



Evaluation de l'exposition de l'environnement et des risques associés aux rejets radioactifs liquides provenant des centrales nucléaires belges de Tihange et Doel

H. Vandenhove, L. Sweeck, M. Van Hees, J. Wannijn

Biosphere Impact Studies, Environment Health and Safety, SCK•CEN, Belgium

B. Lance, C. Lamine, J.-C. Delalleau, E. Thoelen, R. Wyckmans

Electrabel (GDF-SUEZ), Belgium

Objectif du projet



- Evaluation du risque environnemental aux biota non-humains associés aux rejets liquides en provenance des centrale nucléaires belges de Doel et Tihange.
- Durée : 11/2008 → 12/2009

Questions traitées dans cette présentation

1. Si des quantités maximales sont déchargées, ont-elles un impact sur l'environnement?
2. Les limites des rejets liquides sont-elles suffisamment péremptoires pour protéger l'environnement?

Input data

- Données des décharges maximales de ces 10 dernières années pour Doel et Tihange (Bq/y)

SCHELDE

H-3	Co-60	Sr-89	Sr-90	Cs-134	Cs-137	Am-241
5.37E+13	2.43E+09	8.40E+07	1.87E+08	3.54E+09	9.42E+09	0.00E+00
Cr-51	Mn-54	Co-58	Ag-110m	Te-123m	Sb-124	Sb-125
6.98E+07	7.36E+07	9.32E+09	1.31E+09	3.84E+08	2.29E+09	2.54E+09

MEUSE

H-3	Co-60	Sr-89	Sr-90	Cs-134	Cs-137	Am-241
6.66E+13	1.02E+10	8.40E+07	4.20E+07	2.08E+09	2.10E+09	0.00E+00
Nb-95	Fe55					
7.52E+08	8.45E+09					

Evaluation des concentrations dans le milieu environnemental

Approche 1: Modèle Box-dilution

- Débit moyen du fleuve
- Dilution homogène immédiate du rejet liquide dans l'eau
- Equilibre immédiat entre le radionucléide dans l'eau et sur le sédiment (K_d)
- Aucun déclin (radioactif, sédimentation) n'est pris en compte
- Résultat: estimations conservatives des concentrations dans l'eau et le sédiment

Evaluation des concentrations des sédiments avec un modèle moins conservatif

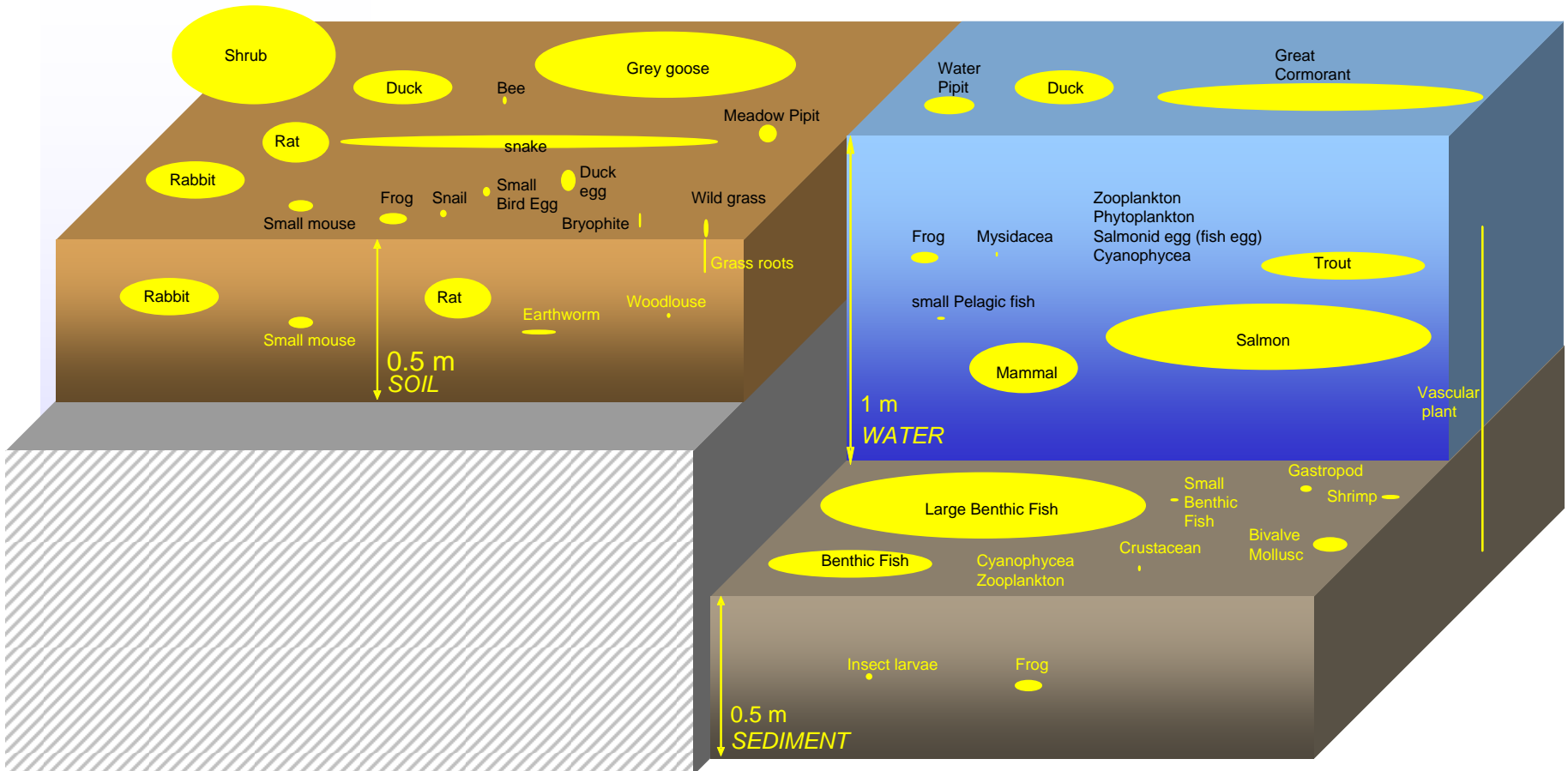
Approche 2: le modèle Schaeffer (EC-Rad. Prot. 72)

- Dilution homogène immédiate du rejet liquide dans l'eau
- Vitesse de l'eau et des sédiments est supposée constante
- Diminution exponentielle de l'activité des radionuclides dans l'eau due à la sédimentation de matière suspendue et du mouvement du sédiment en aval
- Le déclin radioactif est pris en compte

↪ Concentrations moyennes dans les sédiments, changeant en aval du point⁶ de décharge

Inventaire des espèces et leurs habitats

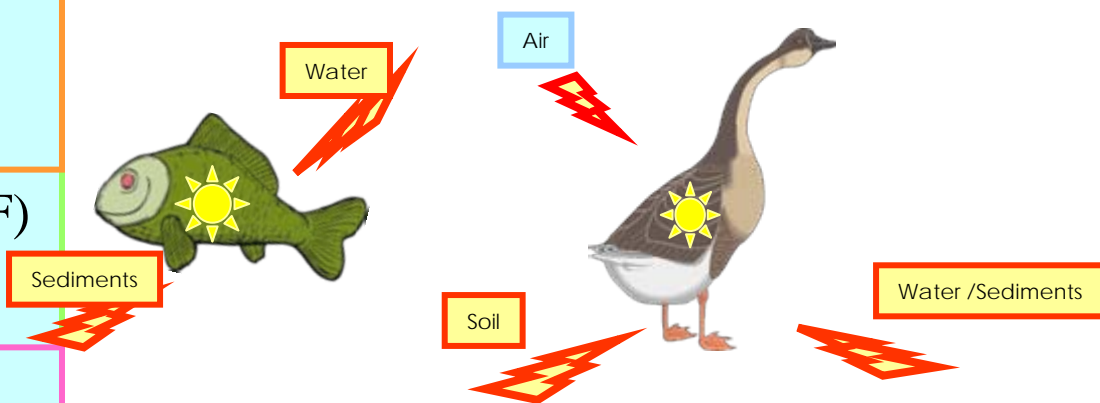
Escaut



Evaluation des "predicted environmental dose rates" = PEDR

Avec de l'information sur:

- Conc. RN dans l'eau et sédiments
- RN dans les biota d'intérêts (via BCF)
- Taux d'occupation des biota (OF)
- DCC



→ débit de dose ($\mu\text{Gy/h}$) pour les organismes de référence est estimé

$$PEDR(o) = PEDR_{ext}(o) + PEDR_{int}(o)$$

Exposition externe

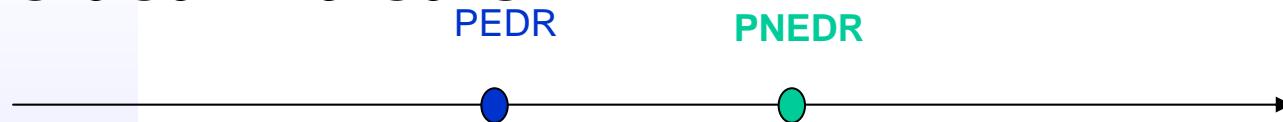
$$PEDR_{ext}(o) = OF(o, m) \times DCC_{ext}(rn, o) \times C(rn, m)$$

Exposition interne

$$PEDR_{int}(o) = BCF(rn, o, m) \times DCC_{int}(rn, o) \times C(rn, m)$$

Evaluation de risque

- Approche déterministe
- Quotient de risque (RQ) est le rapport de deux valeurs



$$RQ = \frac{PEDR}{PNEDR}$$

- “Predicted no effect dose rate” (PNEDR)
 - 10 μGy/h
 - Valeur de screening (SV) dérivé dans le projet ERICA
 - Débit de dose < SV (RQ < 1): pas d’effet sur l’environnement

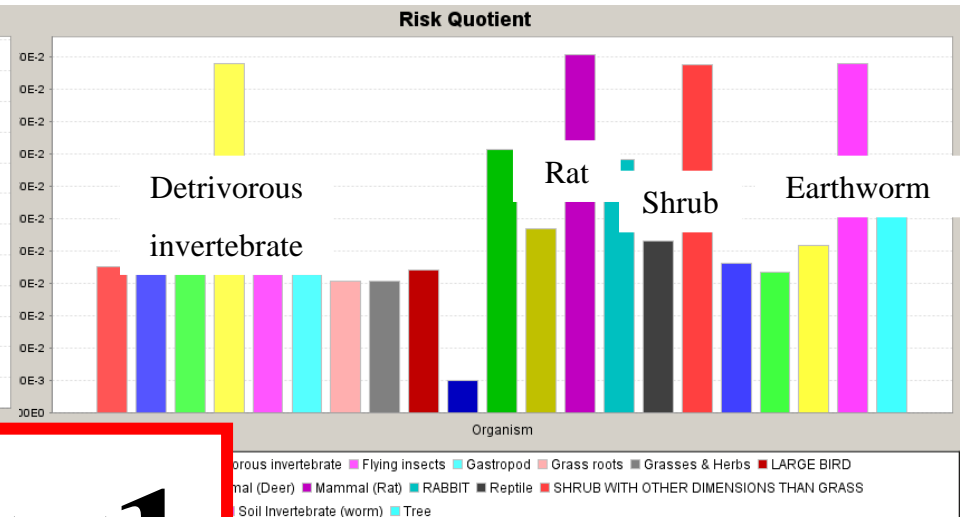
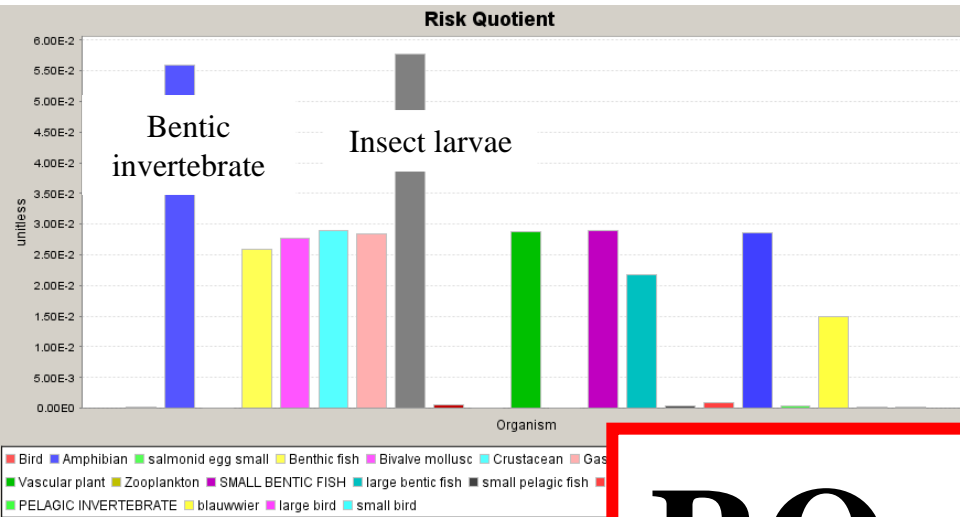
Utiliser l'outil ERICA

- ERICA SV de 10 $\mu\text{Gy/h}$
- Modifier les default settings l'outil ERICA pour les écosystèmes aquatiques et terrestres
 - Kd des conditions alcalines
 - Ajouter des organismes et ajuster les OF
 - Ajouter des radionuclides (Te-123m, Fe-55, Cr-54)
 - Ajuster BCF (nouveaux organismes, nouveaux RNs, CF plantes terrestres)

Evaluation pour les maxima de décharge

Eau douce, maxima: DOEL

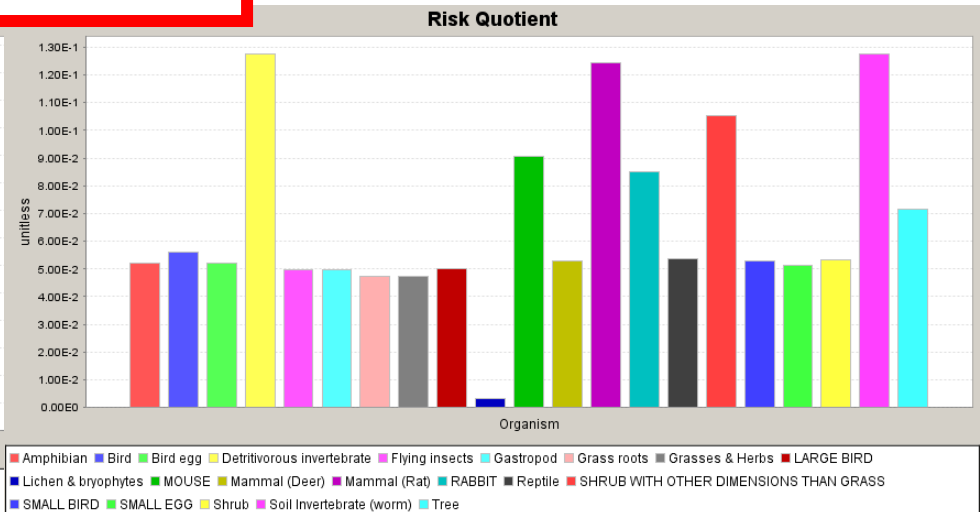
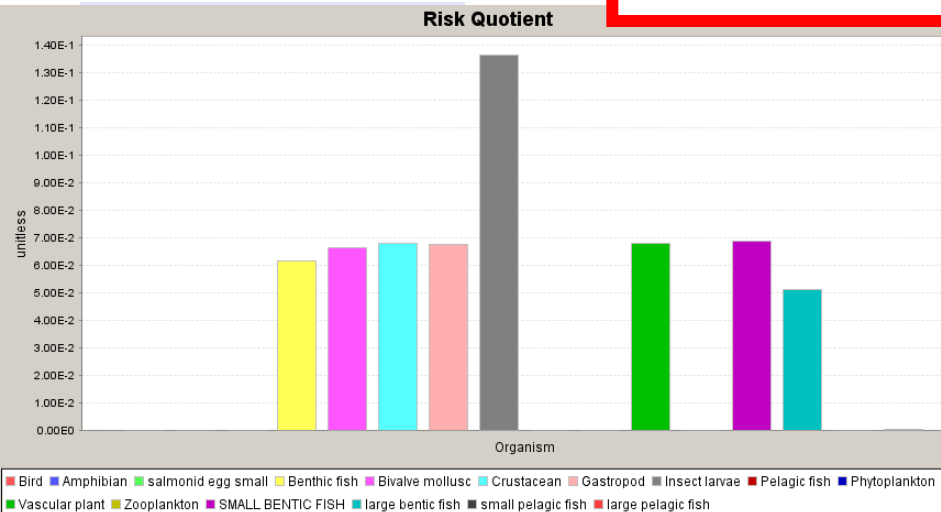
Terrestre, maxima: Doel



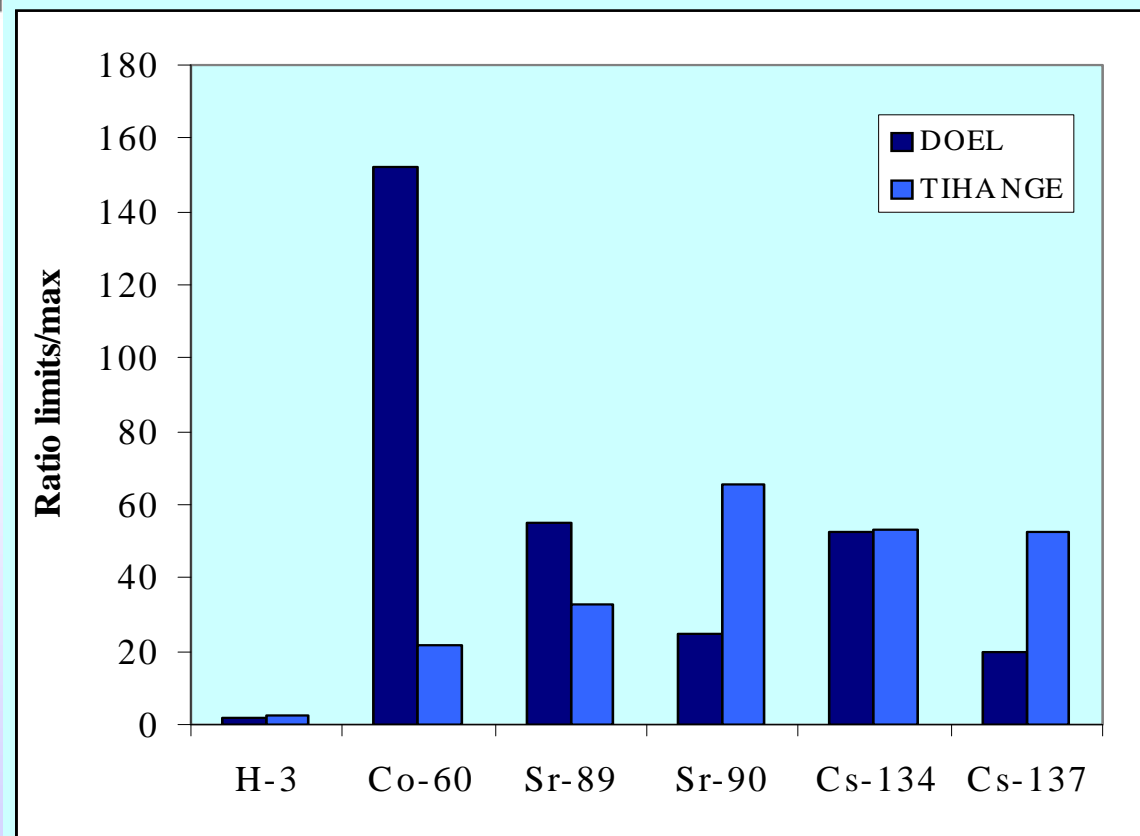
RQ << 1

Eau douce, maxima: TIHANGE

maxima: TIHANGE



Limites de décharge sûres?

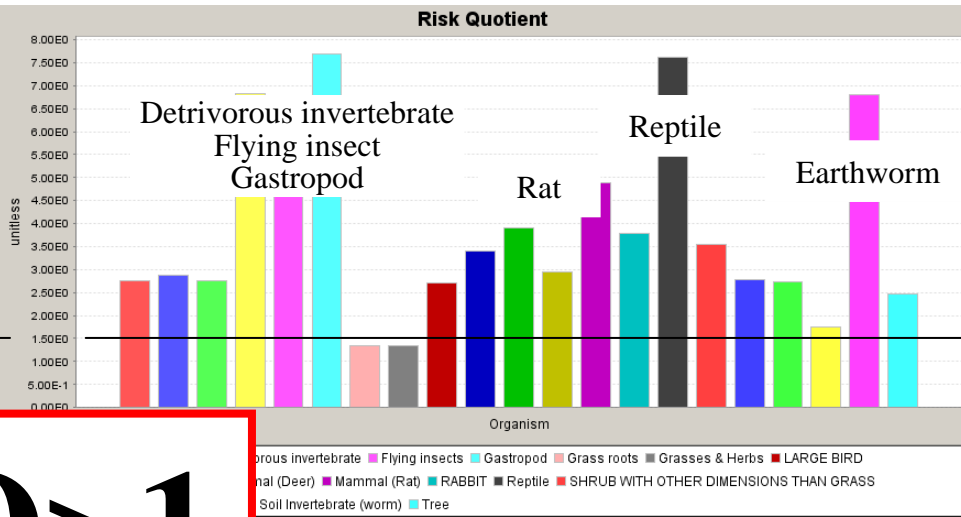
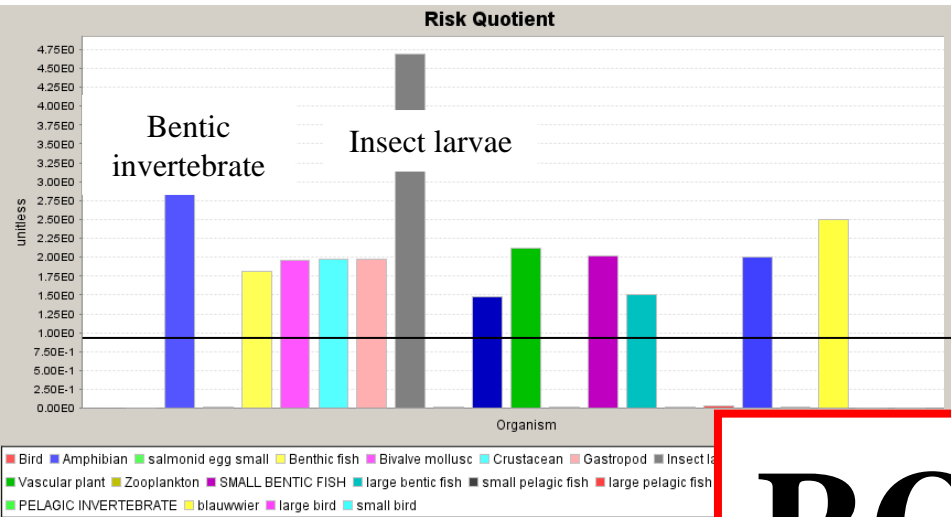


- Quantités maximales de liquides beta et gamma rejetés (MBq/y) sur les 10 dernières années, 3 to > 100 fois plus bas que les limites de décharge
- Pas de décharge d'activité alpha

Evaluation pour les limites de décharge (Box dilution)

Eau douce, limites: DOEL

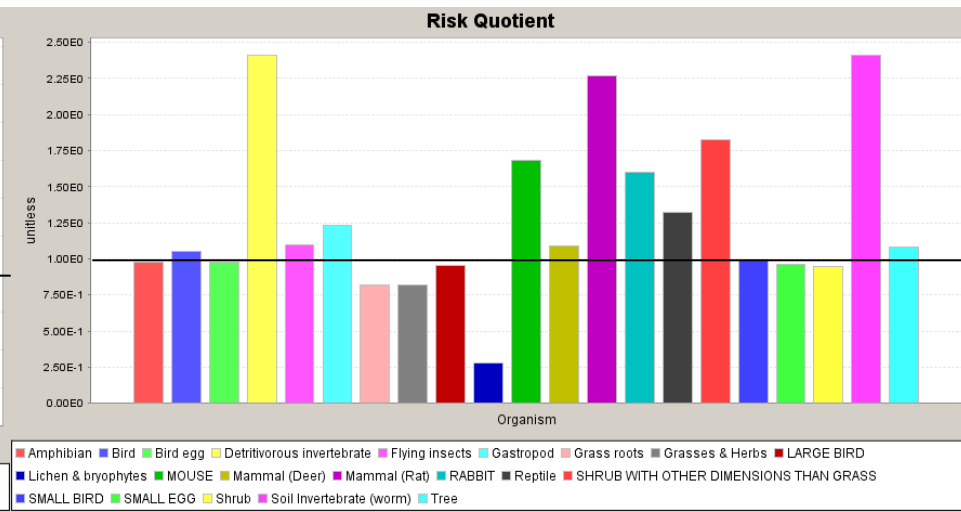
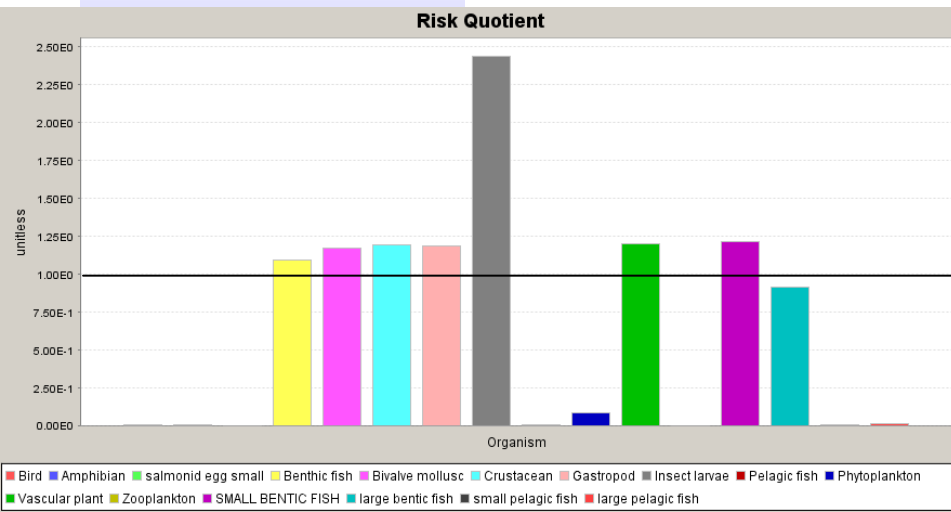
Terrestre, limites: DOEL



RQ > 1

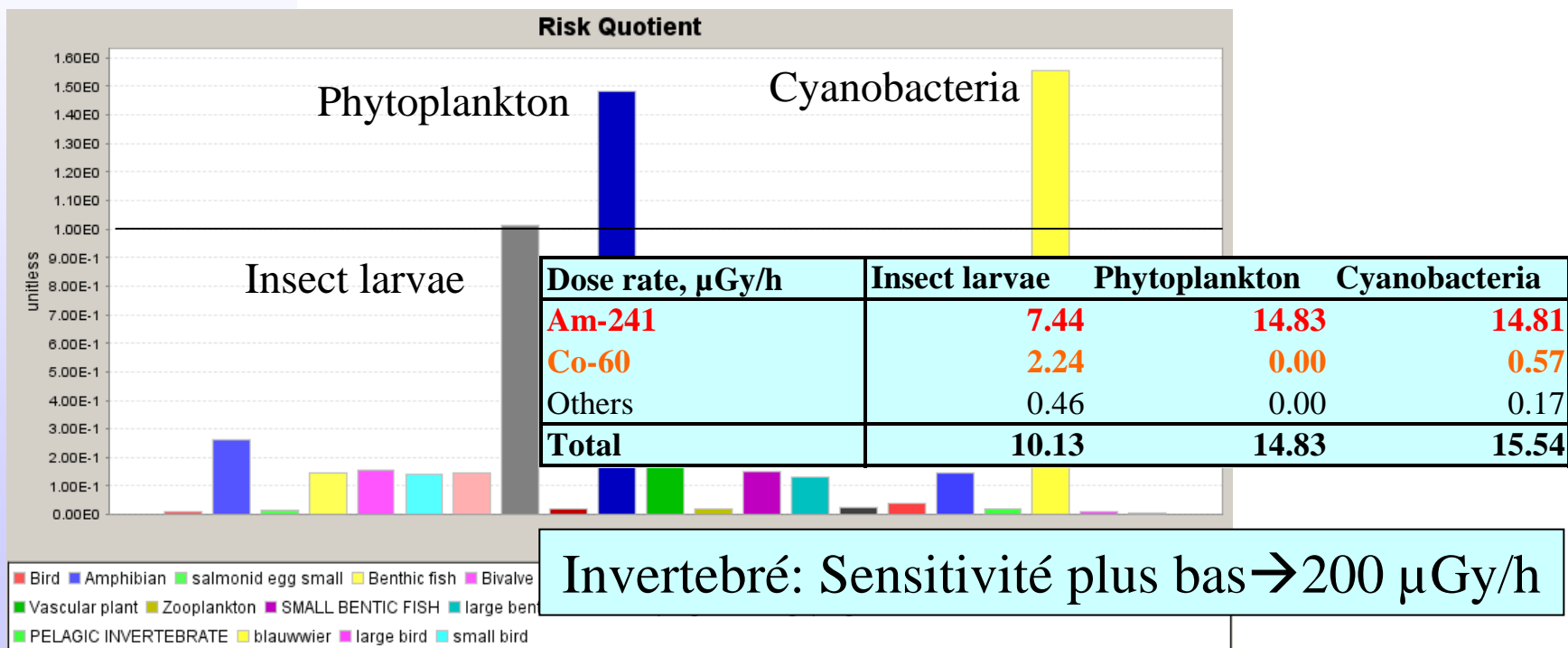
Eau douce, limites : TIHANGE

Terrestre, limites: TIHANGE



Evaluation des limites de décharge avec une évaluation plus réaliste des conc. dans les sédiments avec le modèle Schaeffer

- Tihange: $RQ < 1$
- Doel: écosystèmes terrestres : $RQ < 1$
- Doel: écosystèmes d'eau douce: $RQ \approx 1$



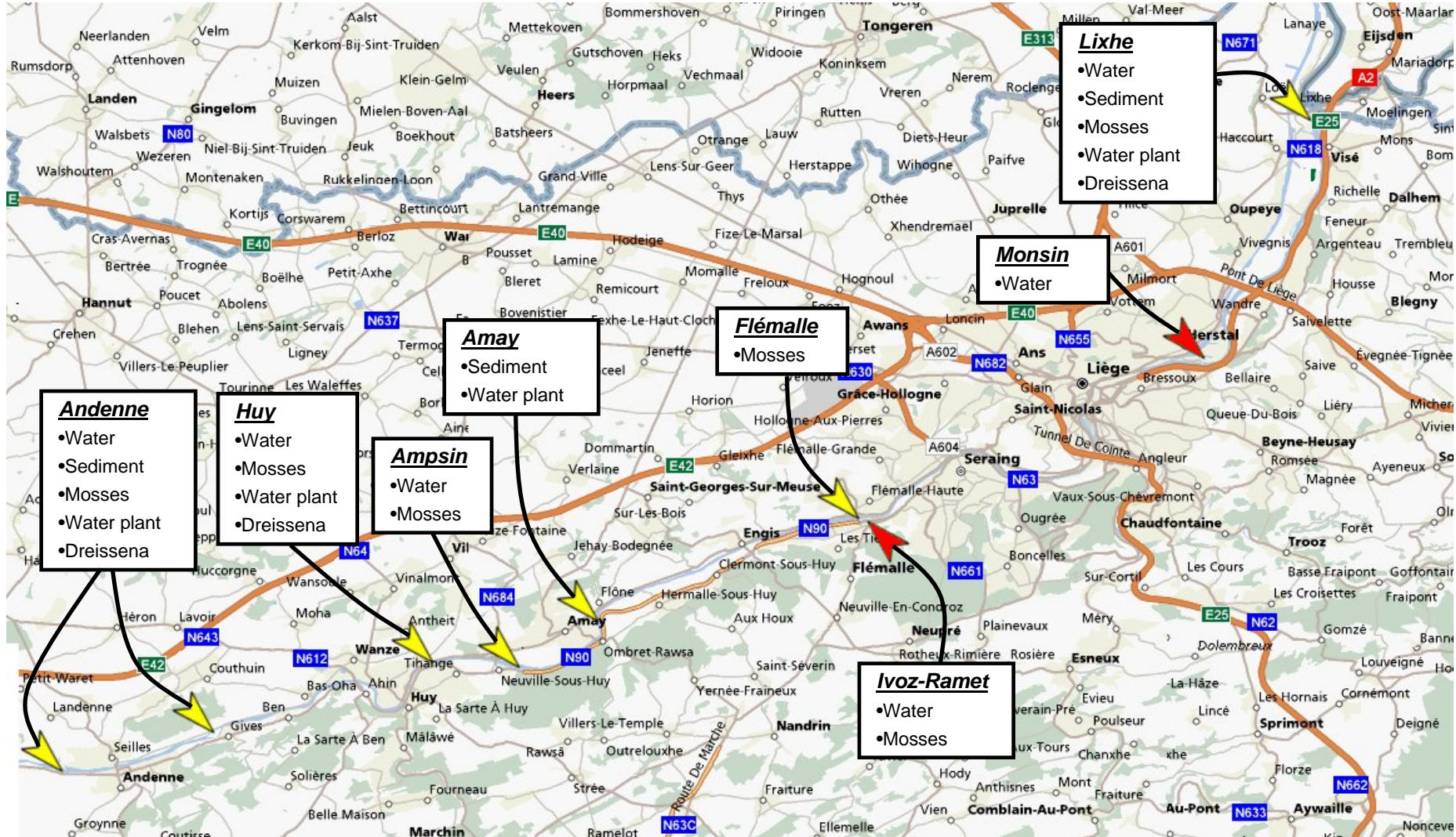
Conclusions préliminaires

- Les décharges actuelles n'affectent pas l'écosystème de façon négative
- Les limites de décharges radioactives sont fixées à des niveaux auxquels l'écosystème est protégé
- L'évaluation préliminaire pour les concentrations environnementales mesurées
 - $RQ < 1$
 - La plus haute contribution de dose vient de RN naturels.

Données Doel: eau, sédiment, fucus (3 locations), moules (1)



Données Tihange: eau (6 locations), sédiment (4), mousse (5), plante aquatique (4), Dreissena (3)



Concentrations environnementales mesurées

- Disparité dans les RNs contrôlés dans l'environnement et dans les décharges
- RNs mesurés: alpha tot, beta tot, **H-3**, **Be-7**, **K-40**, Mn-54, Co-58, Co-60, Zn-65, **Sr-90**, Nb-95, Zr-95, Tc-99, Ru-103/106, Ag-110m, **I-131**, **Cs-134/137**, Ce-144, **Ra-226/228**, Th-228/232, U-234/235/238, Pu-238/239, **Am-241**

Concentrations mesurées

- Comparaison des conc. max. mesurées dans les biota avec les conc. calculées des biota pour Doel (utilisant Schaeffer, décharges max., endroit conc. max. séd.)

Bq/kg-FW	Fucus Kloosterzand	Fucus Hoofdplaat	Mollusc Hoofdplaat
H-3	10	11	13
K-40	1184	1453	850
Sr-90	0	8.3	0
Tc-99	0	31	0
Dose rate $\mu\text{Gy/h}$	Mollusc	Waterplant	
Ra-226	3.27	1.42	73
Th-228	0.76	0.64	0
K-40	0.28	0.30	21
Ra-228	0.01	0.02	19
Rest	0.00	0.01	19
TOTAL	4.33	2.38	3.5
RQ	0.433	0.238	71

Région d'accumulation?

Evaluation préliminaire des conc. env. mesurées pour Tihange

- Max de 2004-2007 données pour Amay et Ampsin
 - Sédiment, eau, plante aquatique, mousses (traitées comme du phytoplancton et des valeurs manquantes des plantes vasculaires)

Amay sediment	Mosses	Waterplant
H3	78	244
Be7	428.2	300
K40	706.1	1700
Mn54	23.07	67
Co57	1.534	5
Co58	119	406
Co60	258.6	265
Zn65	1.521	0
Ag110m	51.21	18.8
I131	270.5	0
Cs134	23.84	6
Cs137	42.02	16
Ra226	46.78	210
Ra228	70.13	230
Th228	61.63	55

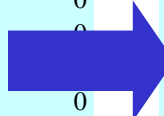
RQ Mousse: **0.986**
RQ plante aquatique: 0.171

Dose rate µGy/h	Water plant	Mosses (Phytoplankton)
Ra-226	0.68	7.28
Th-228	0.69	2.59
Co-60	0.18	0.00
Ag-110m	0.04	0.00
Rest	0.12	0.00
TOTAL	1.71	9.86

Comparaison des concentrations et débits de dose en amont et en aval

UPSTREAM				DOWNSTREAM				Ratios downstream/upstream			
Andenne	Sediment	Mosses	Waterplant	Amay	Sediment	Mosses	Waterplant	Sediment	Mosses	Waterplant	
H3	33.6	20	11	H3	78	244	15	H3	2.32	12.20	1.36
Be7	320	824	220	Be7	428.2	300	110	Be7	1.34	0.36	0.50
K40	585	890	550	K40	706.1	755	1700	K40	1.21	0.85	3.09
Mn54	1.17	10	0	Mn54	23.07	67	0	Mn54	19.72	6.70	
							0	Co57			
							0	Co58			
Co60	5.33						0	Co60	48.52		
Zn65	10.7						0	Zn65	0.14		
Ag110m	10.08						0	Ag110m	5.08		
I131	335.3						0	I131	0.81		
							0	Cs134			
Cs137	16.43	5.6	3.3	Cs137	42.02	16	0	Cs137	2.56	2.86	
Ra226	44.54	650	9	Ra226	46.78	210	19	Ra226	1.05	0.32	2.11
Ra228	61.65	610	17	Ra228	70.13	230	21	Ra228	1.14	0.38	1.24
Th228	48.12	90	3.6	Th228	61.63	55	14	Th228	1.28	0.61	3.89

Généralement les concentrations de RN anthropogéniques dans les milieux augmentent en amont



Dose rate µGy/h	Waterplant	Mosses (phytoplankton)
Ra-226	1.27	90.09
Th-228	0.70	16.93
I-131	0.04	0.00
Ra-228	0.02	0.00
Ag-110m	0.01	0.00
Rest	0.00	0.00
TOTAL	2.04	107.02

Dose rate µGy/h	Water plant	Mosses (Phytoplankton)
Ra-226	0.68	7.28
Th-228	0.69	2.59
Co-60	0.18	0.00
Ag-110m	0.04	0.00
Rest	0.12	0.00
TOTAL	1.71	9.86

- Dose surtout due au radionuclides naturels
- Plus élevée en amont qu'en aval