

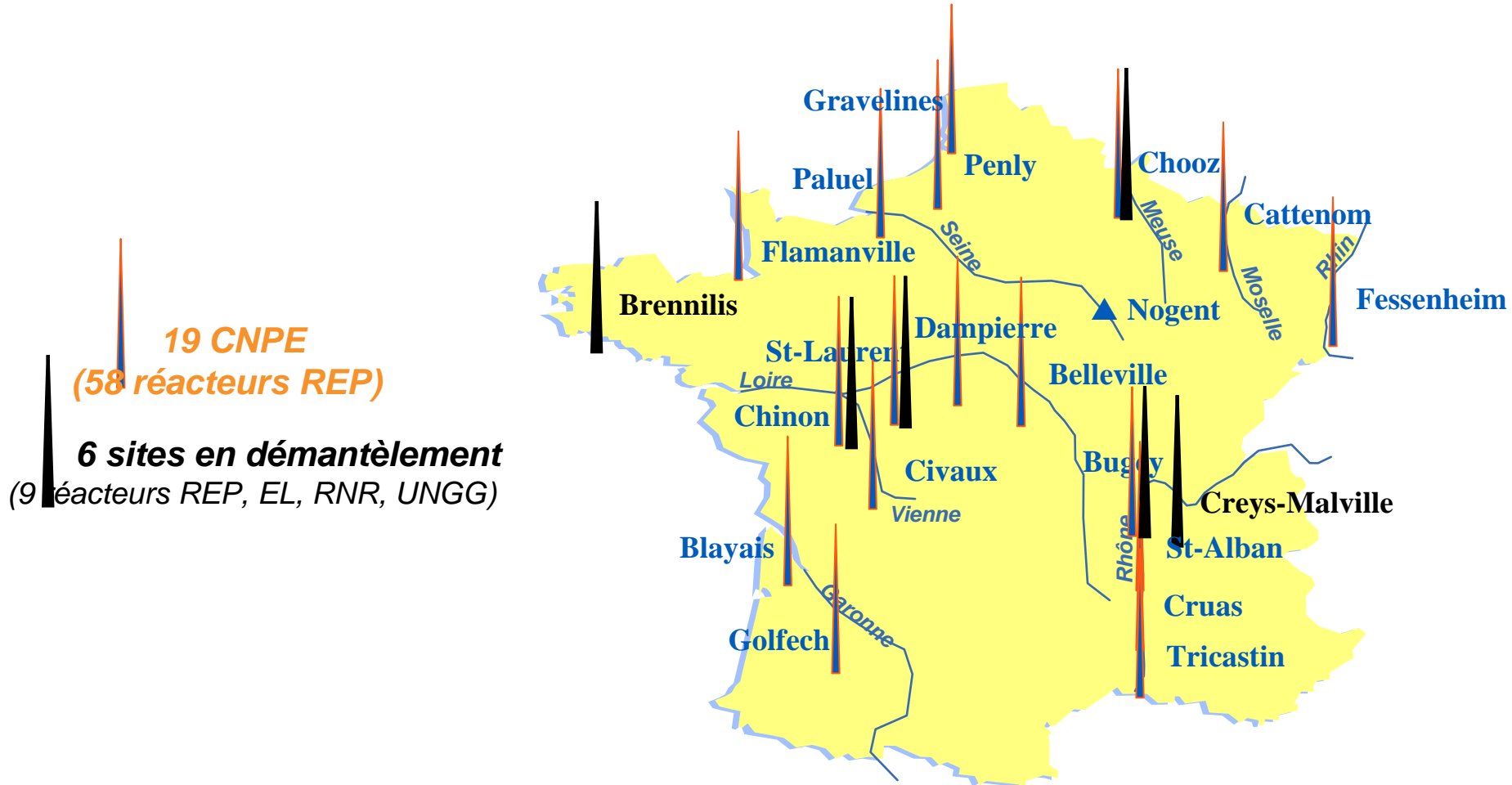
Méthode d'évaluation de l'impact radioécologique autour des centrales nucléaires d'EDF

Thomas Le Druillennec

SFRP – 19-20 Juin 2012



Le parc nucléaire d'EDF en France



En fonctionnement normal, les CNPE émettent des rejets radioactifs liquides et/ou gazeux, autorisés et contrôlés.

Evaluation de l'impact radioécologique

◆ 2 approches différentes mais complémentaires

1. Surveillance de l'environnement

- Rétrospectif

→ Permet d'identifier une influence des sites



- Suivis radioécologiques annuels
- Bilans décennaux



2. Evaluation du risque environnemental

- Prospectif

→ Permet d'estimer les effets sur les écosystèmes de rejets futurs (nouvelles constructions, modification des rejets de sites en activité...)



- Modélisation de la dispersion des effluents radioactifs
- Zones écologiques
- Outil ERICA



1.

Surveillance de l'Environnement



Etudes radioécologiques

L'objectif de ces études est double :

- Déterminer dans quelle mesure l'exploitation des CNPE contribue à l'apport de radionucléides artificiels dans le milieu récepteur.
- Identifier et comprendre les mécanismes de transfert des radionucléides artificiels dans l'environnement.

Les matrices prélevées:

- ◆ Des **matrices environnementales sentinelles** qui facilitent l'identification des éléments traces. Temps de réaction et capacité d'intégration variables
Exemples : bryophytes, mollusques, sols et sédiments, ...
- ◆ Des **vecteurs directs de la radioactivité**
Exemples : eaux superficielles, souterraines, poussières atmosphériques, atmosphère, ...
- ◆ Des **matrices environnementales consommées** par les animaux et l'Homme
Exemples : herbes, céréales, productions maraîchères, laits, poissons, produits alimentaires transformés, ...

Etudes radioécologiques

► Suivi radioécologique annuel

- Réalisés sur l'ensemble du parc en exploitation depuis 1992.
- ⇒ Série chronologique longue, nécessaire à l'interprétation de résultats isolés
- Stratégie d'étude pertinente comprenant des bioindicateurs et des produits consommés.
- Caractérisation bas niveau des radionucléides émetteurs gamma et du ^3H libre.

► Bilans radioécologiques décennaux

- Grand nombre et grande diversité d'échantillons récoltés.
- Caractérisation bas niveau d'un large spectre de radionucléides de longue période de décroissance.
- Vision spatiale + temporelle (comparaison des résultats avec l'état de référence initial et les bilan décennaux antérieurs).

	γ	^3H libre	^3H org	^{14}C	^{90}Sr	α	^{99}Tc	^{63}Ni	^{55}Fe	^{129}I
Suivi annuel	X	X	X	X						
Décennale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



« Mesures de la radioactivité dans l'environnement et besoins métrologiques »
Patrick Chardon (Subatech), Gilles Gontier (EDF), Pierre-Yves Hémidy (EDF)

2.

Evaluation du Risque Environnemental (Outil ERICA)



Exemple du site de Dampierre



Contexte - Position de la CIPR

(Commission Internationale de Protection Radiologique)

1977: « Si l'Homme est convenablement protégé alors, par conséquent, tous les autres êtres vivants le sont suffisamment »

2007: Recommandations de la CIPR / Environnement (Publication 103)

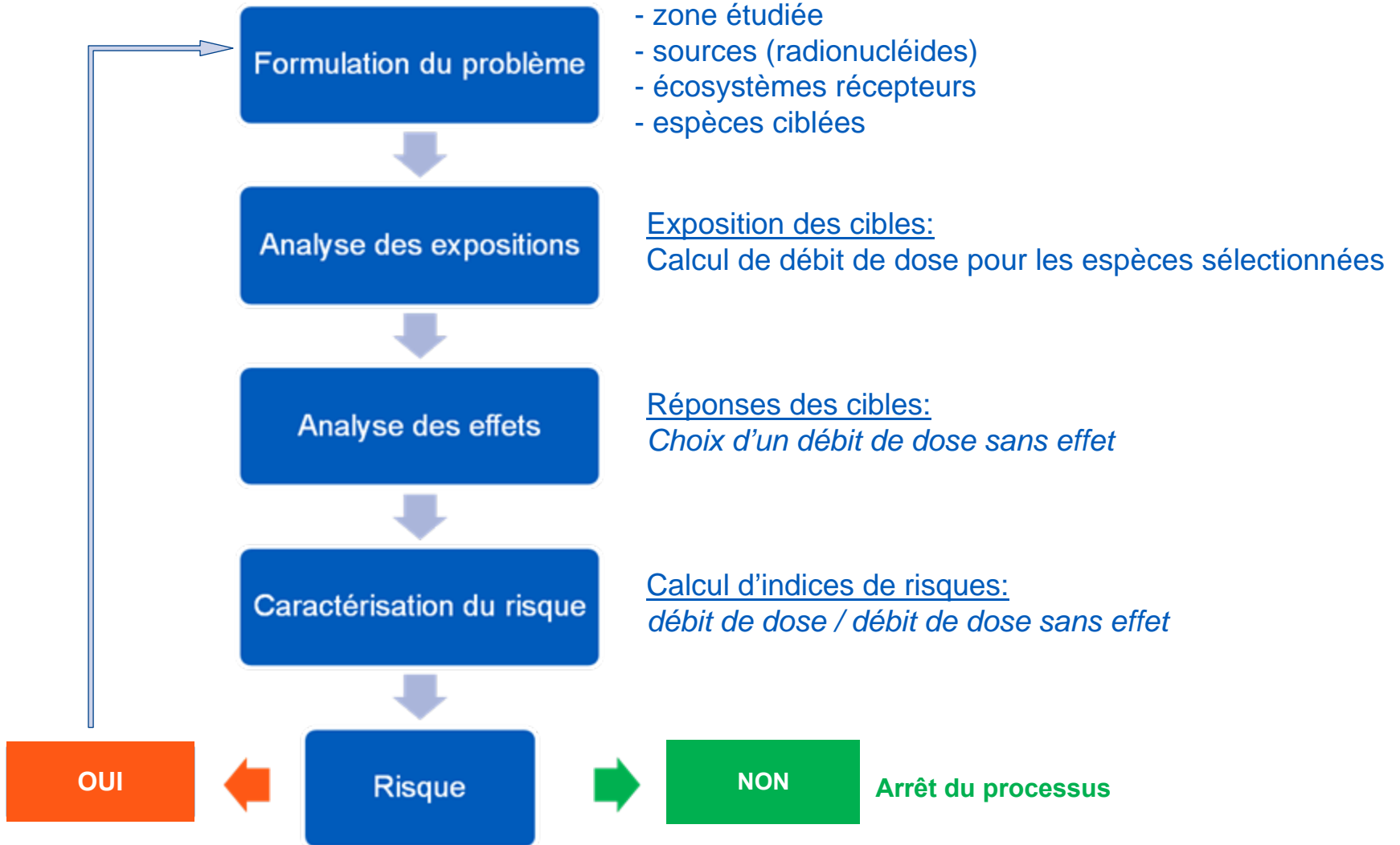
Elle recommande explicitement la considération de la protection radiologique de l'environnement.

Elle reconnaît:

- le besoin de conseils et de guides
- le manque de cohérence à un niveau international
- la nature complexe de la protection de l'environnement
- l'absence d'une valeur de dose limite consensuelle pour l'environnement

Besoin d'EDF: Répondre à une attente externe d'évaluation de risque pour l'écosystème et plus particulièrement pour les nouveaux projets (démarche prospective)

Evaluation du Risque Environnemental



ERICA: outil d'évaluation du risque environnemental associé aux radionucléides

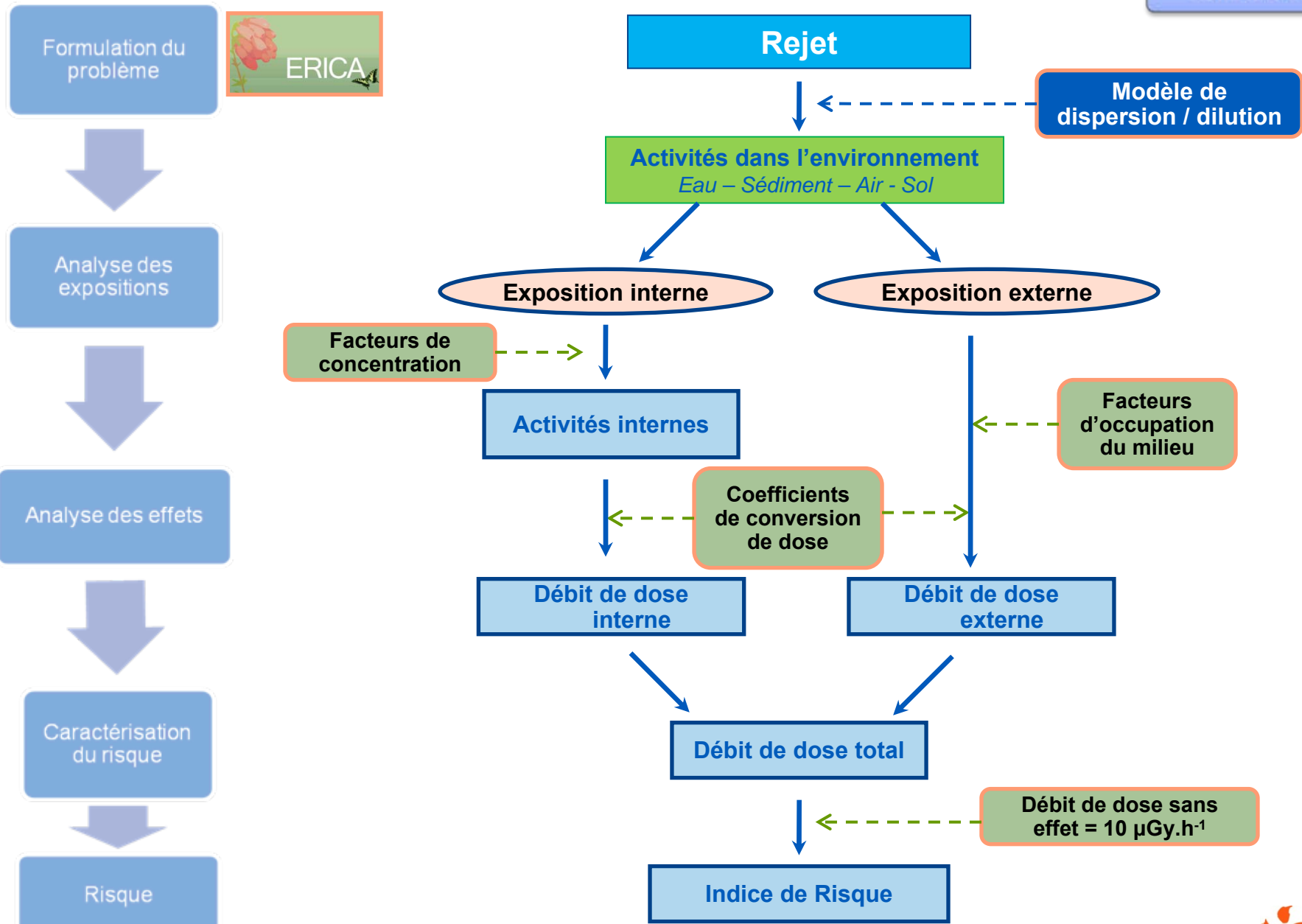


- Outil développé dans le cadre d'un projet européen ; ERICA (2004-2007)
- Effort commun de 15 institutions de 7 pays européens: SSI, SKB, Facilia, SUC, NRPA, CIEMAT, EA, UNILIV, NERC, WSC, STUK, IRSN, GSF, UMB, EDF
- Permet d'évaluer, de caractériser et de manager les risques environnementaux liés aux radiations ionisantes
- Objectif: « Fournir et appliquer une approche intégrée pour traiter et gérer des problèmes scientifiques et sociétaux relatifs aux effets sur l'environnement de contaminations radiologiques, en prenant en compte les espèces et les écosystèmes »

→ Réponse aux recommandations de la CIPR et aux besoins d'EDF (vision prospective)

Evaluation du Risque Environnemental

Analyse des expositions



Exemple d'application au site de Dampierre-en-Burly

Formulation du problème

Rejets d'effluents radioactifs gazeux

Radionucléides			
^3H	^{134}Cs	^{41}Ar	$^{131\text{m}}\text{Xe}$
^{14}C	^{137}Cs	^{85}Kr	^{133}Xe
^{58}Co	^{131}I	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$^{133\text{m}}\text{Xe}$
^{60}Co	^{133}I	^{88}Kr	^{135}Xe

- Cadre: renouvellement des autorisations de rejets
- Source froide (circuit fermé) : La Loire
- 4 réacteurs de 900 MWe



Rejets d'effluents radioactifs liquides

Radionucléides			
^3H	^{60}Co	^{54}Mn	^{63}Ni
^{14}C	^{134}Cs	^{124}Sb	^{51}Cr
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{137}Cs	^{125}Sb	
^{58}Co	^{131}I	$^{123\text{m}}\text{Te}$	

Ecosystème terrestre

■ Sélection de points dans l'écosystème terrestre

☞ Zones écologiques classées:

- Natura 2000: ZSC (espèces et habitats) et ZPS (oiseaux)
- ZNIEFF

☞ Milieux naturels d'intérêt (forêts ...)

☞ Zones sous influence et hors influence des rejets gazeux

◆ Activités dans l'atmosphère et dans le sol:

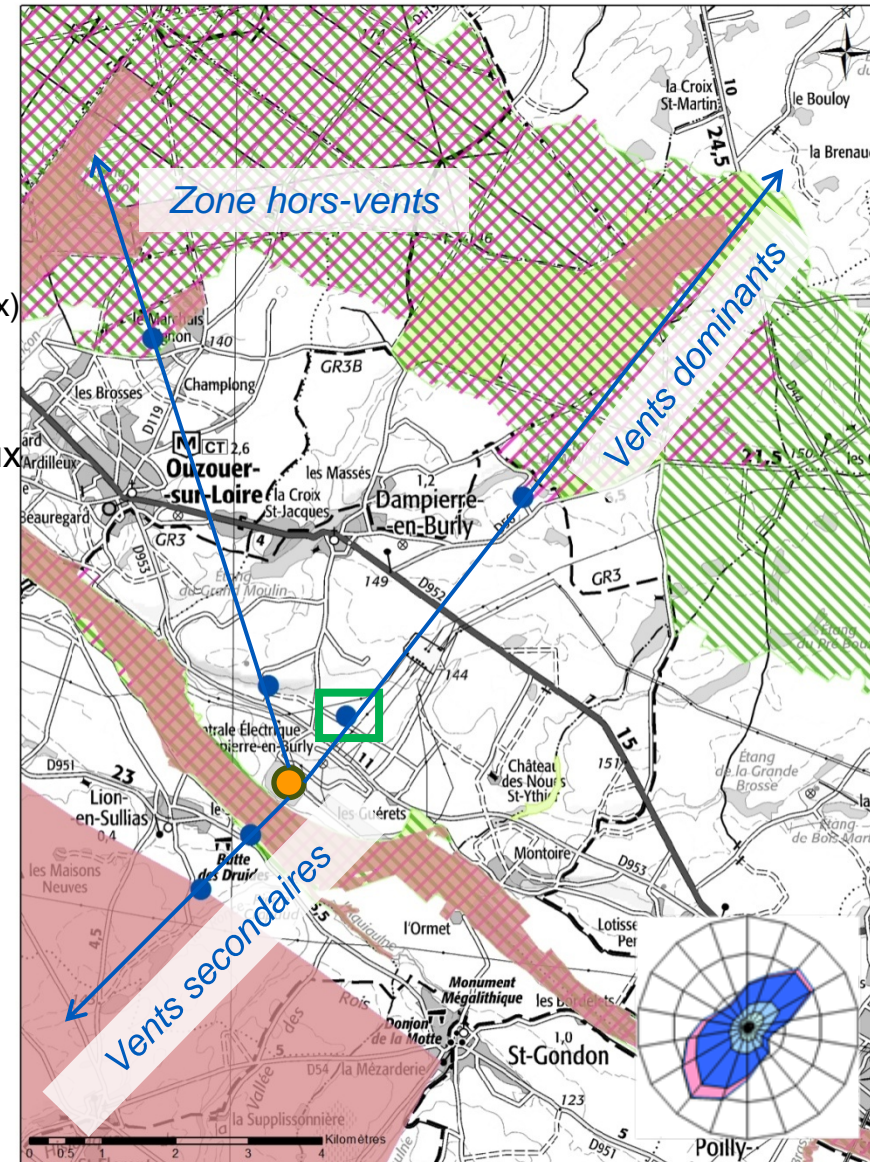
=> Dispersion des rejets atmosphériques:

calculs des Coefficients de Transfert Atmosphérique (CTA) pour ces points

=> Calculs des activités atmosphériques et dans les sols après dépôt (Logiciel indépendant d'ERICA) en considérant la durée de fonctionnement du site



Choix du point le plus influencé



Ecosystème aquatique

Formulation du problème

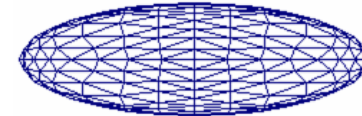
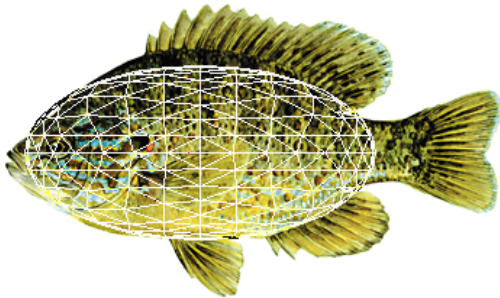
- ▶ Calcul des activités dans l'eau de Loire :
 - En considérant la durée de fonctionnement du site
 - Dilution des rejets liquides :
 - ↳ par le débit du circuit de refroidissement avant rejet
 - ↳ par la Loire (débit moyen annuel = $304 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)



Espèces de référence

Formulation du problème

► Forme géométrique simplifiée pour le calcul dosimétrique



Ecosystème terrestre	Ecosystème aquatique continental
Lichen et bryophytes	Plantes vasculaires
Pelouses et herbes (<i>prairie</i>)	Larve d'insecte
Arbuste	Mollusque bivalve
Arbre (<i>pin</i>)	Crustacé
Invertébré du sol (<i>lombric</i>)	Gastéropode
Invertébré détritivore	Amphibien (<i>grenouille</i>)
Insecte volant (<i>abeille</i>)	Phytoplancton
Gastéropode	Zooplancton
Reptile	Poisson benthique
Amphibien (<i>grenouille</i>)	Poisson pélagique (<i>salmonidé-truite</i>)
Oiseau (<i>canard</i>)	Oiseau (<i>canard</i>)
Œuf d'oiseau (<i>œuf de canard</i>)	Mammifère
Mammifère (<i>rat et daim</i>)	



Vérification que les espèces identifiées autour des sites (prospections de terrain, bibliographie) sont bien représentées par les espèces de référence

Evaluation du risque environnemental:



Débit de dose sans effet = $10 \mu\text{Gy.h}^{-1}$

Calculs des activités en considérant les limites de rejets et les rejets réels

^3H	Activités dans l'eau de Loire (Bq.L^{-1})
^{14}C	
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	
^{58}Co	
^{60}Co	
^{134}Cs	
^{137}Cs	
^{131}I	
^{54}Mn	
^{124}Sb	
^{125}Sb	
$^{123\text{m}}\text{Te}$	
^{63}Ni	
^{51}Cr	
^{57}Co	

^3H	Activité dans l'atmosphère (Bq.m^{-3})
^{14}C	
^{131}I	Activité dans les sols (Bq.kg^{-1})
^{133}I	
^{134}Cs	
^{137}Cs	
^{58}Co	
^{60}Co	
^{85}Kr	Activité dans l'atmosphère (Bq.m^{-3})
^{133}Xe	
^{135}Xe	
^{41}Ar	
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	

^{51}Cr et $^{123\text{m}}\text{Te}$ ne sont pas inclus dans le spectre générique de radionucléides de l'outil ERICA

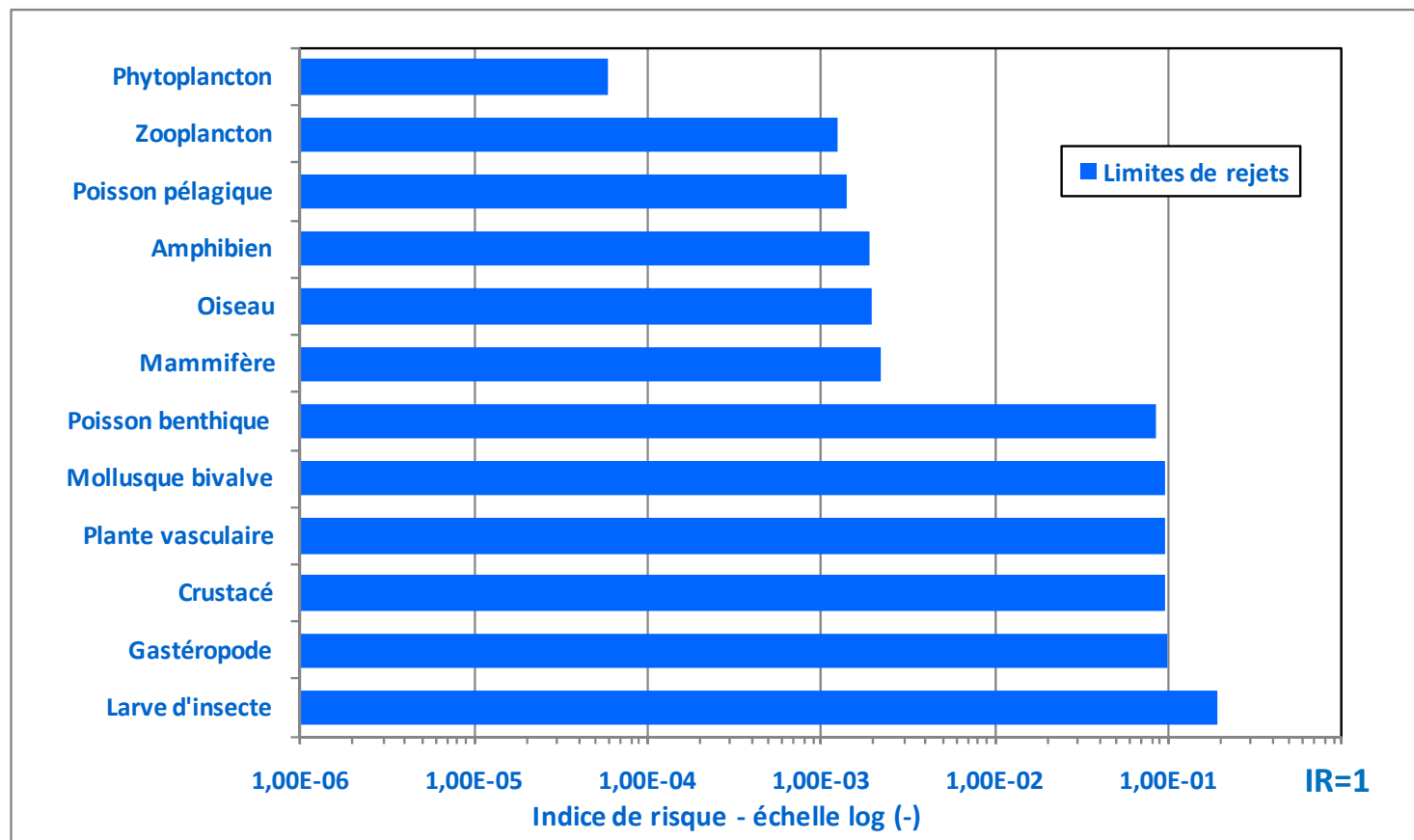
→ Ajout de ces 2 éléments

Les gaz rares ne sont pas modélisés dans l'outil ERICA



Evolution future de l'outil

Evaluation du risque environnemental: exemple: écosystème aquatique

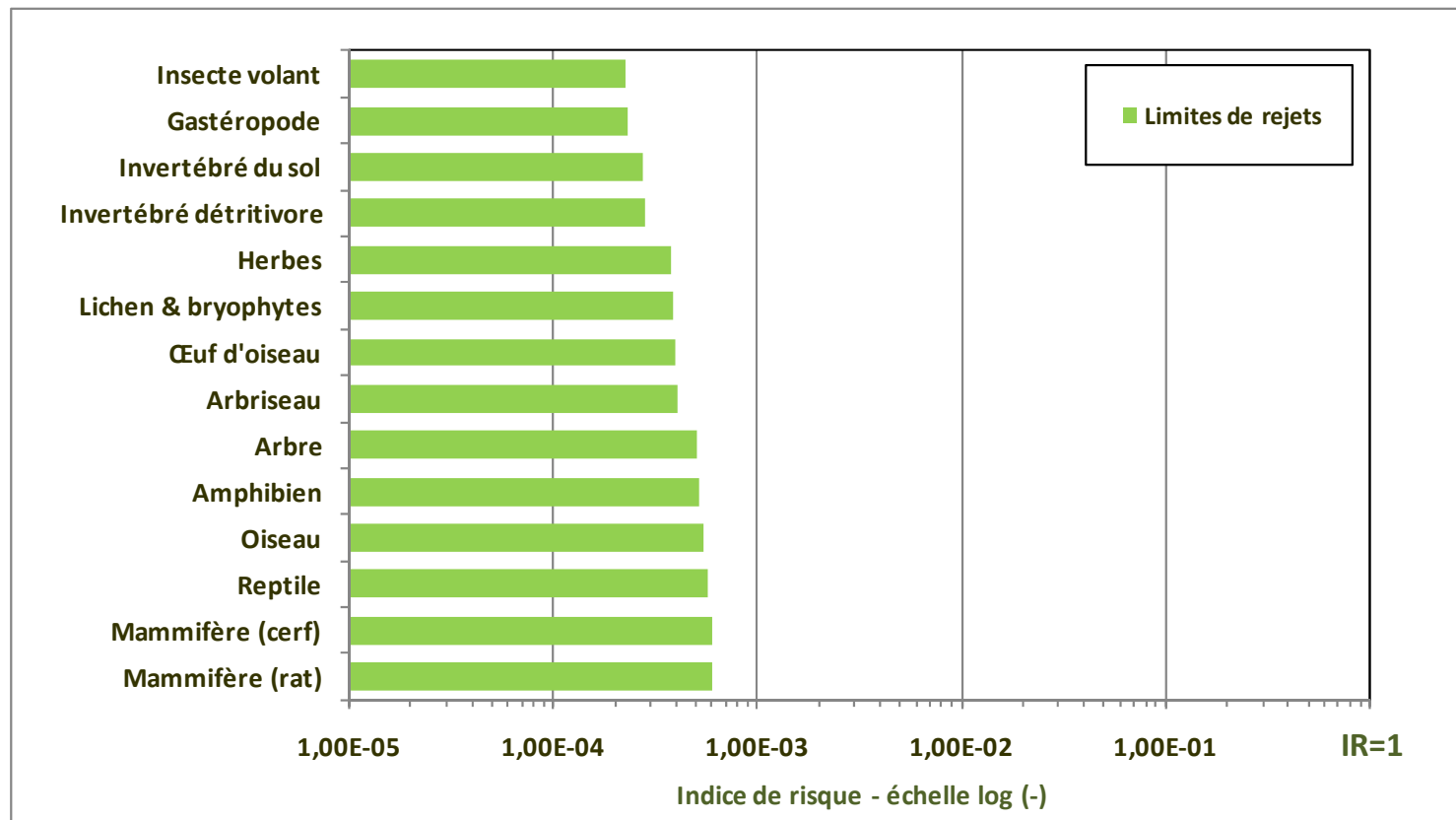


Limites de rejets - Rejets réels: Indices de Risque < 1



Larves d'insectes sont les plus sensibles

Evaluation du risque environnemental: exemple: écosystème terrestre



Limites de rejets - Rejets réels: Indices de Risque < 1



Mammifères et reptiles sont les plus sensibles

Evaluation du risque environnemental: Conclusion

▶ Voies d'amélioration :

- Absence de certains radionucléides, comme les gaz rares
- Choix de certains paramètres (facteurs de concentration)
- Evaluation séparée entre les écosystèmes aquatiques et terrestres
- Reste un outil: garder une vision critique des résultats

▶ L'outil ERICA :

- Est un progrès dans l'évaluation du risque environnemental (notamment prospectif)
- Fournit une évaluation spécifique par espèce répondant à la vision « écosystème et biodiversité »
- Permet de réaliser des études d'impact plus abouties (EDF – France et UK)

- GT CEA / IRSN / EDF: partage du REX utilisateurs de l'outil et voies d'améliorations

Merci de
votre attention



thomas.le-druillennec@edf.fr