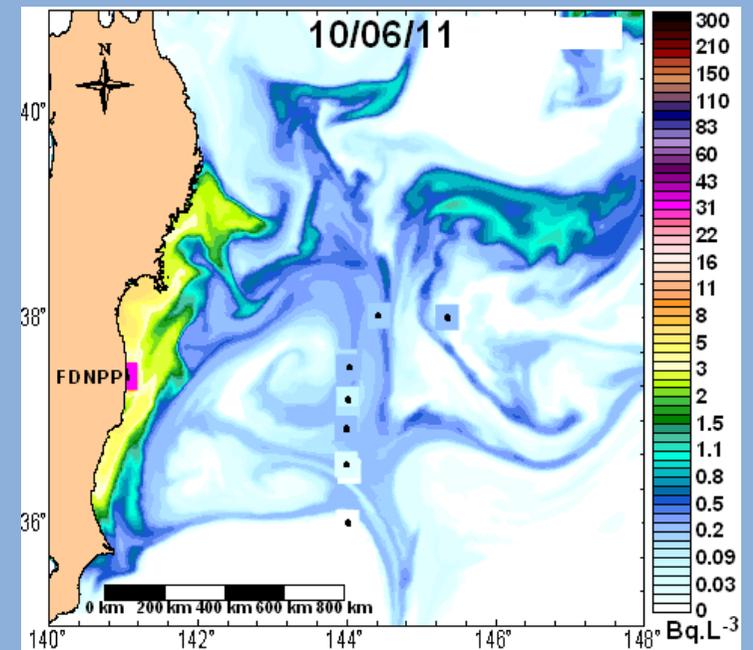
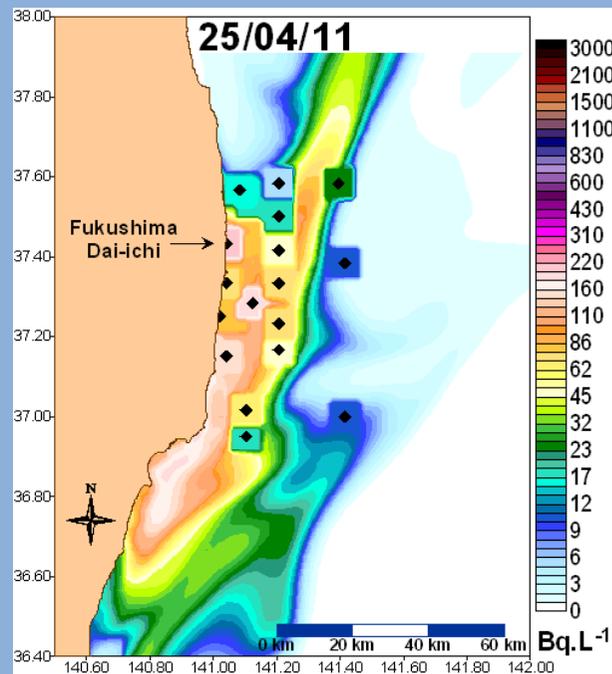
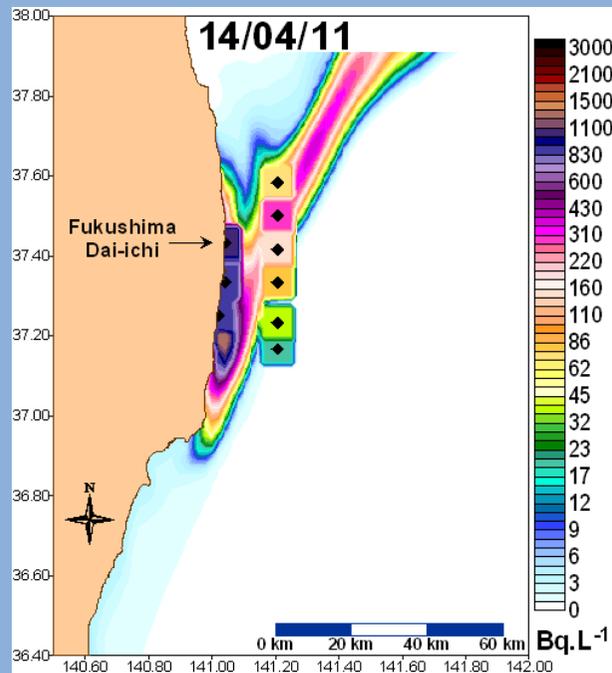


IMPACT DES REJETS DE L'ACCIDENT DE LA CENTRALE DE FUKUSHIMA SUR LE MILIEU MARIN



☞ Avril 2011 : l'IRSN constitue la "cellule mer Fukushima"

- Collecte des données publiées sur les sites Internet japonais: Nuclear Regulation Authority, Tokyo Electric Power Company, Ministry of Health, Labour and Welfare)
 - 🔗 <http://radioactivity.nsr.go.jp/en/new/list-1.html>
 - 🔗 <http://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/index-e.html>
 - 🔗 http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index_food_radioactive.html
- Suivi des évolutions dans l'espace et le temps (eau, sédiments, espèces marines)
- Estimation du terme source
- Modélisation de la dispersion et des transferts

☞ Communication: site Internet IRSN

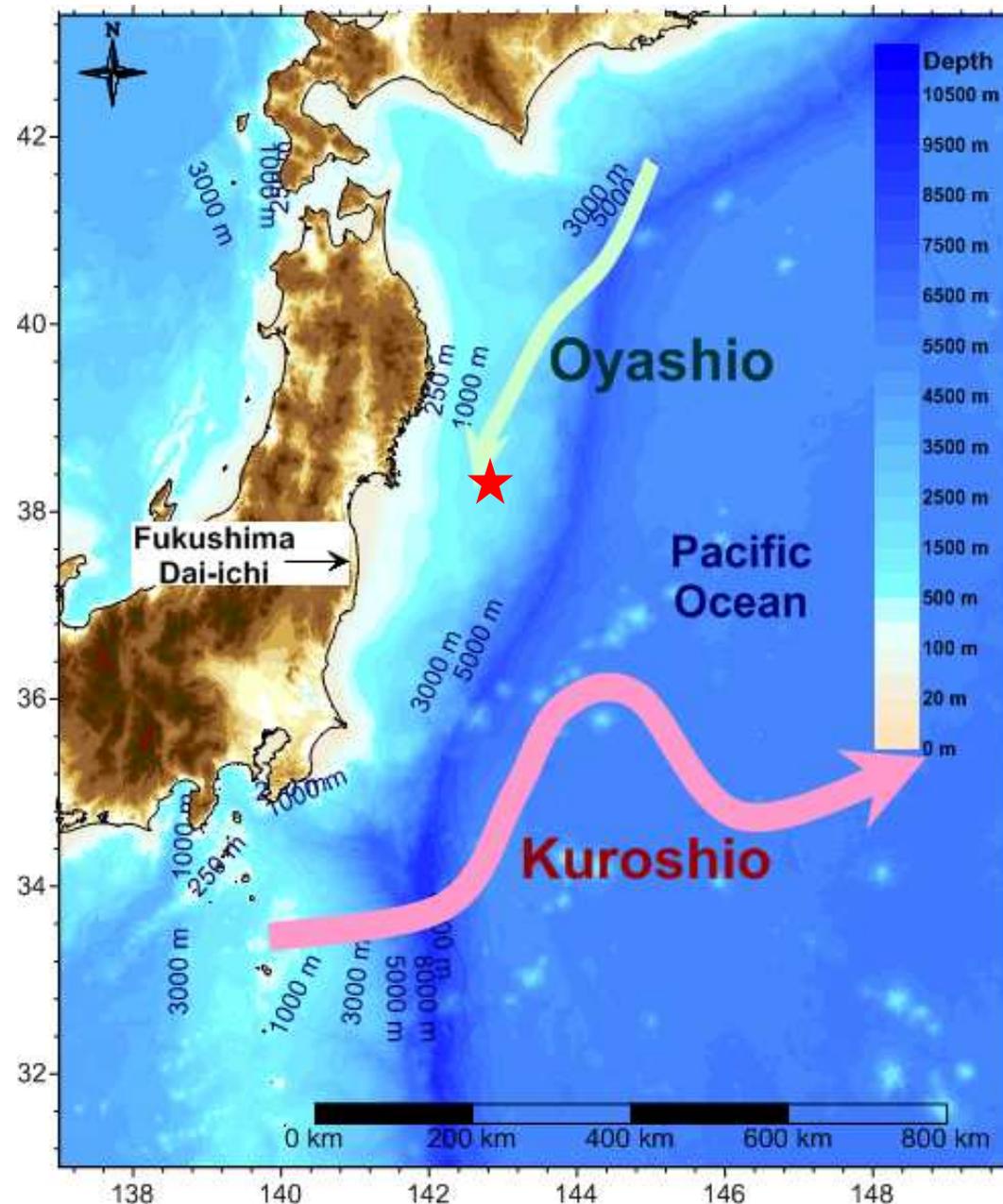
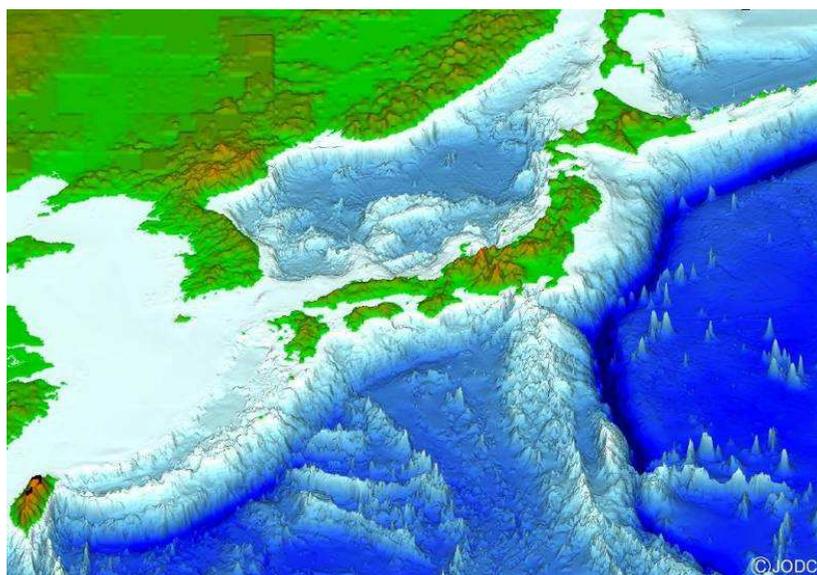
- 🔗 http://www.irsn.fr/fr/connaissances/installations_nucleaires/les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/Pages/sommaire.aspx
- 🔗 le dossier Fukushima 2015: <http://www.irsn.fr/fukushima2015>

★ épicentre de la secousse (ma 9.0)

Caractéristiques océanographiques principales devant les côtes est du Japon

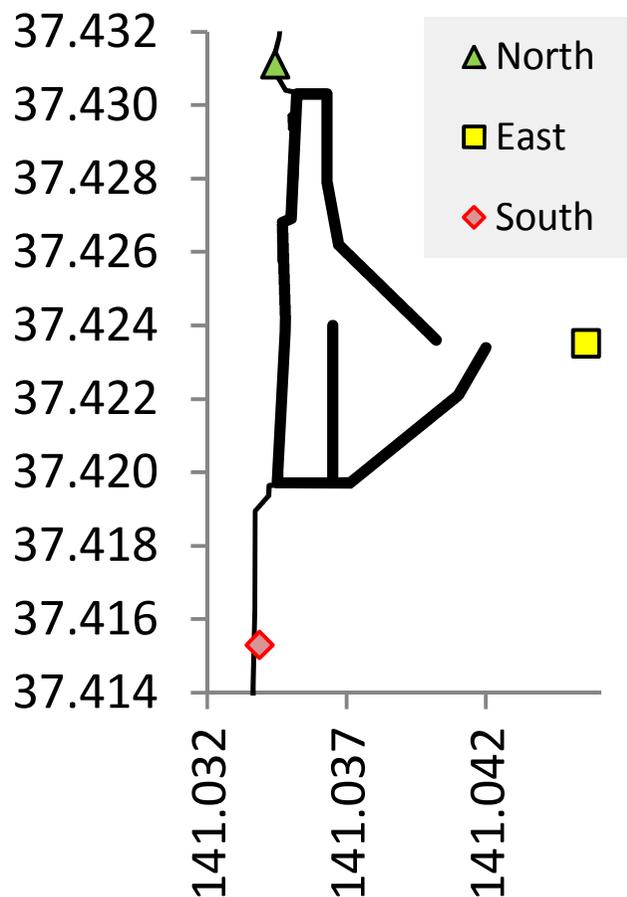
Convergence de deux forts courants de surfaces (tourbillons)

Grandes profondeurs (stratification)



Etat de la contamination dans l'eau de mer

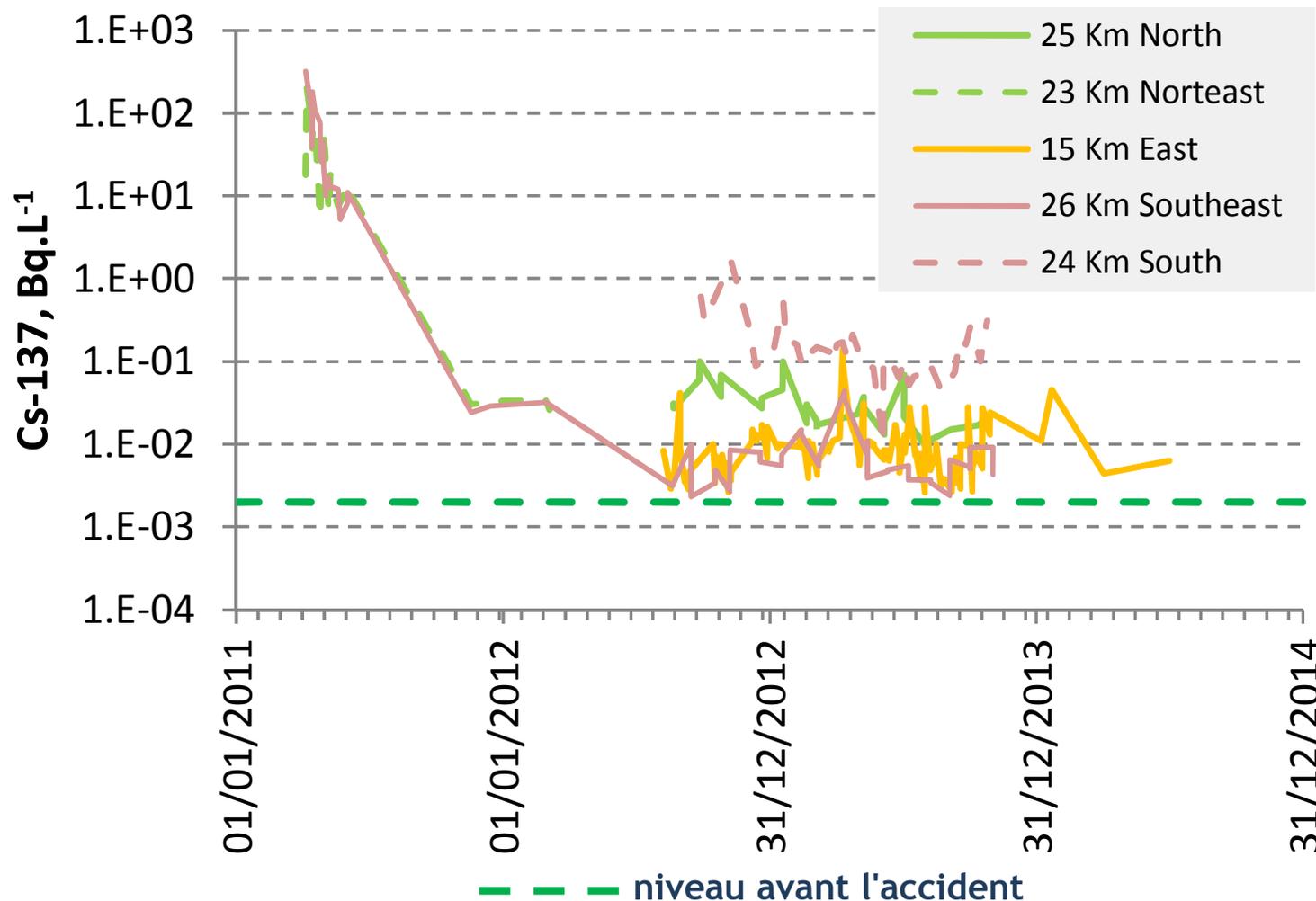
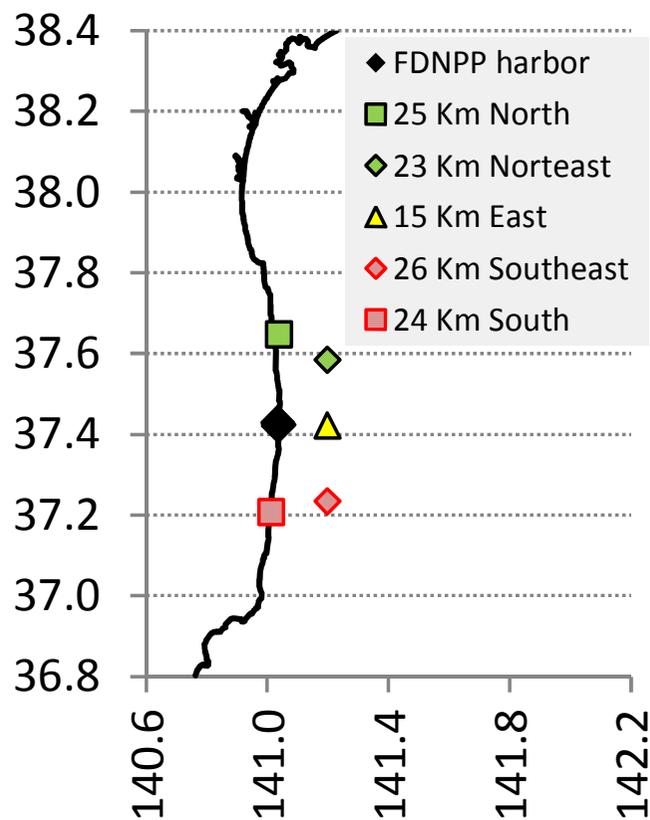
Au voisinage immédiat de la centrale (<2 km)



Les concentrations restent stables depuis l'été 2012, ce marquage ne peut s'expliquer que par des apports continus de ¹³⁷Cs dans l'eau de mer (fuites provenant du site accidenté; eaux issues du lessivage des sols contaminés parvenant en mer par les fleuves; désorption des radionucléides fixés sur les sédiments).

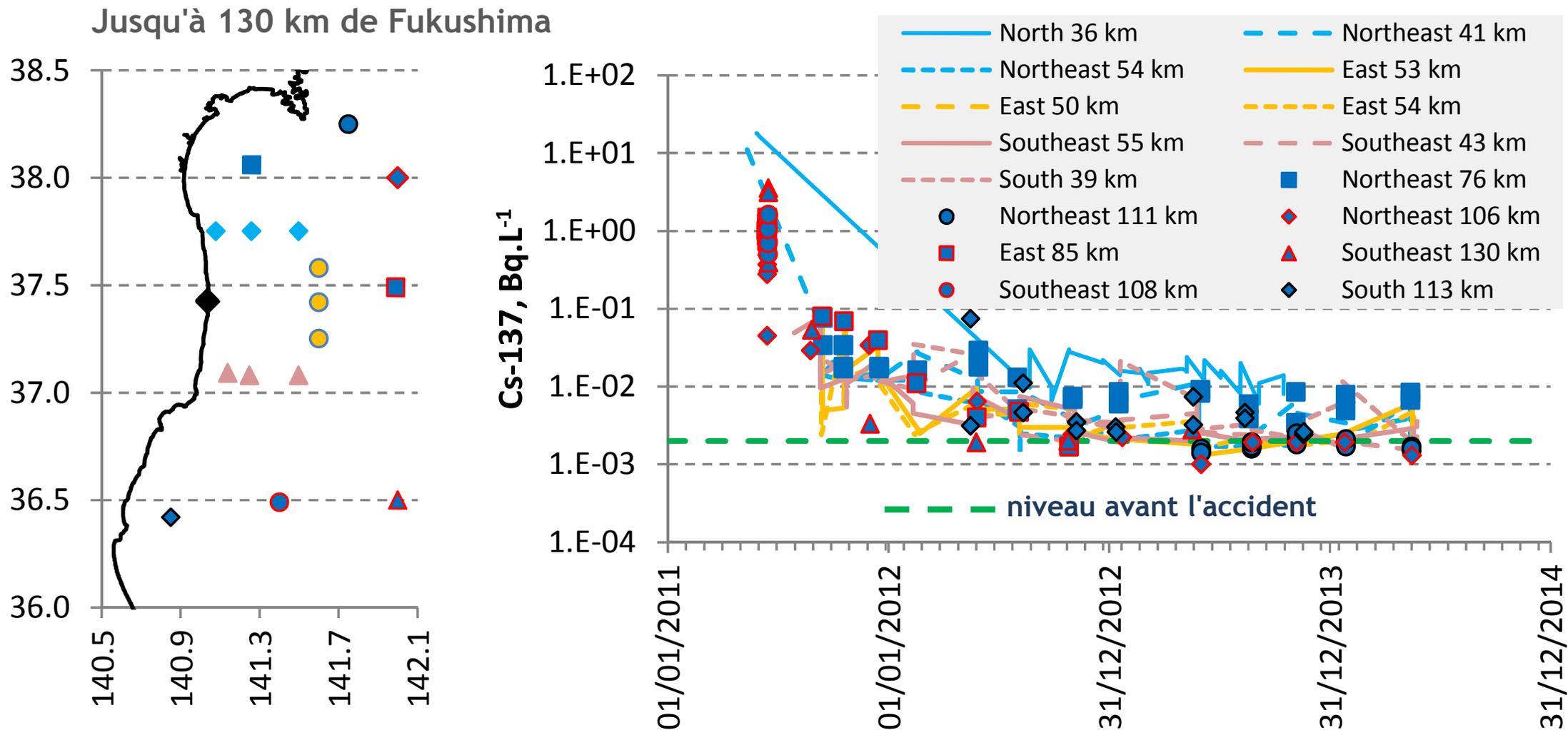
Etat de la contamination dans l'eau de mer

Jusqu'à 30 km du site de Fukushima



Influence des apports continus de ¹³⁷Cs dans l'eau de mer à 30 Km.

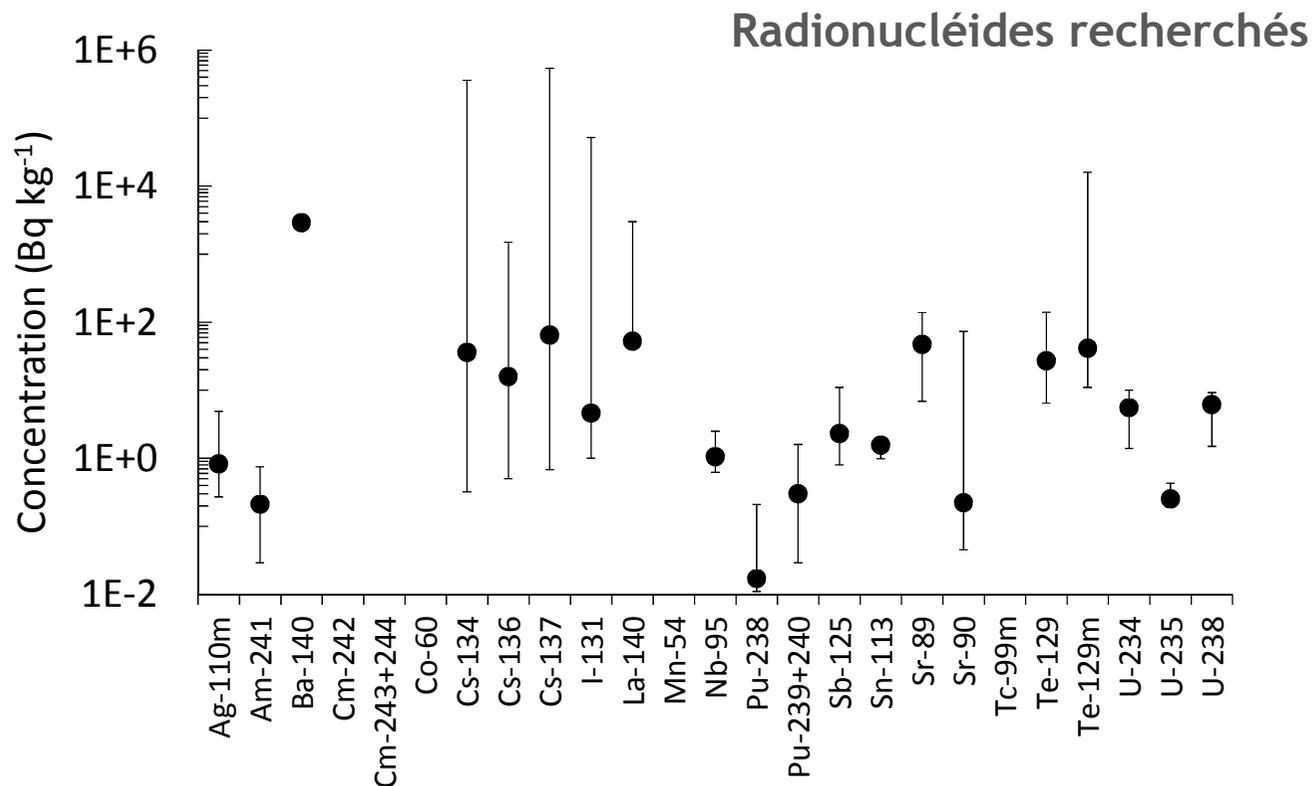
Etat de la contamination dans l'eau de mer



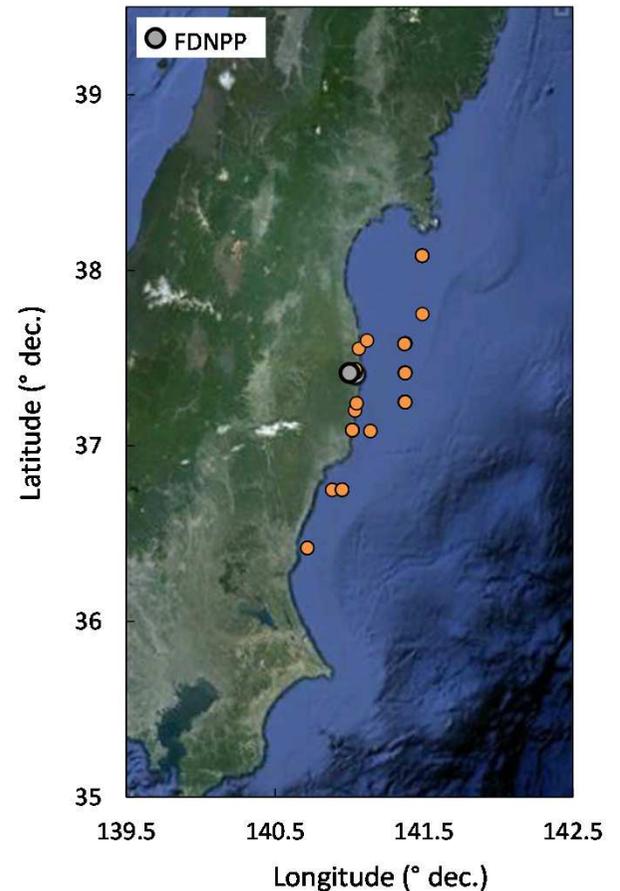
Retour au niveau de ¹³⁷Cs dans l'eau de mer proche de celui avant l'accident vers 100 Km. Mais le signal dans l'eau de mer a atteint les côtes d'Amérique du Nord en Juin 2012 (Smith et al., 2014). On s'attend à un doublement du signal dû aux retombées des essais d'armes nucléaires dans la couche superficielle (150 m) de l'ensemble du Pacifique Nord (Bailly du Bois et al., 2012, Smith et al., 2014).

(¹³⁷Cs en Mer d'Irlande [$<0.03-0.12$], Manche [$0.002-0.003$], Mer Baltique <0.05 , Bq.L⁻¹)

Etat de la contamination dans les sédiments



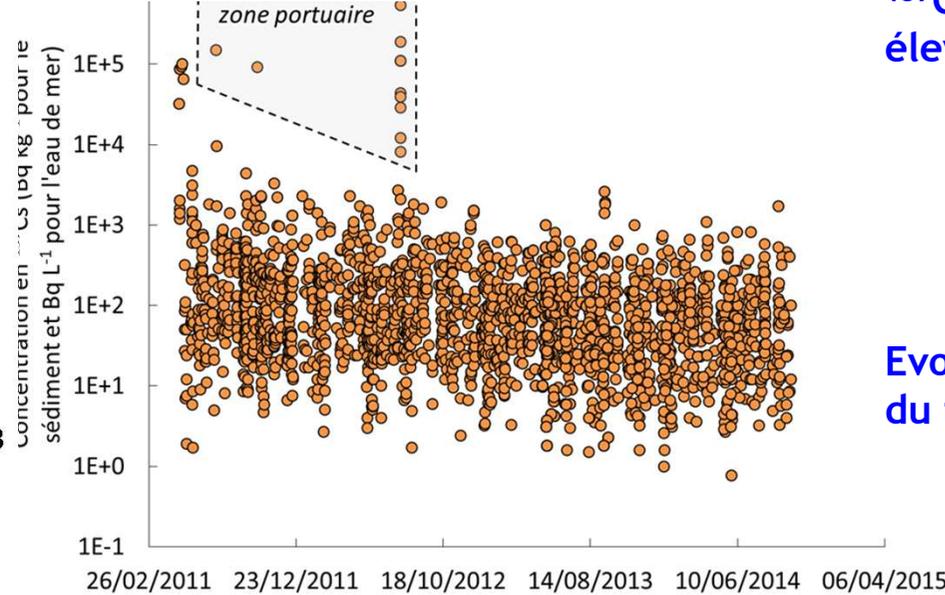
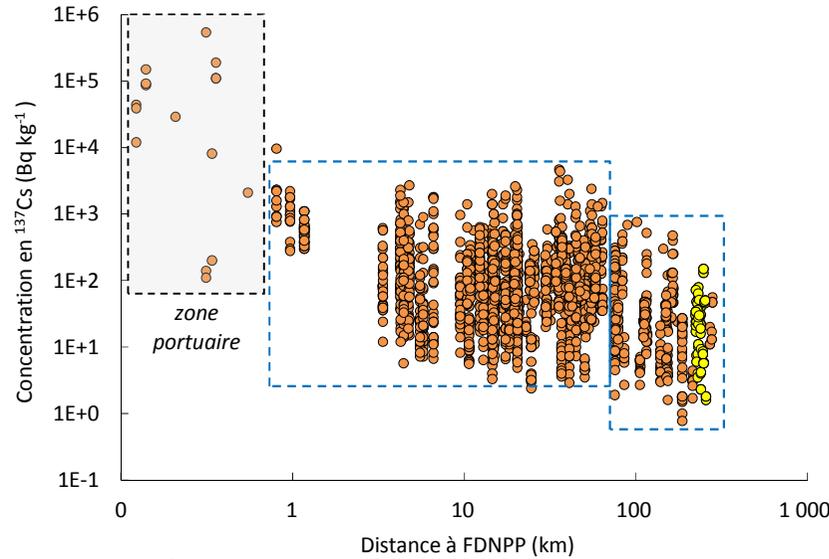
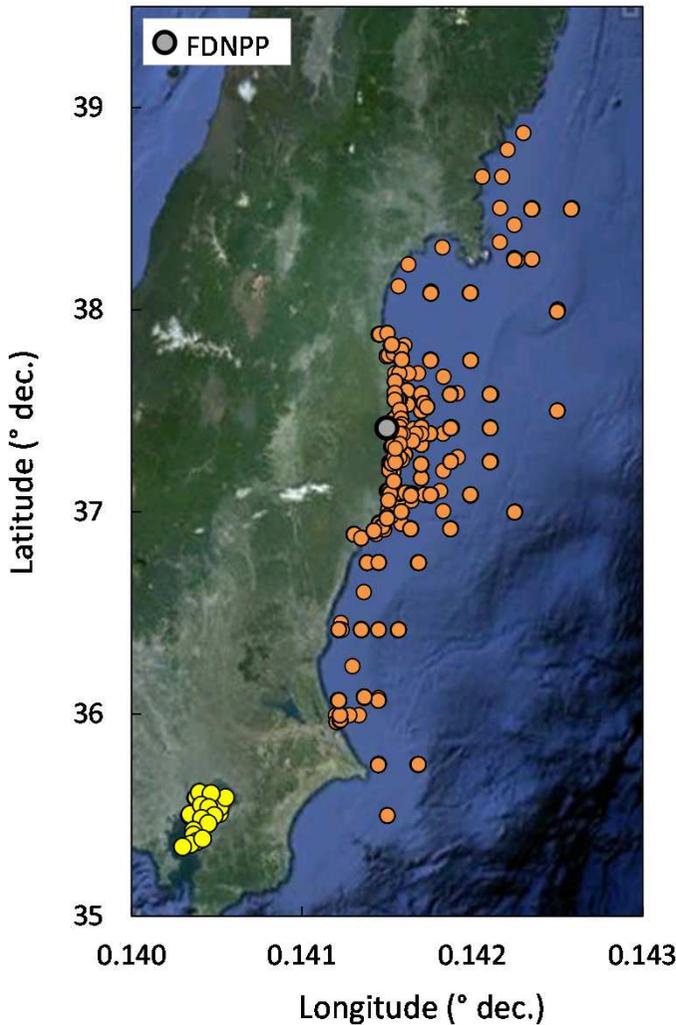
Les radionucléides recherchés dans les sédiments depuis l'accident. Ceux de courte demi-vie ne sont actuellement plus détectés. Les radionucléides autres que les césiums sont mesurés de manière très épisodique.



⁹⁰Sr: env 4 Bq.kg⁻¹ en moyenne

Plutonium: On ne détecte pas encore de Pu issu de l'accident dans les sédiments marins. Mais Evrard et al. (2014) ont montré, à partir de sédiments continentaux prélevés le long des rivières drainant la zone la plus contaminée par les dépôts atmosphériques, que la fraction du plutonium issu de l'accident de Fukushima était comprise entre 1 % et 60 %. Ces sédiments, actuellement terrestres, atteindront le milieu marin à plus ou moins long terme.

Etat de la contamination en ^{137}Cs dans les sédiments



Depuis la zone extérieure au port et jusqu'à env. 80 km: gamme [1-5000] Bq.kg⁻¹. De 80 à 280 km les niveaux sont env. 10 fois inférieurs.

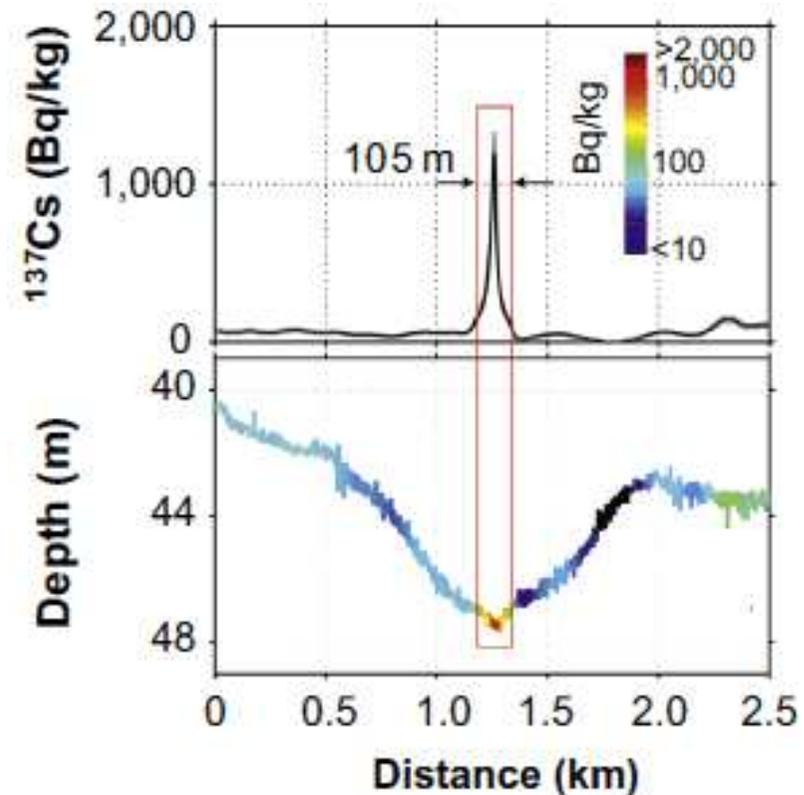
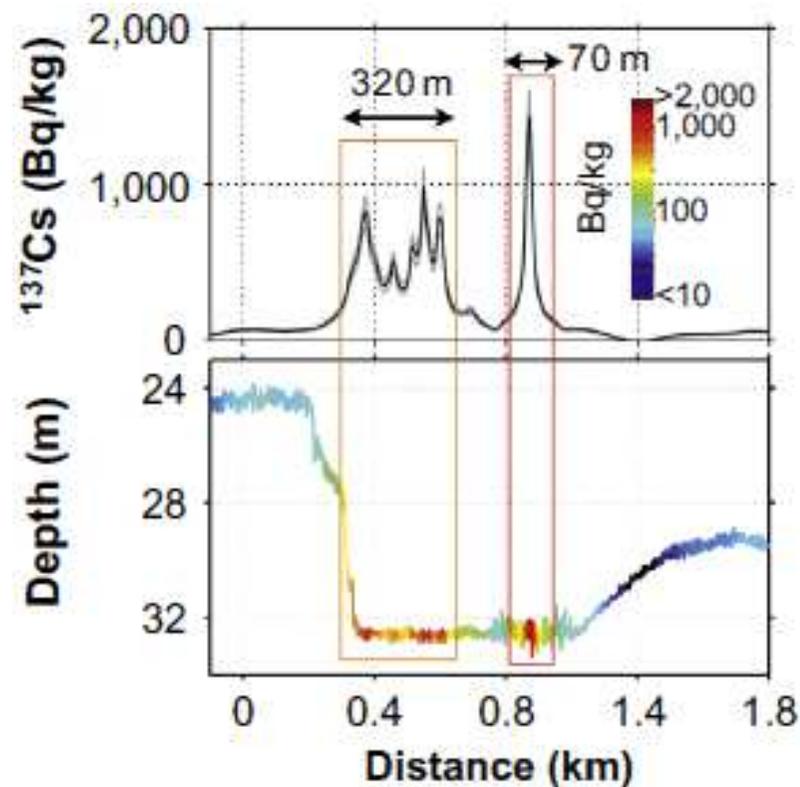
Gradient Nord-Sud lié à la granulométrie. Tailles plus fines au Sud => activités en ^{137}Cs par kg de sédiment plus élevées.

Evolution très lente au cours du temps.

Le stock de radiocésium dans les sédiments (sur une zone de 60 000 km²) représente environ 1% des rejets directs de l'accident de Fukushima.

(^{137}Cs en Mer d'Irlande [400 -10 000]; Manche <10 Bq.kg⁻¹)

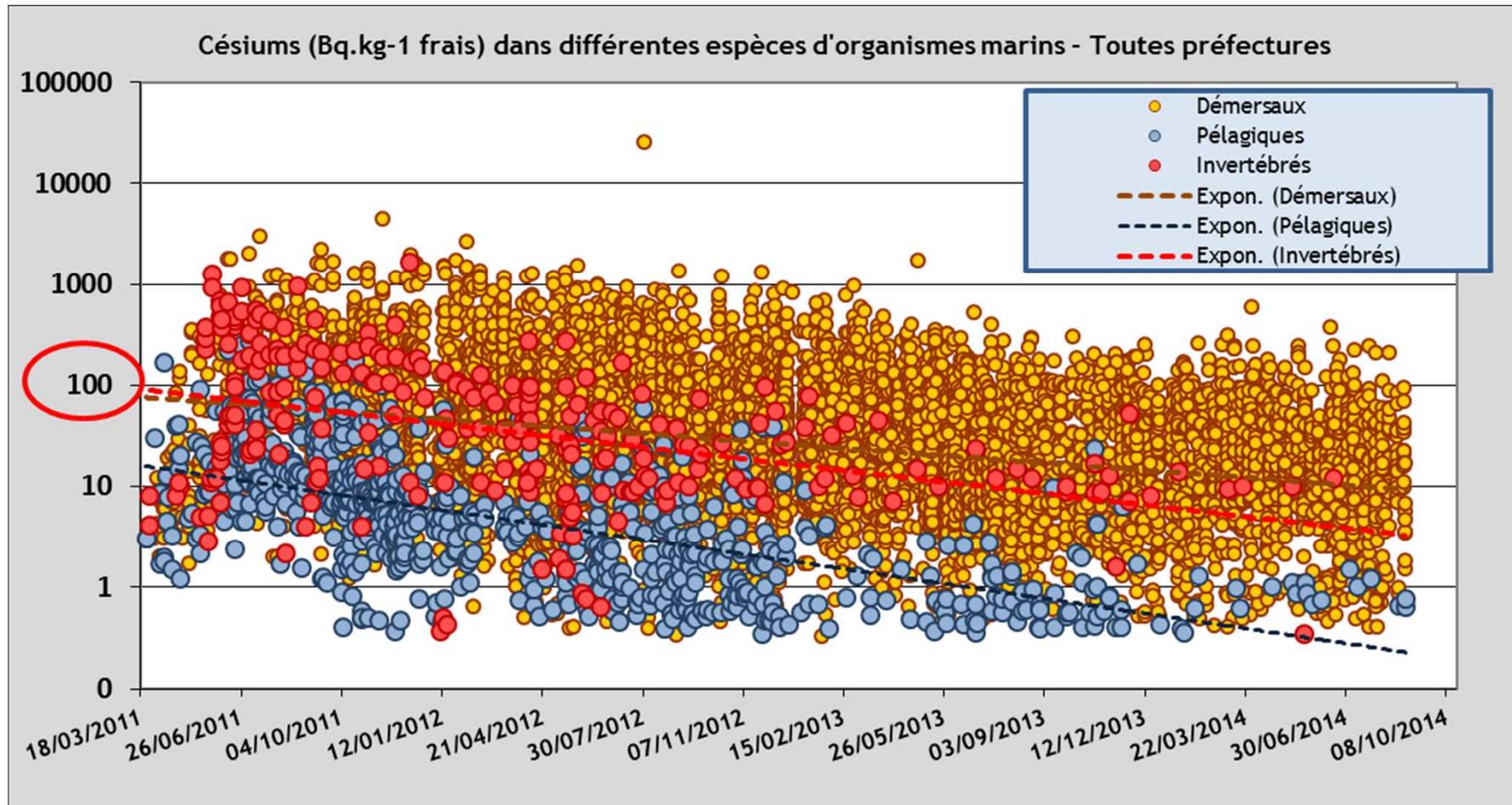
👉 Présence de points chauds (hotspots) dans les sédiments



Exemples d'acquisitions *in situ* de l'activité des sédiments en ^{137}Cs , à haute résolution spatiale (par traction d'un spectromètre gamma immergé), dans un rayon de 20 km autour de la zone de Fukushima, entre novembre 2012 et février 2013 (Thornton et al., 2013)

Etat de la contamination dans les espèces marines

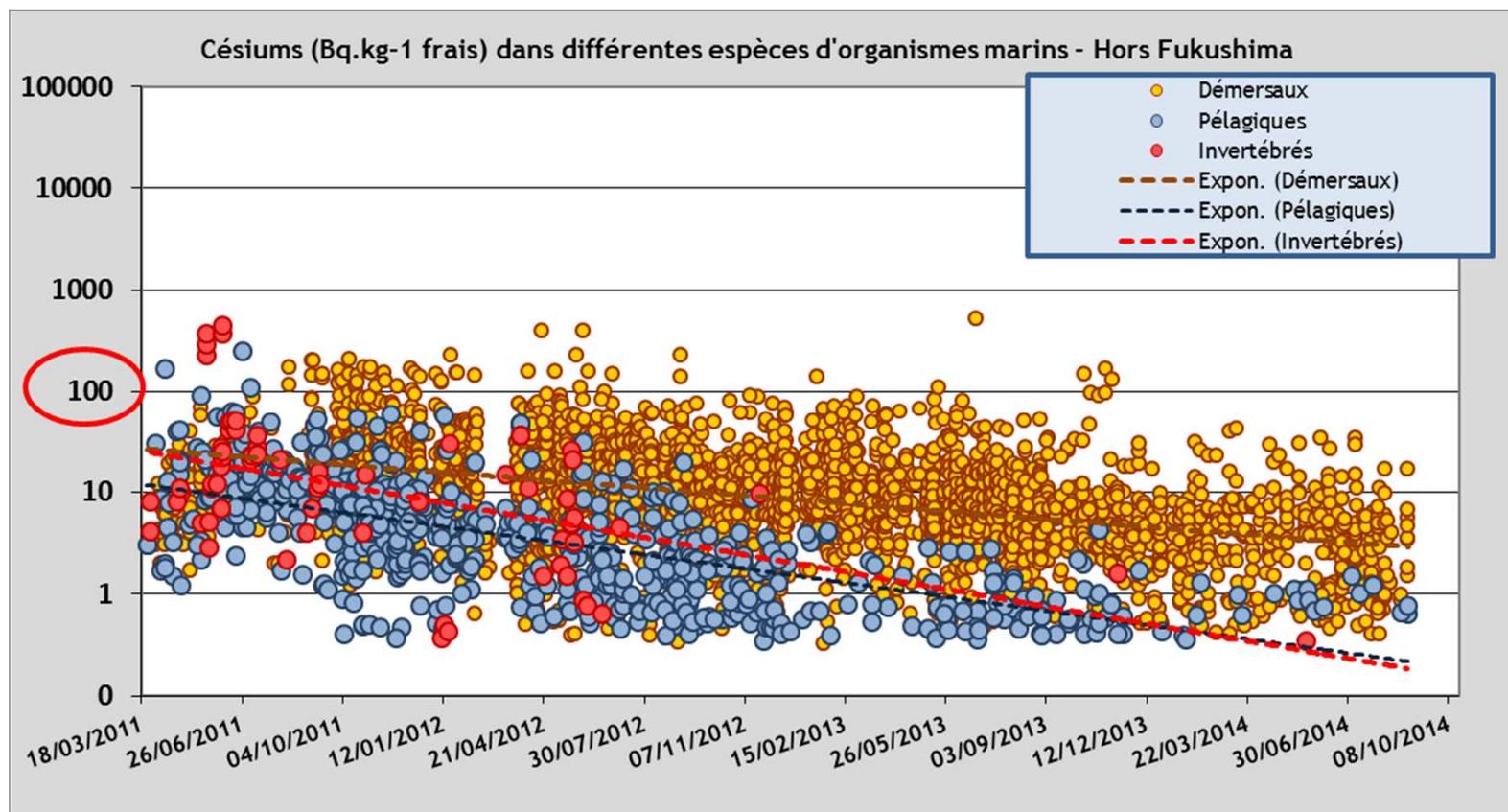
Vue d'ensemble des données



Les espèces qui vivent en relation avec le fond marin sont plus marquées.

Etat de la contamination dans les espèces marines

Si on exclut la préfecture de Fukushima où la pêche commerciale est interdite



Quasiment toutes les espèces se retrouvent sous la limite de 100 Bq.kg⁻¹ frais.
 En août 2014, un échantillon de bar japonais (*Lateolabrax japonicus*), débarqué dans la préfecture de Miyagi, dépassait encore la limite: 190 Bq.kg⁻¹ frais.

¹³⁷Cs Eau de mer <0.01 Bq.L⁻¹, FC poissons = 100. A l'équilibre, on devrait observer < 1 Bq.kg⁻¹

👉 Etat de la contamination dans les espèces marines

- Comparaison avec d'autres régions sous influence de rejets contrôlés: Niveaux en ^{137}Cs dans les poissons en Manche ($<0.2 \text{ Bq.kg}^{-1}$), en mer d'Irlande ($<6 \text{ Bq.kg}^{-1}$); radioactivité naturelle ^{40}K dans les poissons $[80-160] \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.
- Extension dans le Pacifique: Des thons migrateurs (*Thunnus orientalis*) contaminés au Japon et ont été capturés au large des côtes nord américaines en août 2011. Leur niveau en radiocésiums était en moyenne de 10 Bq.kg^{-1} (Madigan et al, 2012).
- Transferts vers les espèces marines
 - L'aspect cinétique des transferts vers les espèces se traduit par un lissage des pics de contamination dans le milieu mais également par une longue persistance du marquage dans les espèces, après dilution dans l'eau de mer.
 - La rémanence est plus longue dans les espèces démersales
 - En absence de modélisation hydrodynamique fiable et à cause de leur mobilité, la modélisation des transferts vers les poissons est très incertaine.



Résumé

- Le principal radionucléide détecté est le ^{137}Cs (le ^{134}Cs suit le ^{137}Cs avec sa décroissance plus rapide). On détecte aussi le ^3H et le ^{90}Sr à proximité du site.
- Le marquage en ^{137}Cs qui persiste dans l'eau de mer à proximité du site de Fukushima atteste l'existence d'un apport continu (sans commune mesure avec le rejet de 2011).
- Le ^{137}Cs associé aux sédiments devant la côte est du Japon reste piégé alors que le signal dans l'eau a été dilué.
- En dehors de la préfecture de Fukushima, où la pêche commerciale est interdite, le dépassement de la limite de 100 Bq.kg^{-1} frais est exceptionnel. Le scénario de poissons contaminés au large de la préfecture de Fukushima et capturés plus loin n'est pas exclu.
- L'échantillonnage systématique reste le seul moyen de surveiller la baisse de la contamination dans les espèces marines.

☞ **Contributeurs**

- ✓ **Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville (SERIS)**
 - Pascal Bailly du Bois, Philippe Laguionie, Dominique Boust , Mehdi Morillon, Bruno Fiévet

- ✓ **Laboratoire d'Etudes Radioécologiques du milieu Continental et Marin (Antenne de La Seyne-sur-mer) (SESURE)**
 - Mireille Arnaud, Sabine Charmasson, Céline Duffa

- ✓ **Laboratoire de Modélisation pour l'Expertise Environnementale (SERIS)**
 - Patrick Boyer, Marie Simon-Cornu, Laurent Garcia-Sanchez