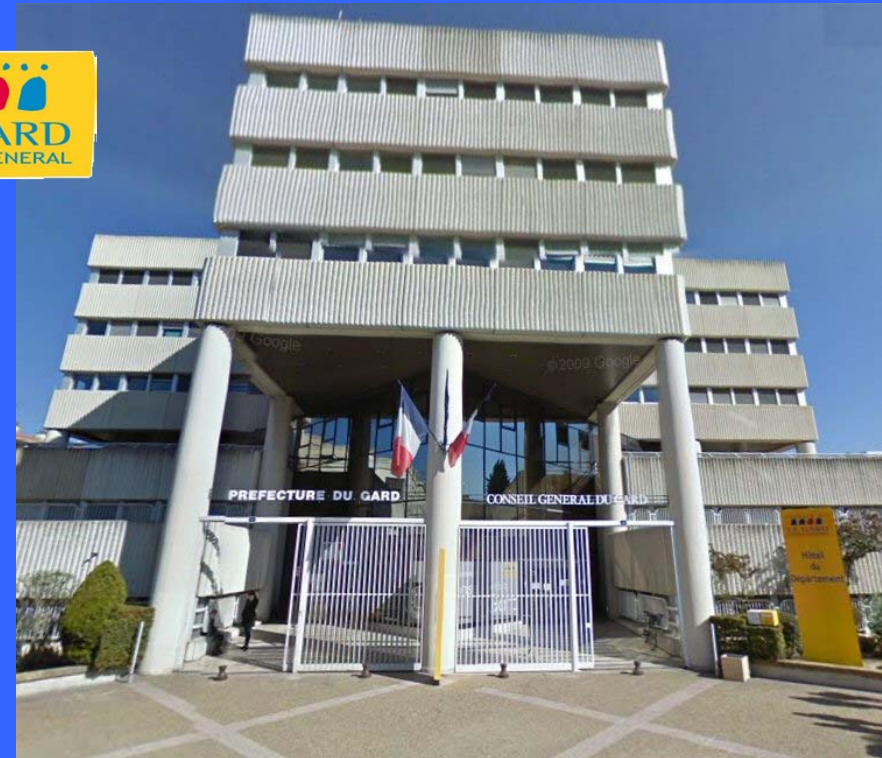




Pour les «petites et moyennes échelles»  
... mais pour de grandes échelles





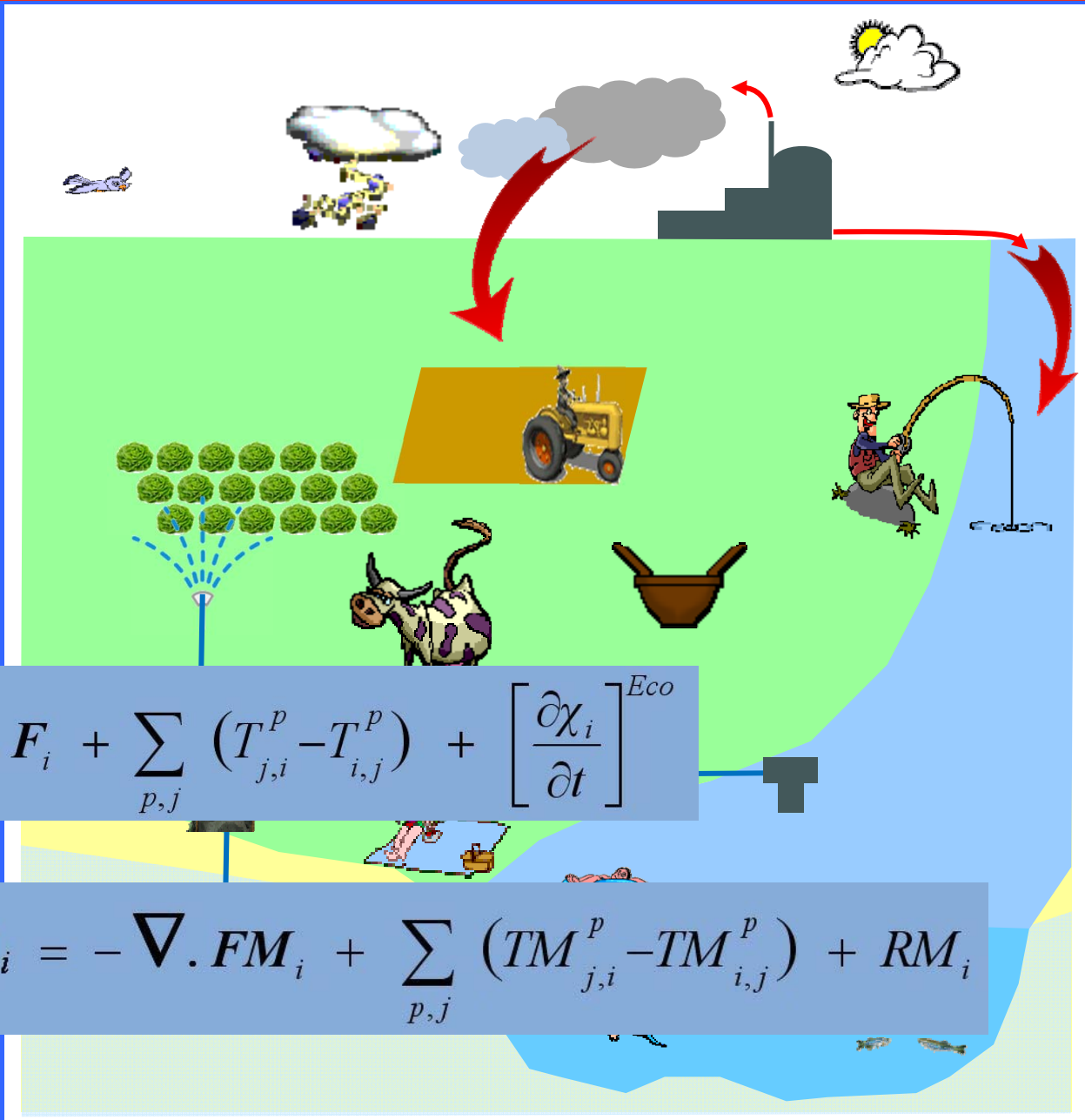


**Merci de votre attention !**



Installation nucléaire  
 Rejets atmosphériques et liquides  
 Dispersion et dépôts  
 sur sol nu, sur culture, sédiments, MES ...  
 Transfert, absorption, désorption  
 Flore, faune

Expositions externes  
 Expositions internes



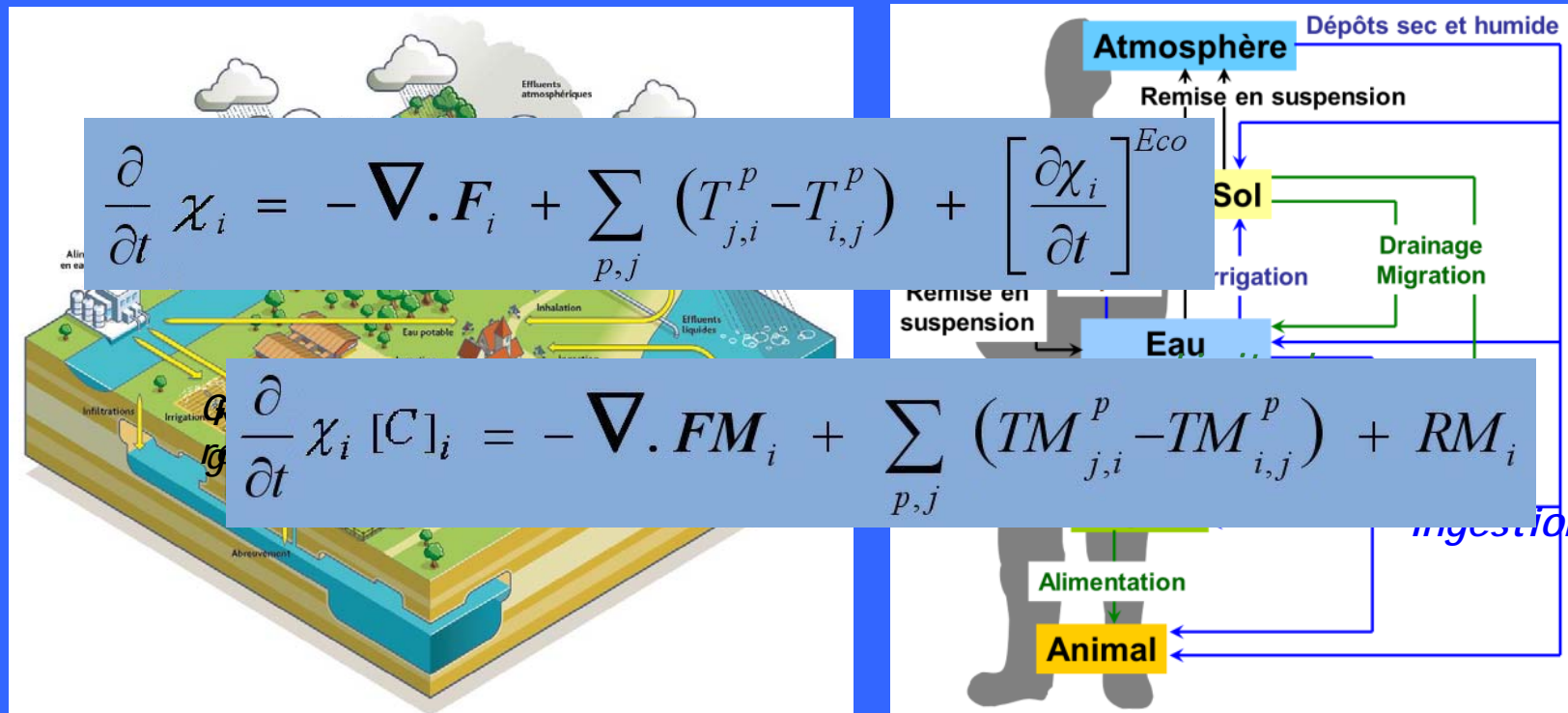
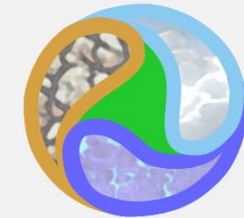
$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i = -\nabla \cdot F_i + \sum_{p,j} (T_{j,i}^p - T_{i,j}^p) + \left[ \frac{\partial \chi_i}{\partial t} \right]^{Eco}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \chi_i [C]_i = -\nabla \cdot FM_i + \sum_{p,j} (TM_{j,i}^p - TM_{i,j}^p) + RM_i$$



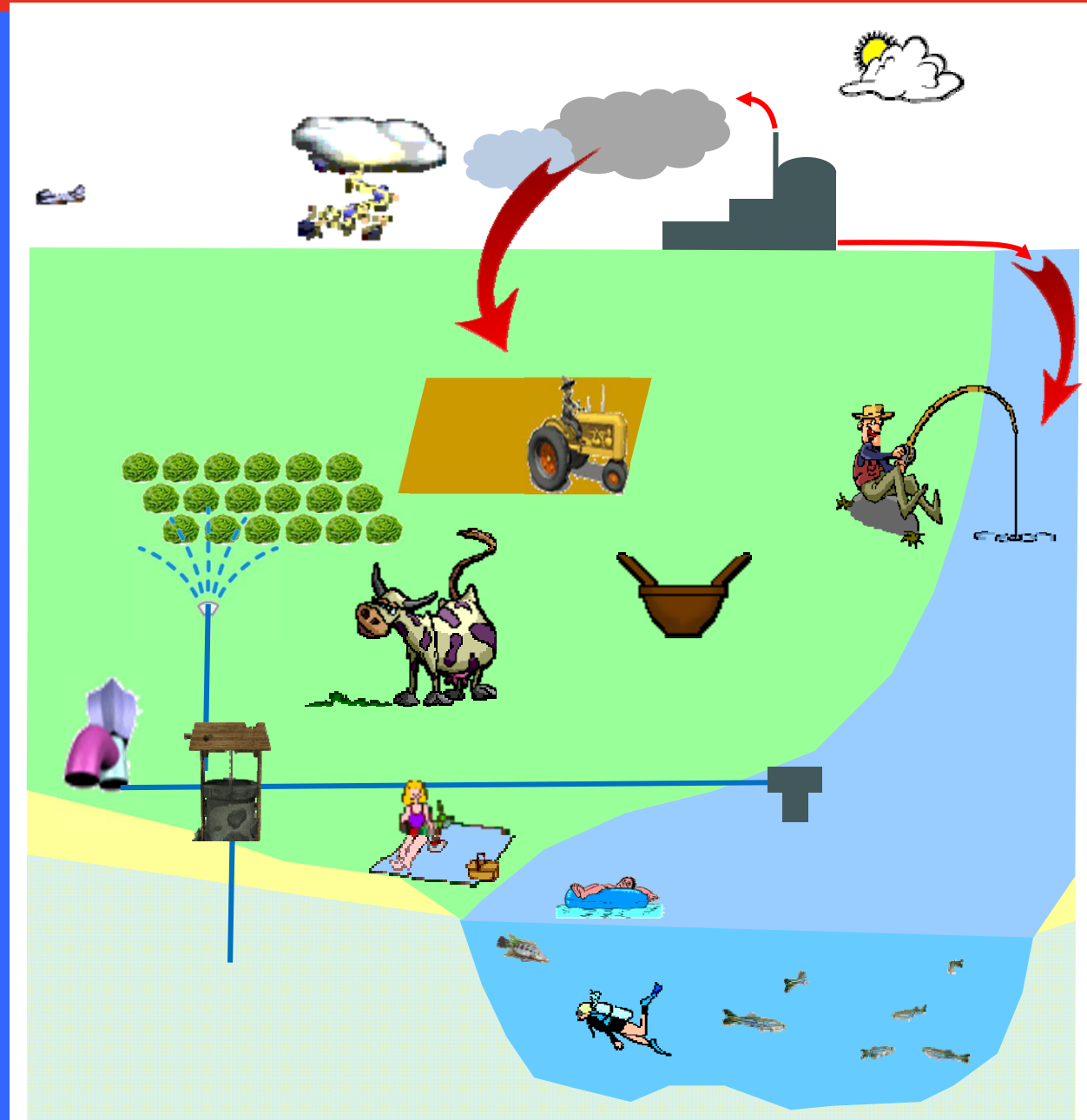
*Un outil : SYMBIOSE*

*Plate-forme de simulation du transfert de radionucléides dans les écosystèmes et calcul de l'impact dosimétrique sur l'homme*



*Installation nucléaire*  
*Rejets atmosphériques et liquides*  
*Dispersion et dépôts*  
*sur sol nu, sur culture, sédiments, MES ...*  
*Transfert, absorption, désorption*  
*Flore, faune*

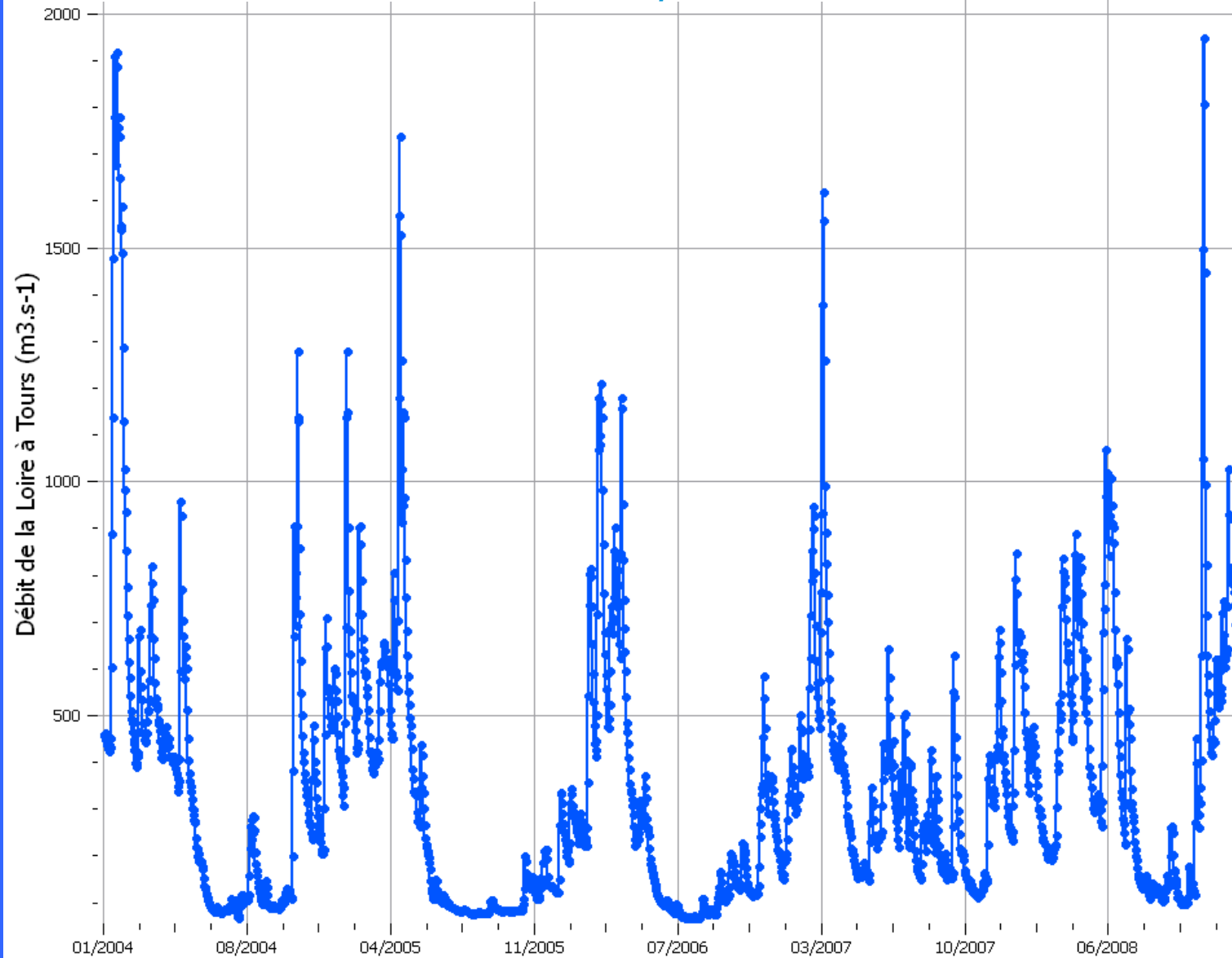
*Expositions externes*  
*Expositions internes*





# Données site spécifique

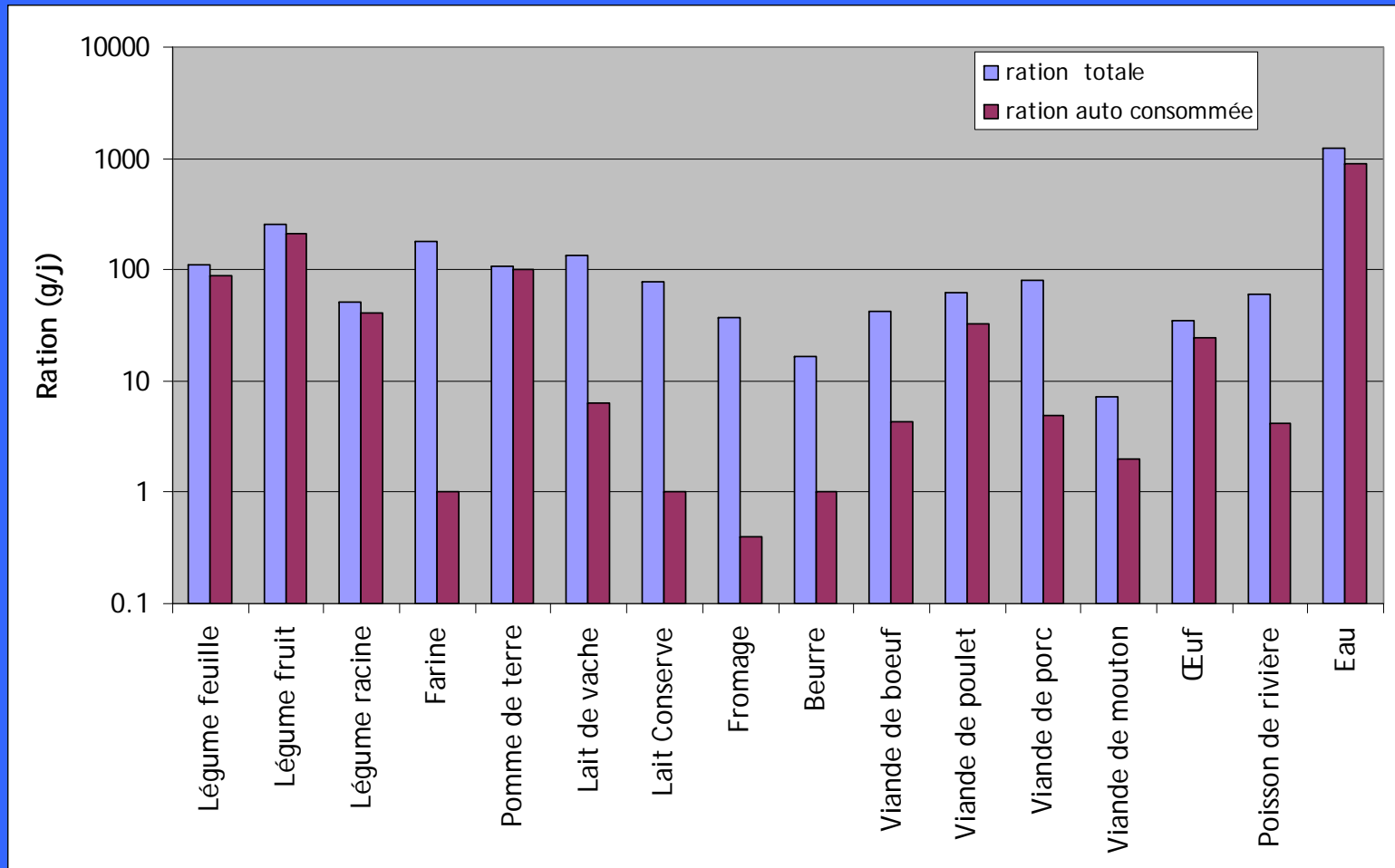
■ Données fluviales (débits, mes, température)



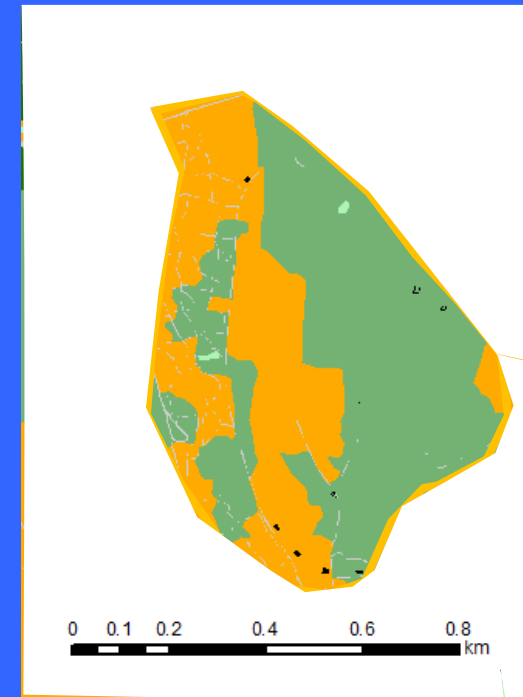
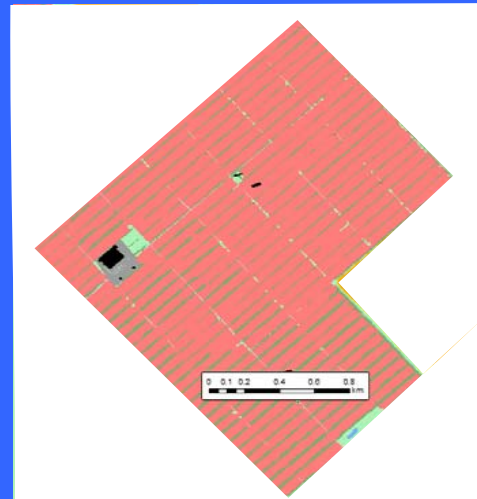
# Données site spécifique

## Ration alimentaire humaine

- enquête locale de consommation (SENSIB) :
  - ~5% de la population dans les 5km
  - rations totales et auto-consommées



# Résultats



■ Contamination en  $^{137}\text{Cs}$  de la prairie et flux de dépôt humide

