FLUX ET BILAN DES PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE ARTIFICIELLE PRÉSENTS DANS LE RHÔNE

Frédérique **EYROLLE-BOYER**, Damien **TOURNIEUX**,
Christelle **ANTONELLI**

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

PRP-ENV/SESURE

LERCM, Centre de Cadarache, BP 3, 13106 Saint Paul Lez Durance

LS3E, 31, Rue de l'Écluse, BP 35, 78116 Le Vésinet

ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DES EAUX DU RHÔNE

Radioactivité d'origine naturelle

✓ **Origine tellurique:** Radionucléides à vie très longue présents dans la croûte terrestre :

Le ^{40}K et les éléments des chaînes de l'^{238}U et du ^{232}Th principalement, incluant en outre les isotopes du radium (^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{224}Ra).

✓ **Origine cosmogénique:** Radionucléides formés par l'action des rayons cosmiques puis déposés à la surface terrestre principalement par les précipitations :

Le ^{3}H, le ^{14}C et le ^{7}Be, notamment.

Transfert vers les milieux aquatiques via les processus d'érosion et de drainage des sols du bassin versant.

Niveaux constants au cours du temps (échelle humaine)

ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DES EAUX DU RHÔNE

Radioactivité d'origine artificielle

✓ **Les retombées atmosphériques globales et de l'accident de Tchernobyl* :**

Rémanence dans l'environnement des radionucléides à vie moyenne à longue tels que le ^{137}Cs*, le ^{90}Sr et les isotopes du plutonium.

Niveaux en ↘ au cours du temps (Décroissance radioactive, épuisement progressifs des stocks)

✓ **Les rejets des centres hospitaliers:**

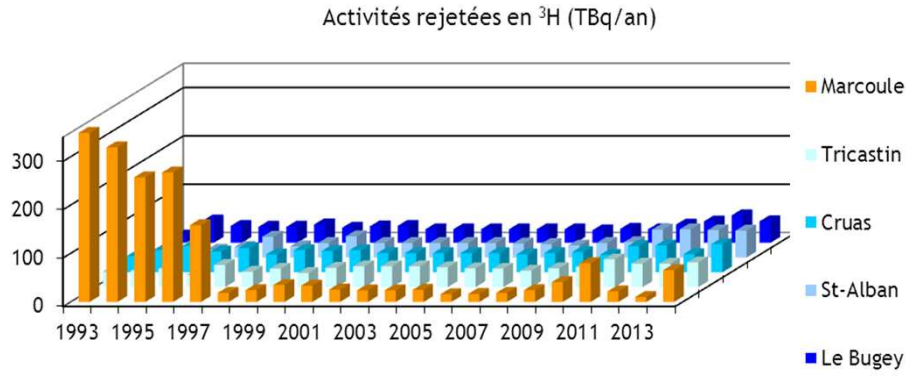
Radionucléides de périodes très courtes dont seul l'^{131}I est régulièrement mesuré dans les eaux du Rhône.

✓ **Les rejets liquides de l'industrie nucléaire:**

Principalement le centre de retraitement du combustible irradié de Marcoule et les C.N.P.E. de Bugey, Saint Alban, Cruas et Tricastin.

LES REJETS LIQUIDES DANS LE RHÔNE

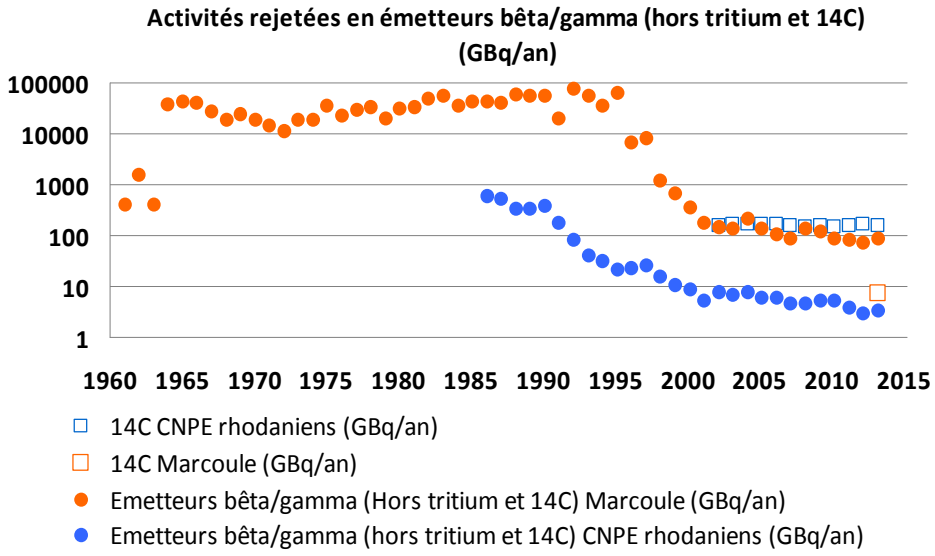
✓ **Les quantités rejetées les plus importantes concernent le <u>tritium</u>**
<u>295 TBq</u> en 2013 (toutes installations rhodaniennes confondues)



75% par les CNPE rhodaniens
25% par le centre de de Marcoule

✓ **Le ^{14}C**
<u>167 GBq</u> en 2013 (toutes installations rhodaniennes confondues)

96% par les CNPE rhodaniens,
4% par le centre de Marcoule.



✓ **Les émetteurs bêta/gamma (hors *tritium et ^{14}C)***
<u>92 GBq</u> en 2013 (toutes installations rhodaniennes confondues)

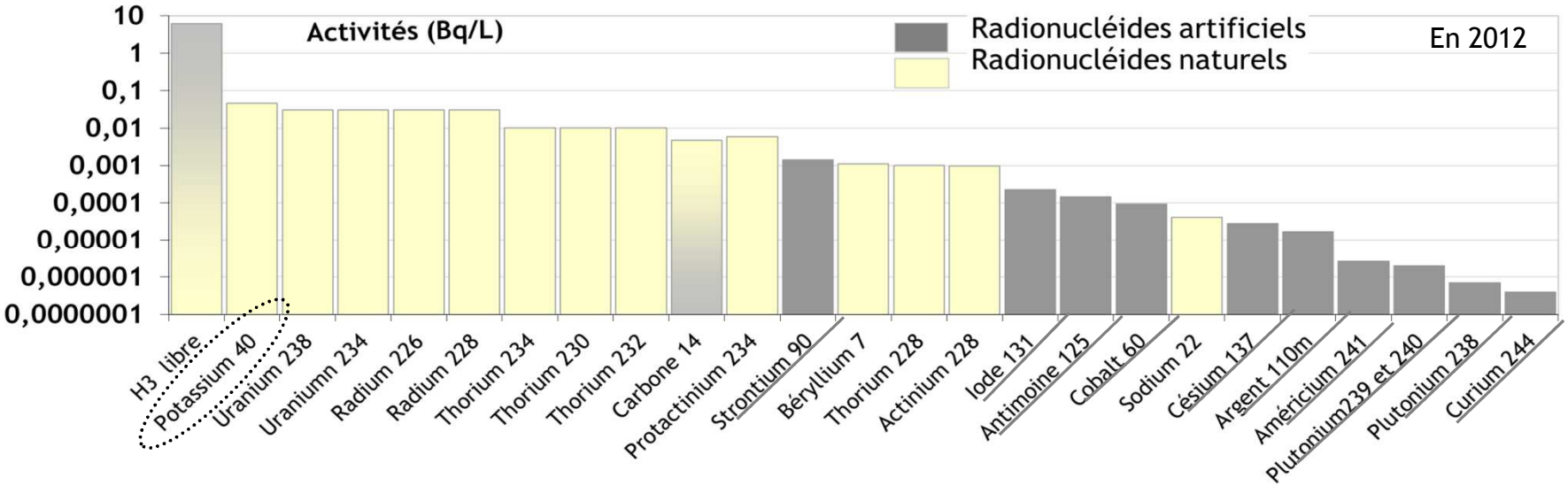
5% par les CNPE rhodaniens,
95% par le centre de Marcoule.

✓ **Les quantités rejetées sont en ↘**
Excepté pour le tritium et le ^{14}C

LES DONNÉES DE LA SURVEILLANCE

✓ Radioactivité artificielle / Radioactivité naturelle

Exemple des radionucléides naturels et artificiels détectés dans les eaux filtrées du Rhône aval
(Réseau de surveillance de l'IRSN : Hydrotéléray Vallabrègues et SORA Arles)



✓ Le tritium présente les niveaux d'activité les plus importants (1 à 15 Bq/L), supérieurs à ceux du ^{40}K d'origine naturelle (de l'ordre de 0,05 Bq/L),

Plus de 95% du tritium est d'origine anthropique

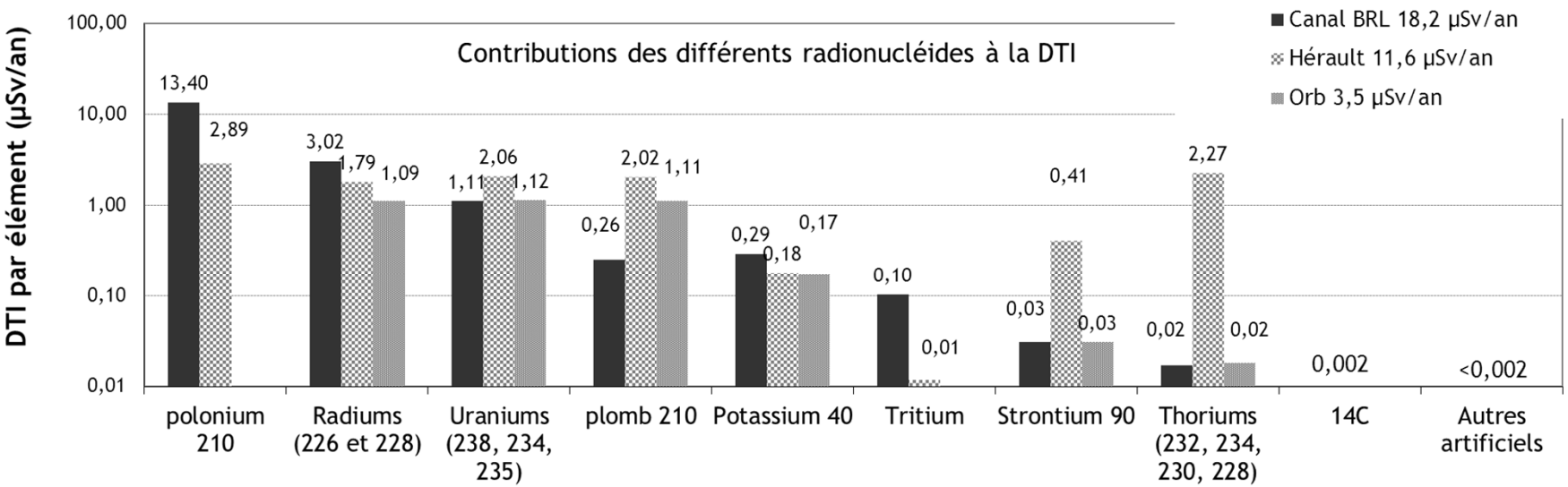
✓ Les niveaux en ^{14}C sont de l'ordre de 0,005 Bq/L (pour 20mg/L de CID),

30 à 50 % du ^{14}C est d'origine anthropique

✓ Les niveaux des autres radionucléides artificiels sont inférieurs à 0,001 Bq/L.

QUELS SONT LES CONTRIBUTEURS À LA DOSE PAR CONSOMMATION DE L'EAU DU RHÔNE ?

✓ **Calcul de la Dose Totale Indicative (DTI) par consommation de l'eau filtrée du Rhône aval (Canal Languedoc-Roussillon)**



Pour un adulte, 2L d'eau par jour

✓ **les principaux contributeurs à la DTI sont les radionucléides naturels (*^{210}Po, radiums et uraniums, principalement*),**

✓ **Le tritium contribue pour moins de 0,5%**

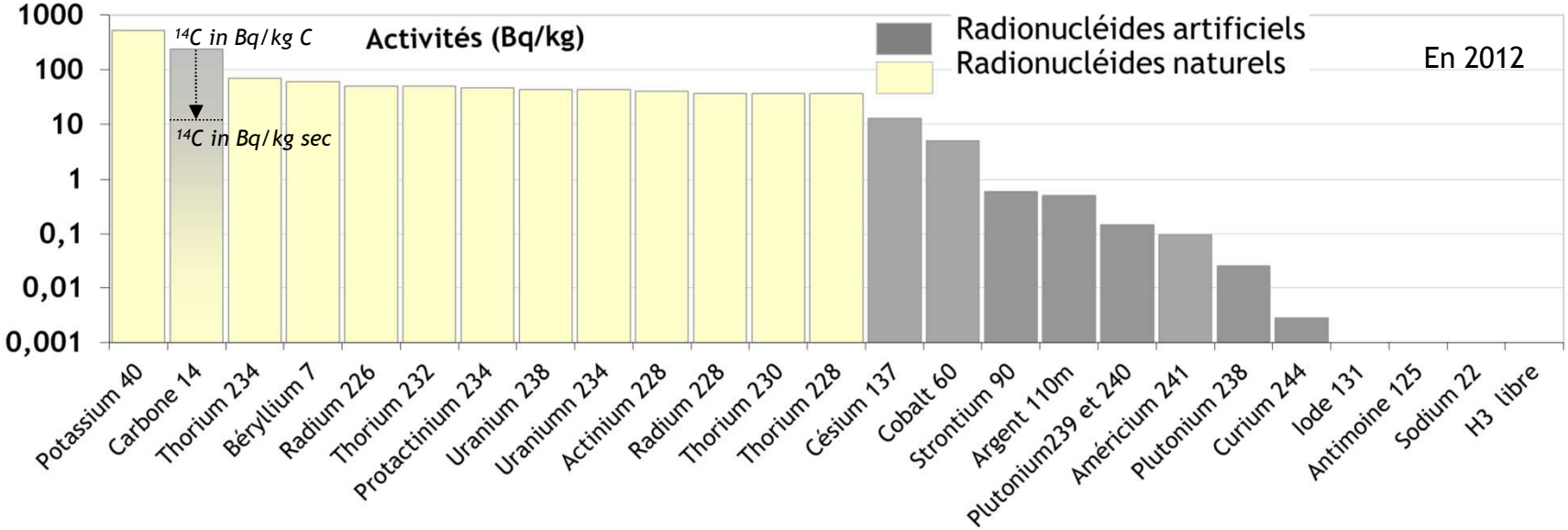
✓ **Le ^{14}C contribue pour moins de 0,01%**

✓ **Pas de différence significative avec les fleuves côtiers de la région et DTI < 100 µS/an**

LES DONNÉES DE LA SURVEILLANCE

✓ Radioactivité artificielle / Radioactivité naturelle

Exemple des radionucléides naturels et artificiels détectés dans les matières en suspension du Rhône aval
(Réseau de surveillance de l'IRSN, Hydrotéléray Vallabrègues et SORA Arles)



✓ Le ^{14}C présente des niveaux d'activité de 150 à 350 Bq/kg C (10 à 20 Bq/kg sec),

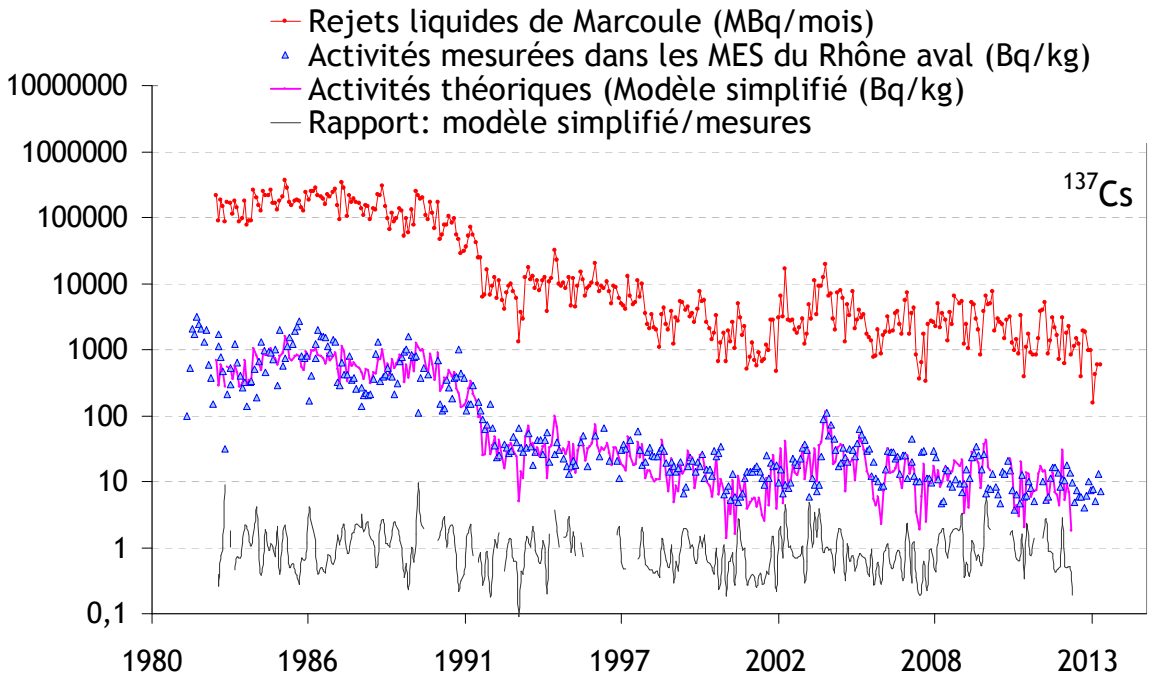
✓ Niveaux en ^{14}C supérieurs au bruit de fond des sédiments des cours d'eau non anthropisés (95 à 234 Bq/kg C),

✓ Les niveaux d'activités des autres radionucléides artificiels sont similaires (^{137}Cs) à ceux du ^{14}C ou inférieurs de 1 à 5 ordres de grandeur.

LES DONNÉES DE LA SURVEILLANCE

✓ Activités mesurées / Activités théoriques (modèle)

Exemple du ^{137}Cs dans le Rhône aval



Modèle simplifié:

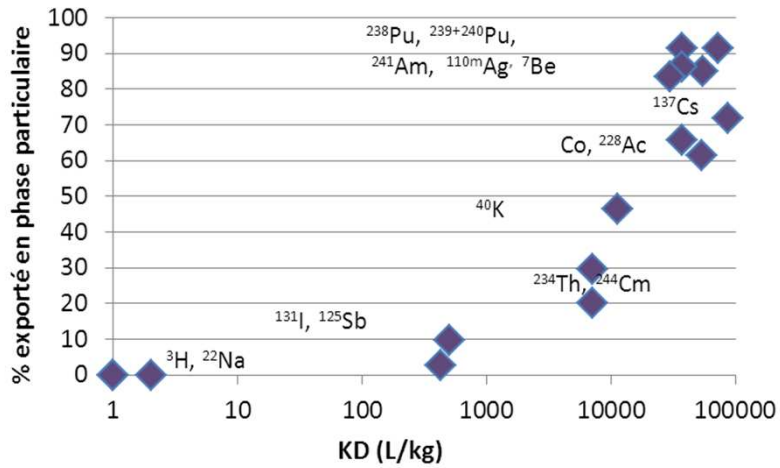
$$A = \frac{M}{MES \times Q} \times \%_{MES}$$

✓ **Les activités mesurées sont (très bien) expliquées par les rejets liquides du centre de Marcoule (98,2 %).**

A, Activité en ^{137}Cs des MES (Bq/kgsec),
M, les rejets liquides de Marcoule (Bq/s),
Q, le débit moyen mensuel (m3/s),
MES, la concentration en MES (mg/L)
%MES la proportion de 137Cs fixée sur les particules.
***Données d'entrée*: charge moyenne en MES de 50 mg/L et 85% de l'activité transférés associée aux particules (25% transite en phase dissoute).**

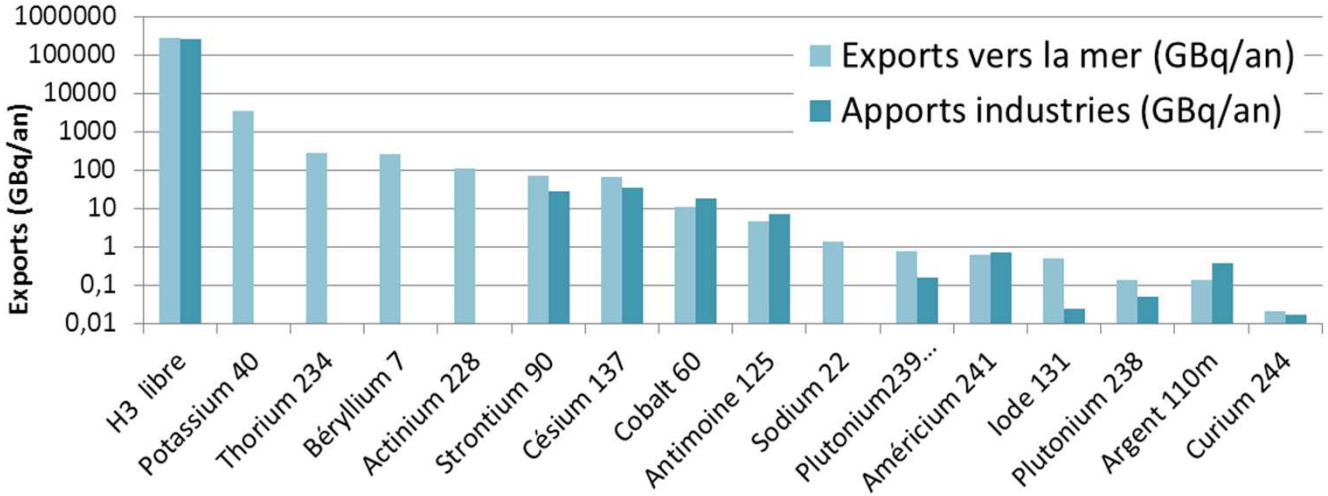
LES DONNÉES DE LA SURVEILLANCE

✓ Les flux vers le milieu marin (SORA)



- ✓ Les proportions exportées sous forme solides varient fortement d'un élément à l'autre
- ✓ Fonction du K_D

✓ Bilans matière (Flux mesurés / Rejets)



- ✓ Les flux sont expliqués par les apports des industries : bilans de masse équilibrés dans la grande majorité des cas.

CONCLUSIONS

- Aujourd'hui, les radionucléides artificiels majoritaires rejetés dans le Rhône sont le tritium et le ^{14}C,
- Le tritium est le radionucléide prépondérant des eaux filtrées (95% proviennent des industries),
- Le ^{14}C est l'un des radionucléides prépondérant des MES (30 à 50% proviennent des industries),
- Ces deux éléments contribuent à moins de 0,5% de la DTI liée à la consommation d'eau du Rhône (rendue potable !),
- Les données du réseau de surveillance permettent de quantifier les différentes composantes de la radioactivité des eaux et de connaître la contribution des différents termes source,
- Connaissant les rejets, de simples calculs de dilution permettent de connaître les activités …. Mais l'on ne connaît pas toujours les rejets (!!),
- Les données de la surveillance permettent de réaliser des bilans de masse et de 'vérifier' que les exports (flux sortants) sont proportionnels aux quantités introduites (flux entrants),
- Elles permettent ainsi la comptabilité des flux en transit, et en particulier ceux exportés vers le milieu marin.

Merci de votre attention ….

La station Observatoire du Rhône à Arles – SORA (Réseau de Surveillance de l'IRSN)

La station de surveillance du réseau Hydrotéléray (Vallabrègues) – Cuve de décantation des eaux et hydro collecteur.