

LES DONNÉES DES TRAJECTOIRES AU SERVICE DES OUTILS OPÉRATIONNELS ET DE GESTION

DES ARCHIVES SÉDIMENTAIRES :

- À LA CALIBRATION DU LESSIVAGE DES BASSINS VERSANTS
- À L'HISTORIQUE DES CONCENTRATIONS DES COURS D'EAU EN ^{137}CS

P.Boyer, V.Nicoulaud-Gouin, P.-A.Chaboche, O.Evrard, T.Richard, M.Fouladirad, F.Anselmet, F.Giner, D.Mourier, F.Eyrolle

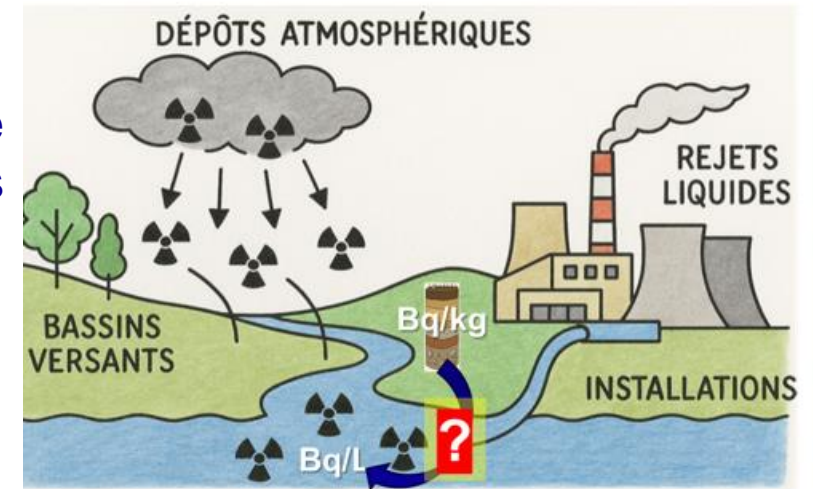
Contexte et objectif

TRAJECTOIRE \Rightarrow chroniques des activités massiques déposées sur les berges alluviales en situations de crues

Objectif

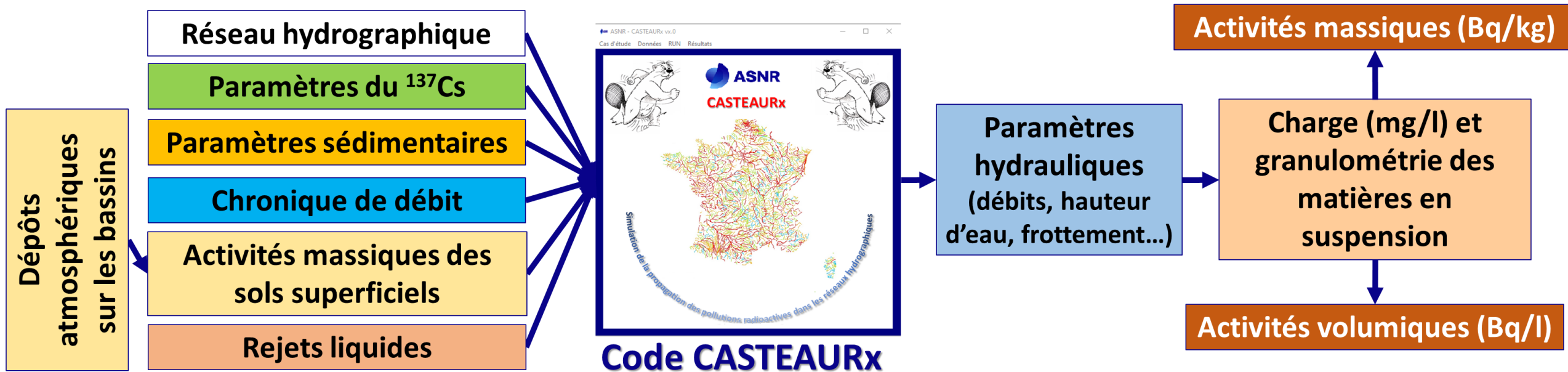
Utiliser les archives de l'ANR TRAJECTOIRE pour reconstruire l'historique des activités massiques des MES et des activités volumiques des rivières depuis les années 60

Des Bq/kg des archives de berge
aux Bq/L de l'eau des rivières

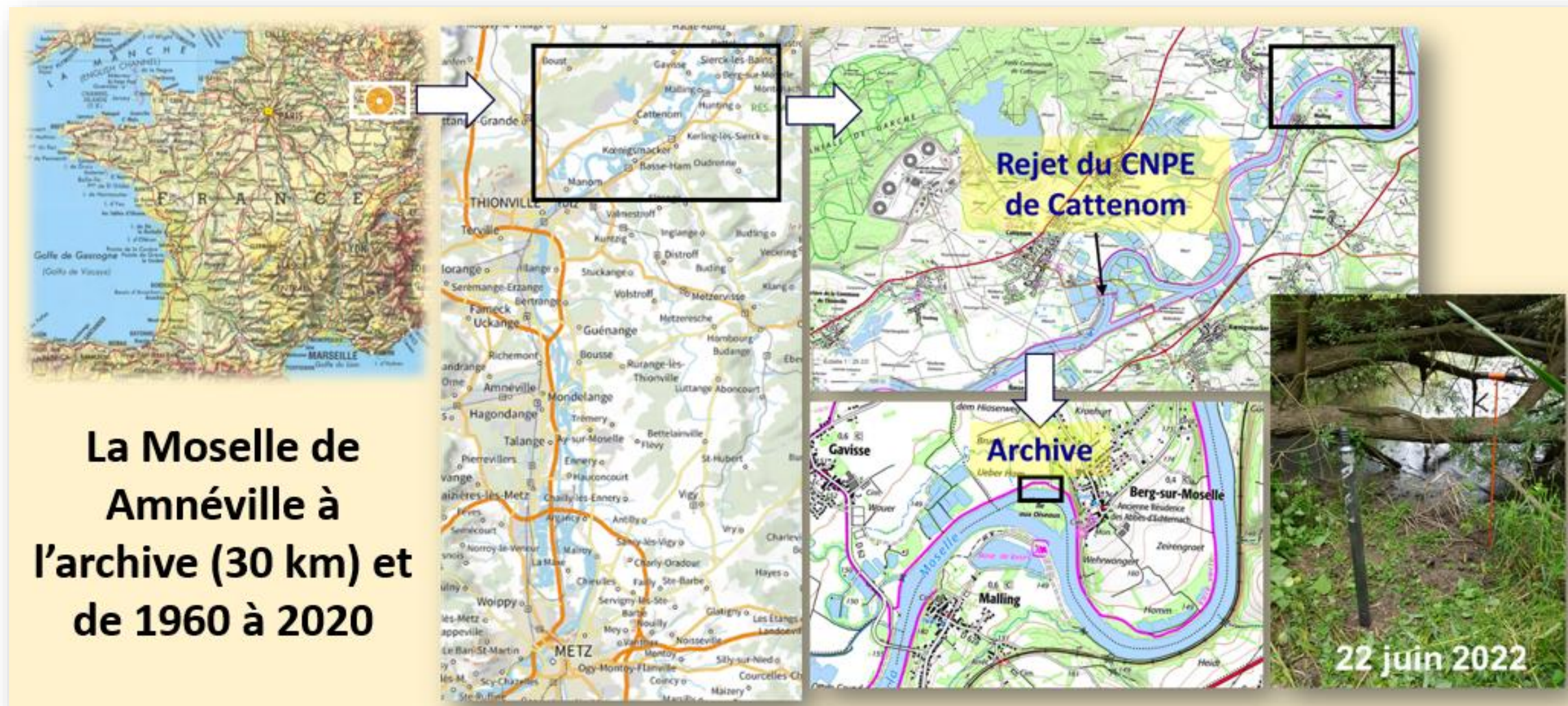


Exemple du ^{137}Cs dans la Moselle

Méthode générale



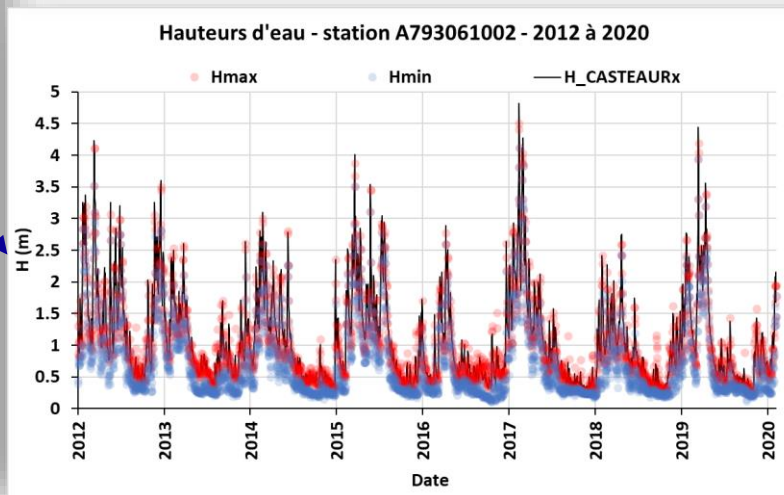
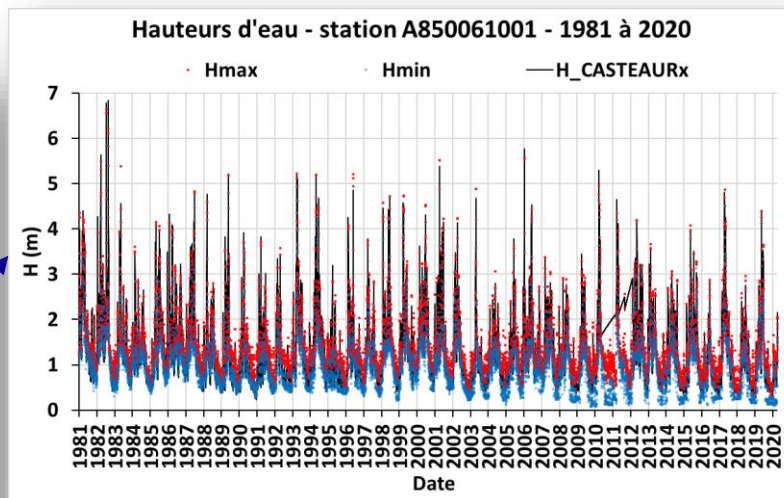
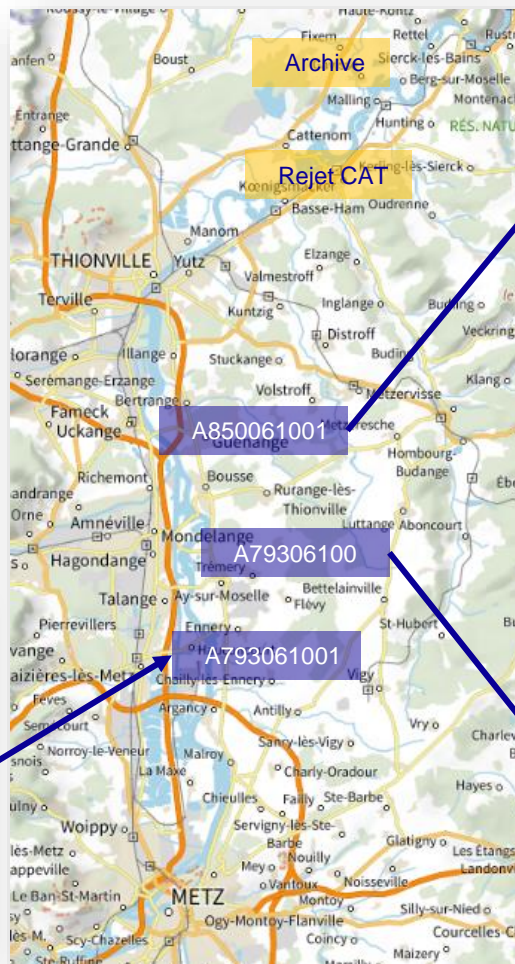
1 – Domaine d'étude



2 – Calibration hydraulique

Calibration hydraulique à partir des hauteurs d'eau aux stations hydrométriques

Modélisation des variables hydrauliques à chaque pas de temps et maille de calcul (Q, U, Kx, tf, H, SM, PM...)



Calibration Strickler

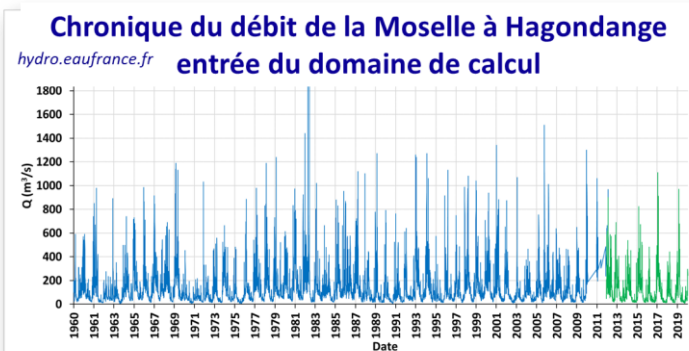
$32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

largeur supérieure à 30 m,
pente entre 0.0008 et
0.002

Période : 1960 \Rightarrow 2020

$\Delta x = 200 \text{ m}$

$\Delta t = 20 \text{ mn}$

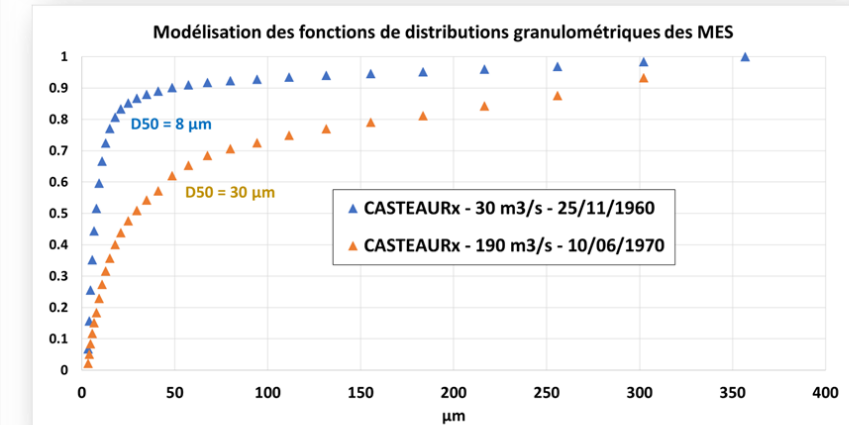
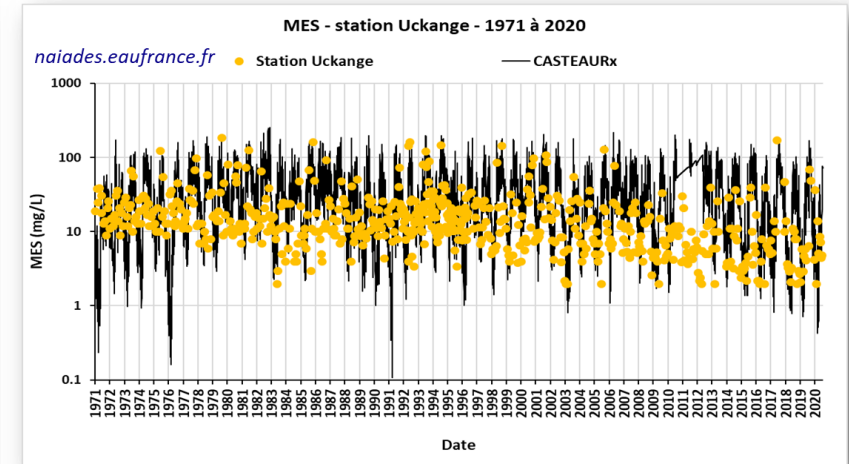
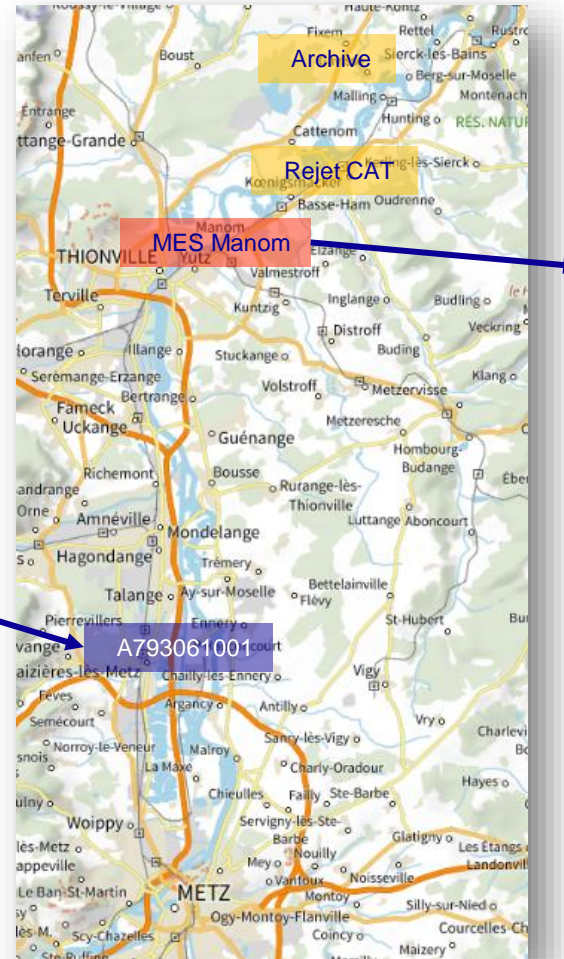
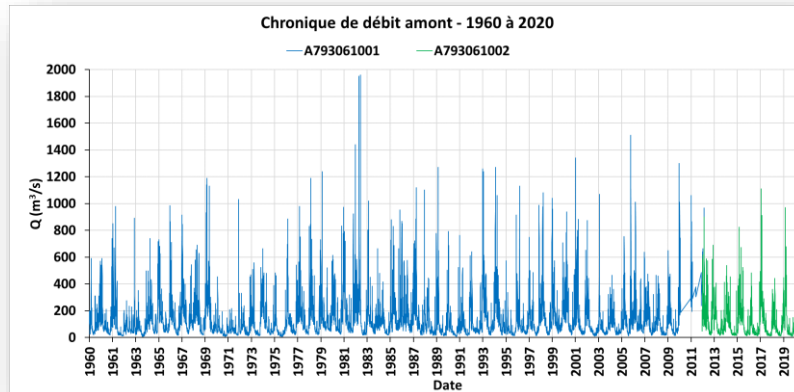


3 – Calibration sédimentaire

Pas de données granulométriques \Rightarrow calibration sur charge totale

Modélisation des charges en suspension de 30 classes de particules (3 à 350 μm) à chaque pas de temps et maille de calcul

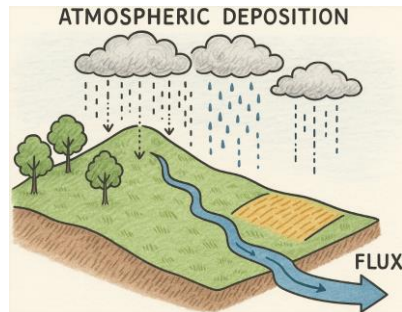
Débits injectés à la station A793061001



4 – Erosion/lessivage du bassin versant

Modélisation du flux de ^{137}Cs par lessivage/érosion du bassin versant

Hypothèse : A chaque instant, le flux d'activité Φ (Bq/s) du bassin vers la rivière est donné par :



Charge en suspension (kg/m^3)
(modélisées)

Flux lessivage (Bq/s) :

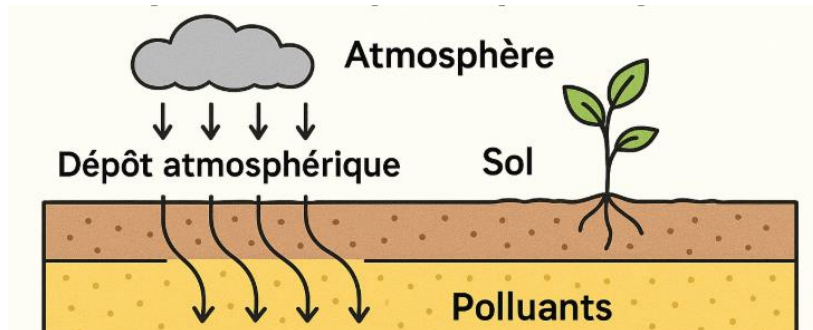
$$\Phi(t) = Q(t) \cdot SS(t) \cdot C_{soil_surface}(t)$$

Débit (m^3/s)
(chroniques de données)

Activité moyenne des sols superficiels (Bq/kg)
(modélisée à partir des chroniques de dépôt atmosphérique)

$C_{soil_surface}(t)$: somme des contributions de pulses de dépôt $D_{ip}(\tau_{ip})$ déposées aux instants τ_{ip} et modélisées en fonction de leur dilution massique par migration verticale et de leurs pertes par érosion/lessivage et décroissance radioactive

$D_{ip}(\tau_{ip})$ ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{s}$)



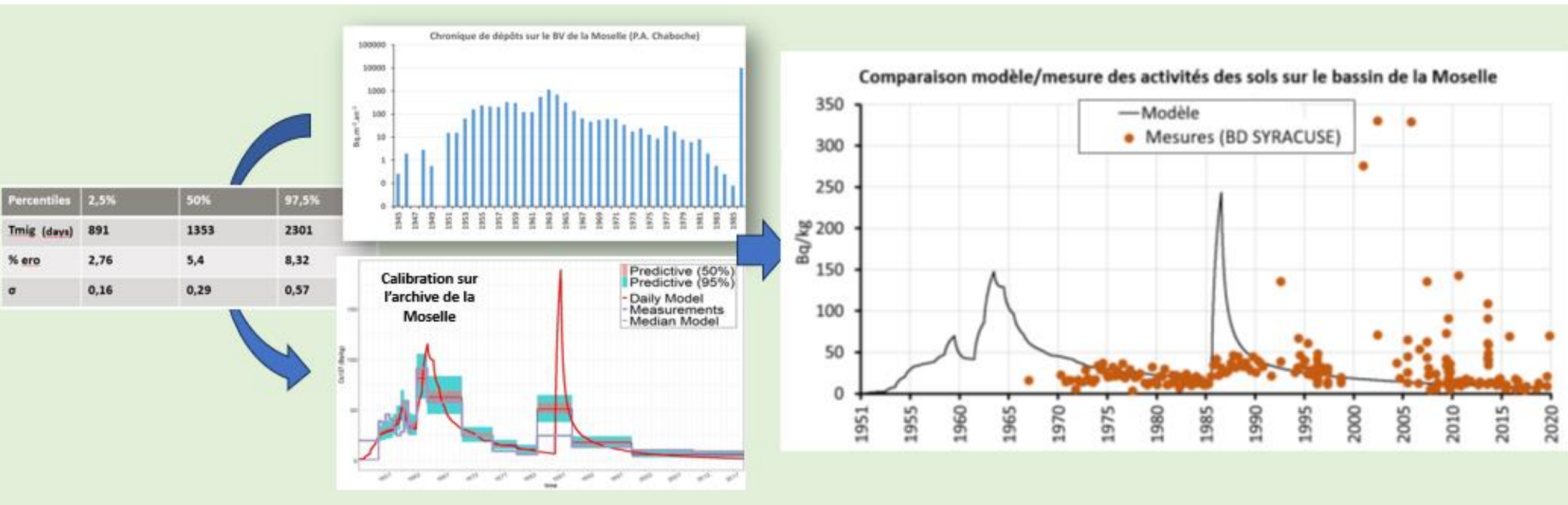
- λ_{rn} : cinétique de décroissance radioactive (j^{-1})
- z_{max} : profondeur max de migration verticale (m)
- n_{soil} : porosité moyenne des sols (m)..

- λ_{mig} : cinétique de migration verticale (j^{-1})
- λ_{ero} : cinétique d'érosion (j^{-1})

calibrés pour chaque BV à partir des archives sédimentaires de **TRAJECTOIRE** et des chroniques de dépôt (P.A Chaboche, LSCE)

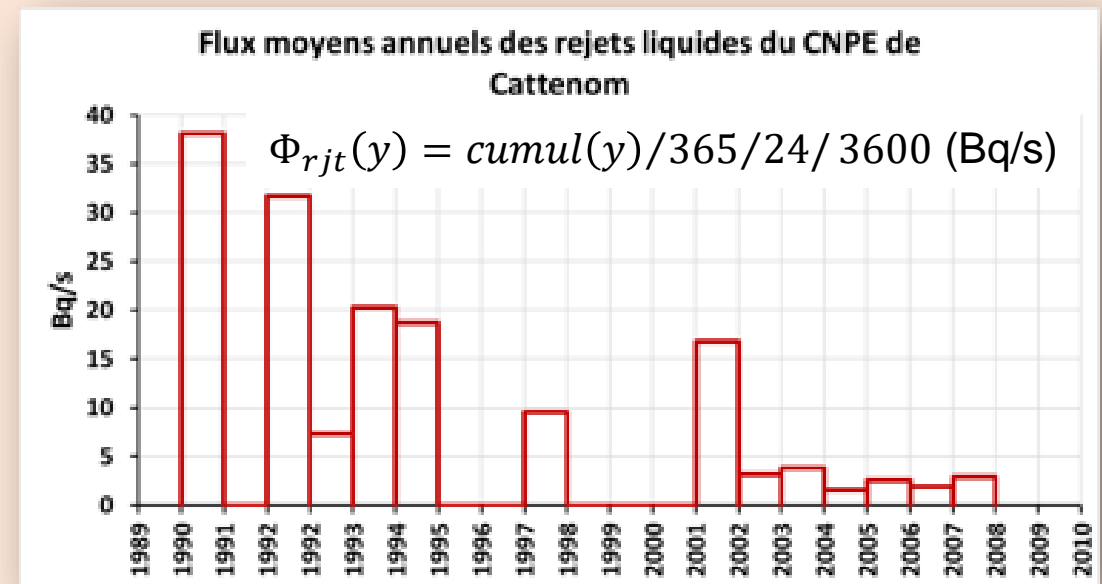
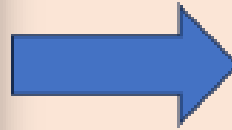
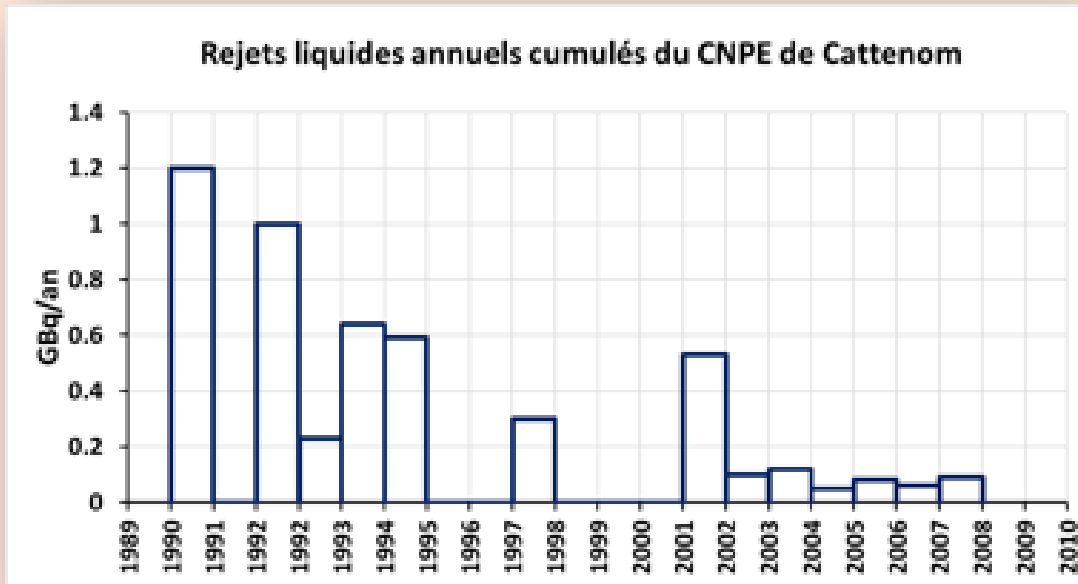
5 – Erosion/lessivage du bassin et rejets liquides

Calibration par inférence Bayésienne à partir des chroniques de dépôts atmosphériques et de l'archive sédimentaire



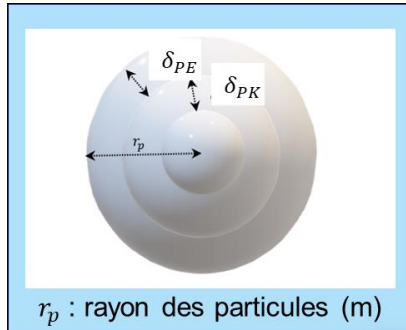
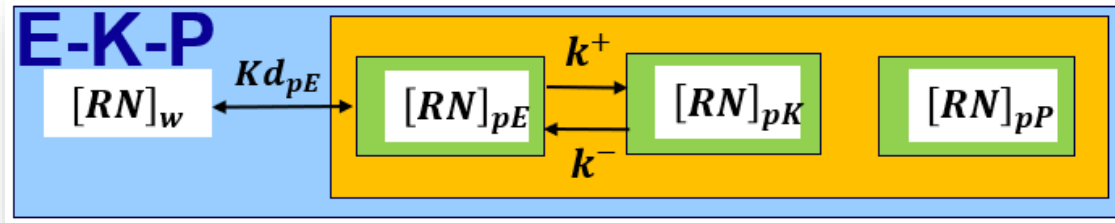
6 – Rejets liquides

Rejets liquides cumulés annuels de ^{137}Cs par le CNPE de Cattenom (données AIEA) avant 2008

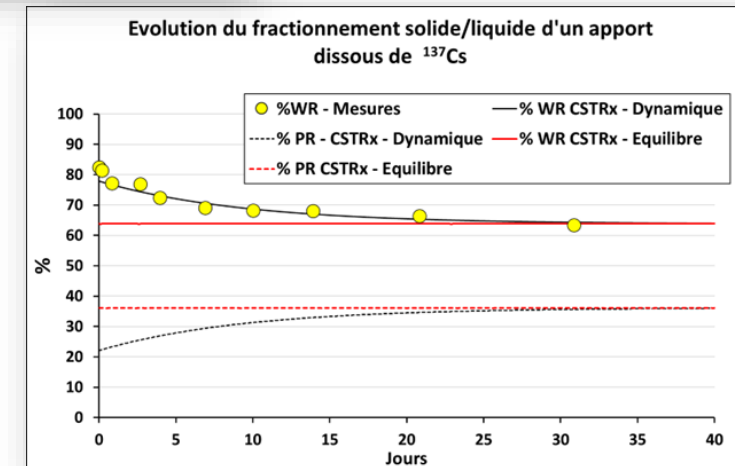


Rejets liquides cumulés annuels (données AIEA) \Rightarrow flux moyens annuels

7 – Fractionnement solide/liquide du ^{137}Cs



- δ_E • Épaisseur de la couche d'équilibre (m)
- δ_K • Épaisseur de la couche dynamique (m)
- Kd_E • Coefficient de fractionnement solide/liquide à l'équilibre de la couche équilibre (m^3/kg)
- k^+ • Cinétique d'adsorption de la couche active (s^{-1})
- k^- • Cinétique de désorption de la couche active (s^{-1})



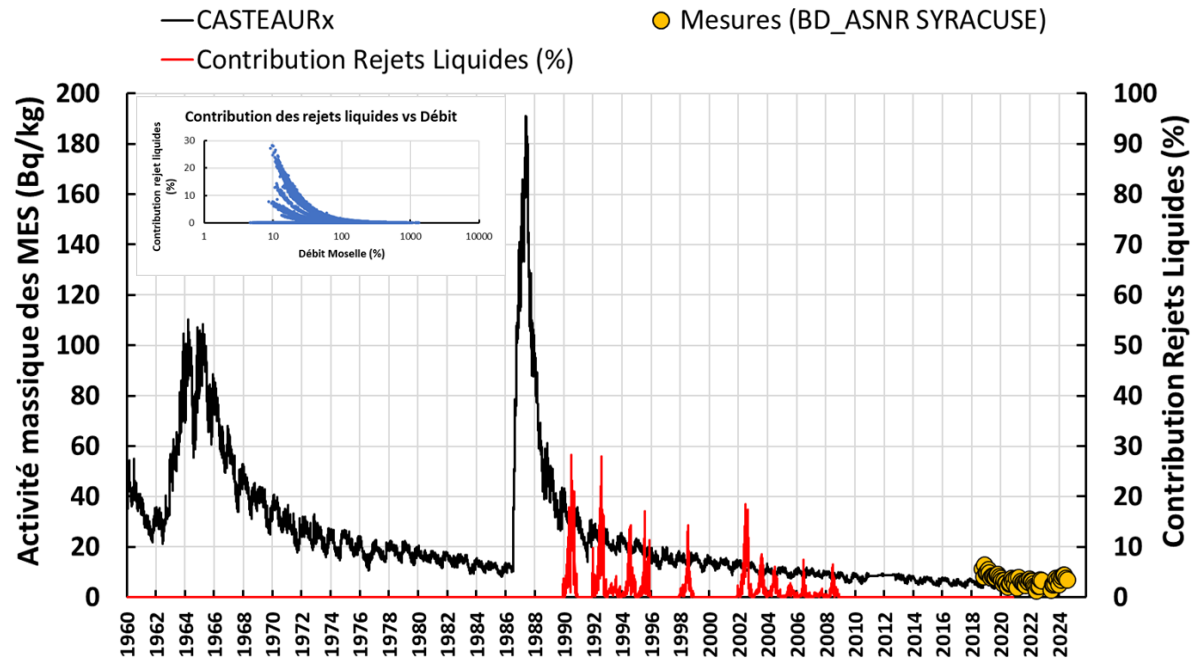
Comportement vs sources RN

- Rejets liquides \Rightarrow Adsorption
- Lessivage BV \Rightarrow Désorption

| RN | Kde (L kg^{-1}) | δe (μm) | δk (μm) | k^+ (s^{-1}) | k^- (s^{-1}) |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ^{137}Cs | 567 | 0.01 | 2 | $1.52\text{E-}6$ | $1\text{E-}6$ |

8 – Résultats

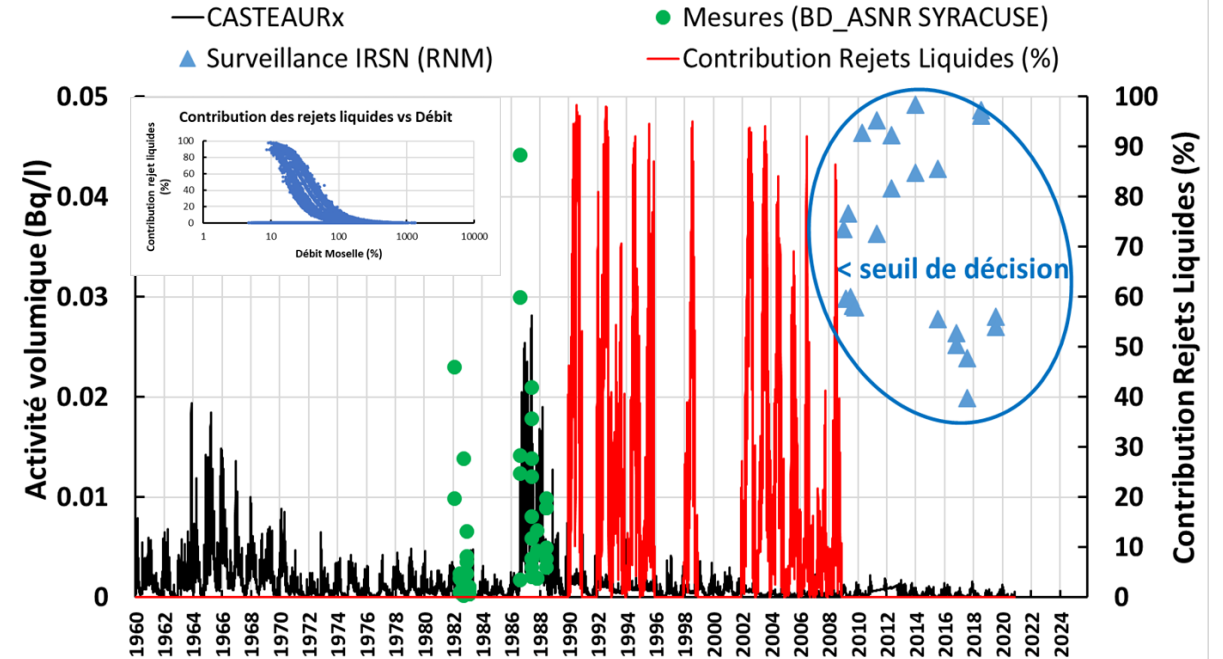
Activités massiques des MES à Berg Sur Moselle (archive)



Activités massiques en ^{137}Cs des matières en suspension

- Cohérence modèle/mesures (pas de données avant 2017)
- Contribution des rejets liquides annuels inférieure à 30 %, en diminution depuis 1990 et négligeable lorsque le débit de la Moselle dépasse 100 m³/s.

Activités volumiques à Berg Sur Moselle (archive)



Activités volumiques de la Moselle en ^{137}Cs

- Cohérence modèle/mesures (pas de données avant 1980 et entre 1989 et 2008 ; RNM < SD).
- Contributions des rejets liquides annuels de qqs % à 98 % et négligeable lorsque le débit de la Moselle dépasse 200 m³/s.

Rejets liquides moyens annuels \Rightarrow non simulés : - les chroniques réelles de rejet ont probablement généré des pics d'activités plus forts et éparses que ceux simulés ici - Pas de rejets pour des débits de la Moselle < 15 m³/s et > 500 m³/s (Décision ASNR) - Rejets après 2008

9 – Conclusions et perspectives

- Reconstruction des activités volumiques et massiques de la Moselle en ^{137}Cs depuis 1960
- Cohérence modèle/mesures < 1 ordre
- Contributions des rejets liquides annuels de Cattenom :
 - inférieures à 30% pour les activités massiques en ^{137}Cs des matières en suspension (Bq/kg) et comprises entre qqs % et 98% pour les activités volumiques (Bq/l).
 - diminuent quand le débit de la Moselle augmente.
- compléter avec les rejets liquides de 2008 à aujourd'hui

Le couplage modèle/mesure des données acquises par l'ANR TRAJECTOIRE permet :

- **d'interpréter les mesures de la surveillance < seuil de décision**
- **de reconstruire l'historique de la contamination des rivières en ^{137}Cs et de compléter les manques de données pour affiner l'évaluation des doses liées aux usages de ces milieux depuis les années 60.**