

ORIGINE ET MÉCANISMES DE CONCENTRATION DU CADMIUM DANS LA SEUDRE : *PROJET RADIUS (oRigine du cADIUm dans la Seudre)*

29 avril 2021

Romain MILLOT & Jean RILLARD

brgm – Service Géologique National
Direction des Actions Territoriales
Direction Eau, Environnement, Procédés et Analyses



Géosciences pour une Terre durable

brgm



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**BRGM
SERVICE
GÉOLOGIQUE
NATIONAL**

Le BRGM est
l'établissement public
de référence dans les
applications
des sciences de la Terre
pour gérer les ressources et
les risques du sol et du
sous-sol.

Son action est orientée vers
la recherche scientifique,
l'appui aux politiques
publiques et la coopération
internationale.



Géologie et connaissance du sous-sol



Risques et aménagement du territoire



Ressources minérales et économie circulaire



Données, services et infrastructures numériques



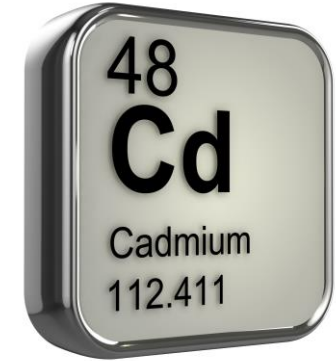
Gestion des eaux souterraines



Transition énergétique et espace souterrain

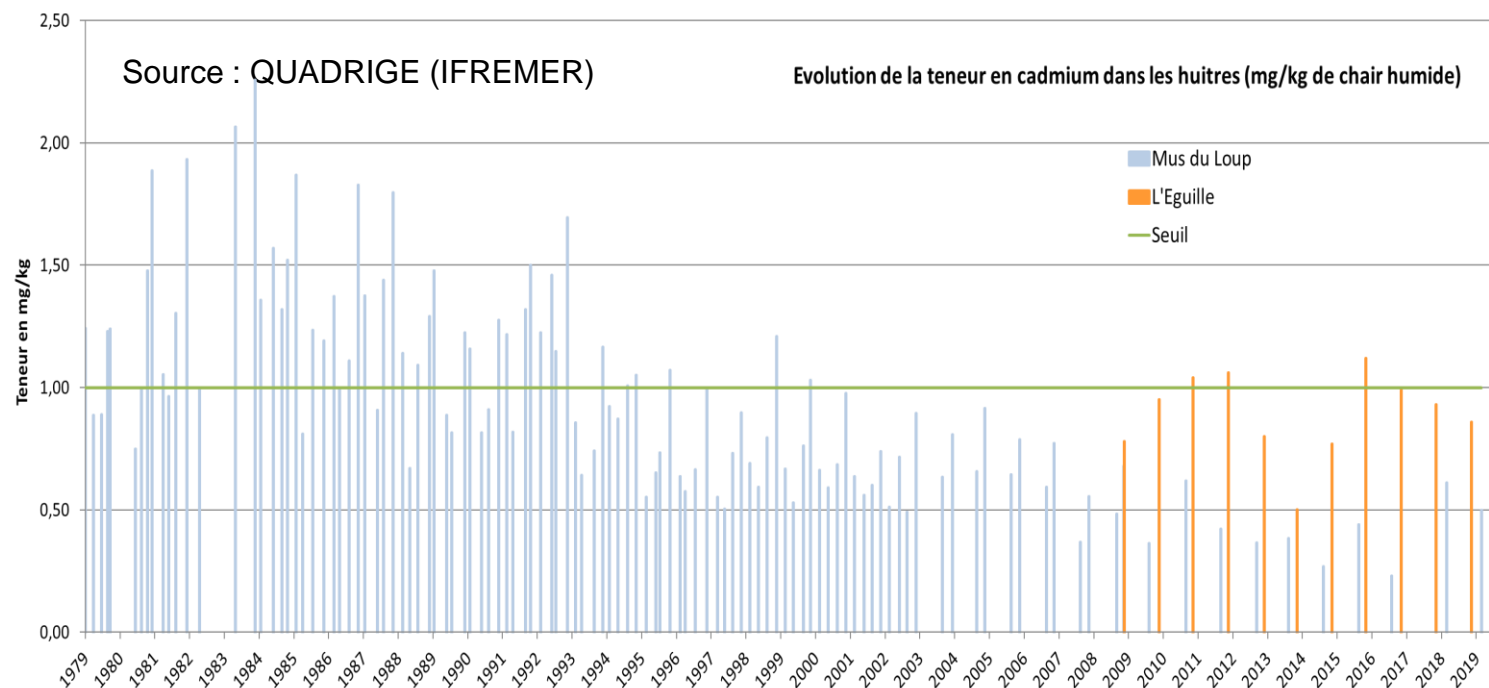
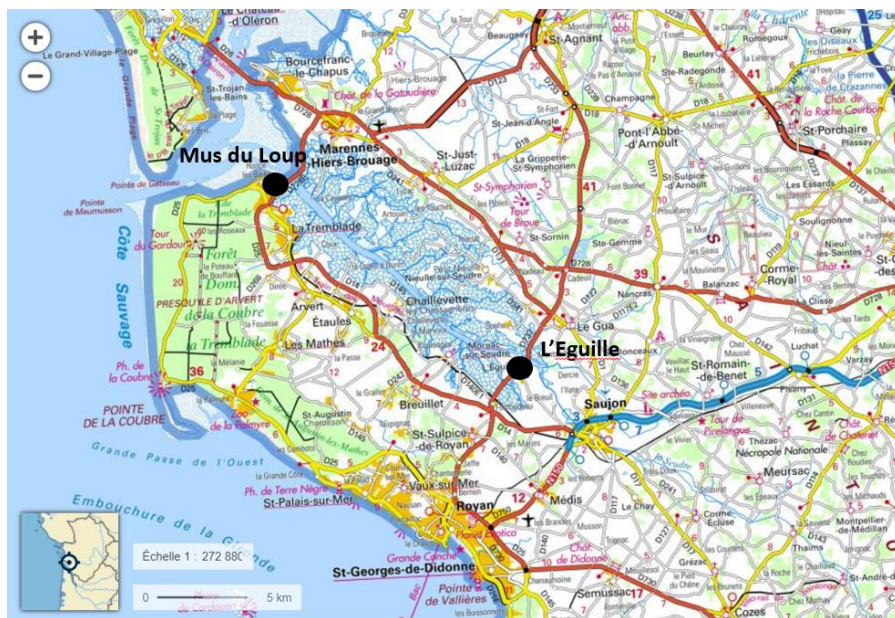
PROJET **RADIUS** (o**R**igine du c**AD**Iu**M** dans la **S**eudre)

- **1- Contexte / enjeux**
- **2- Programme de travail:**
 - différentes tâches, jalons, livrables
- **3- Etat d'avancement et perspectives**



1- RAPPEL DU CONTEXTE

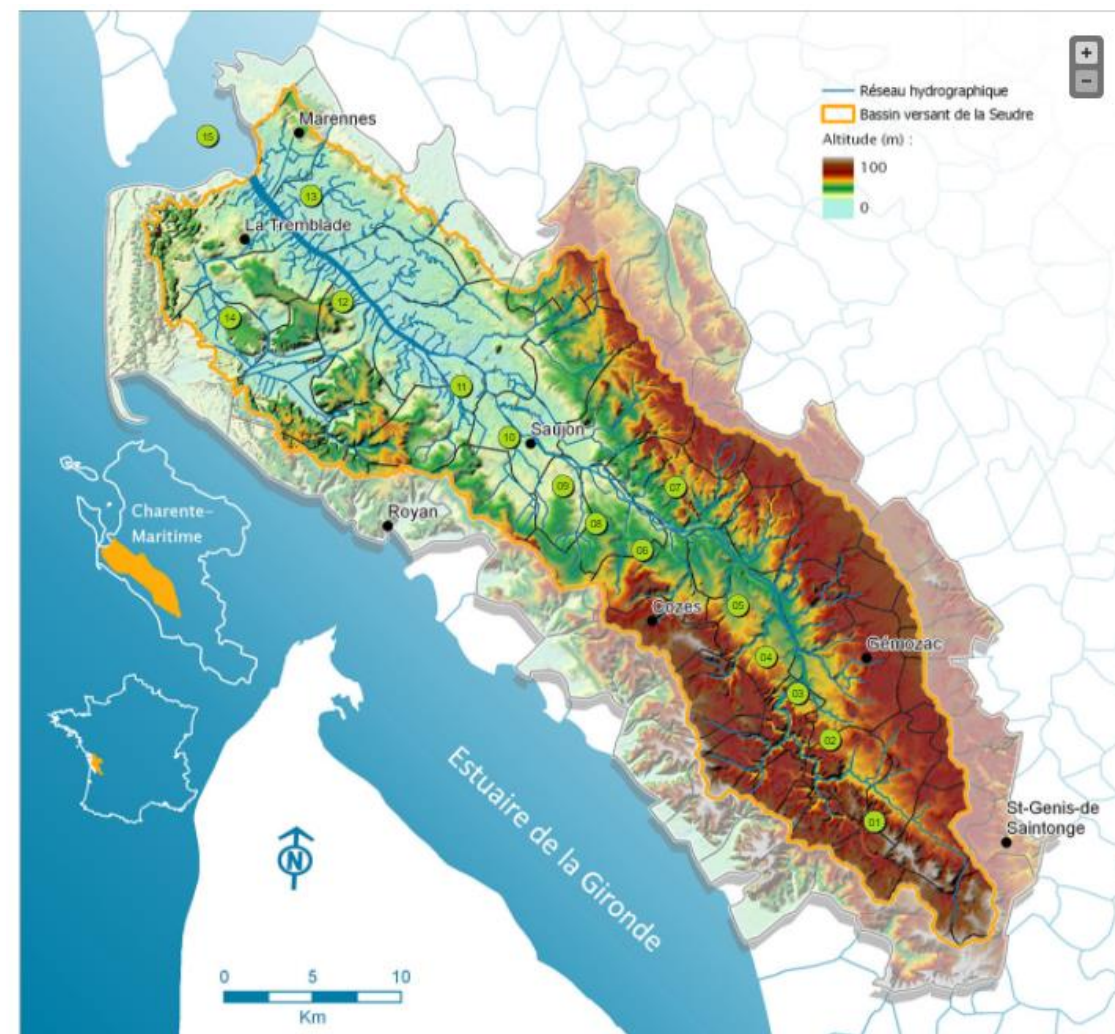
- Concentrations élevées et chroniques en cadmium dans la chair des huîtres du bassin de Marennes-Oléron, dont l'estuaire de la Seudre
- Objectif de comprendre d'où vient ce cadmium (amont/aval & naturel/anthropique?)



1- OBJECTIFS

Cette proposition scientifique et technique a pour objectifs de répondre à deux problématiques :

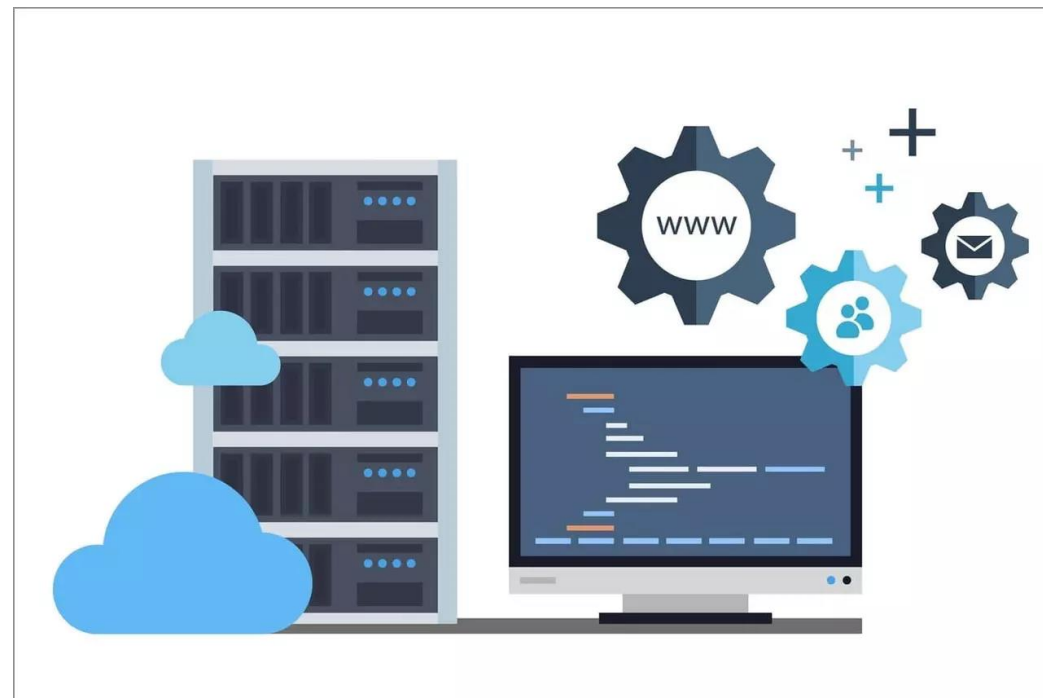
- 1- apporter des éléments de réponse quant à **l'origine du cadmium** provenant de la Seudre continentale (partie amont par rapport à Saujon). L'objectif est de savoir si le cadmium dans cette partie amont de la Seudre est d'origine naturelle (**géogénique**) ou bien d'origine **anthropique** (origine industrielle et/ou agricole).
- 2- clarifier et de préciser **l'origine** mais aussi **les mécanismes de concentration du cadmium** affectant l'estuaire de la Seudre dans la partie aval de Saujon.

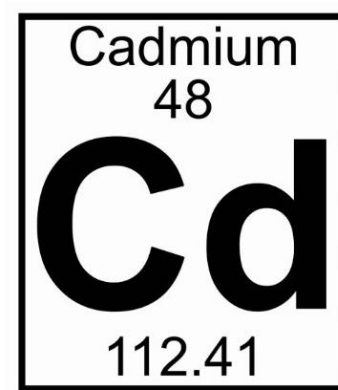


TÂCHE 1: ÉTAT DE L'ART

→ synthèse des données de la littérature scientifique et des bases de données (eaux et sédiments) du bassin de la Seudre.

- un jalon décisionnel qui vise à définir **une stratégie précise et ciblée d'échantillonnage** compte tenu des données disponibles.
- Cette tâche vise à faire **un état des lieux** et à mettre en avant les données disponibles ou manquantes pour les concentrations mais aussi les flux à l'échelle du bassin.
- Le livrable de cette tâche comporte
 - un **rapport intermédiaire de synthèse** et
 - un **plan d'échantillonnage ciblé et représentatif**





- **Origines possibles du cadmium dans l'environnement:**

1- Naturelles: issues de l'érosion des roches et lessivage des sols

2- Industrielles → applications du Cd dans alliages/traitements des métaux, additif matière plastique, composant électronique, traitement des déchets ;

3- Anthropiques

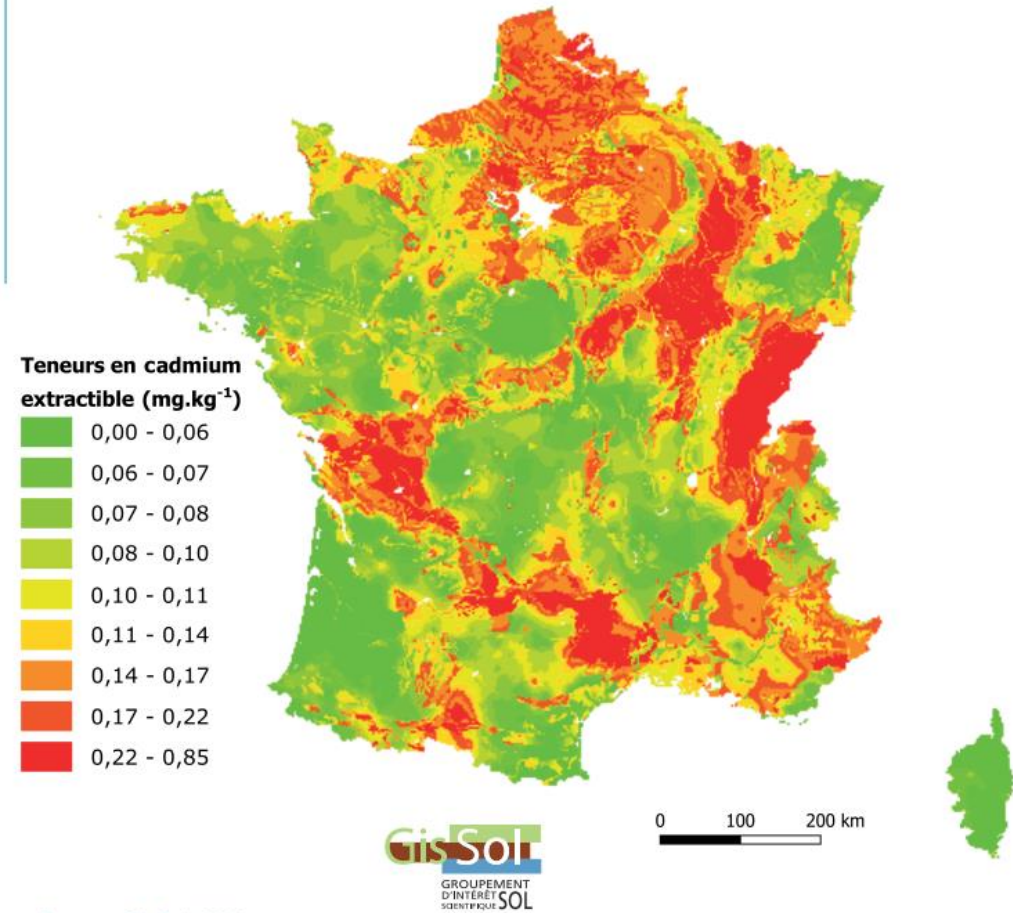
- Traitement des eaux usées, effluents, etc.
- Ruissellement urbain (lixiviation des routes et toitures);

4- Agricoles

- Epandages et engrais (fertilisation phosphatée)



Teneurs prédites en cadmium extractible des horizons de surface (0-30 cm) des sols en France.



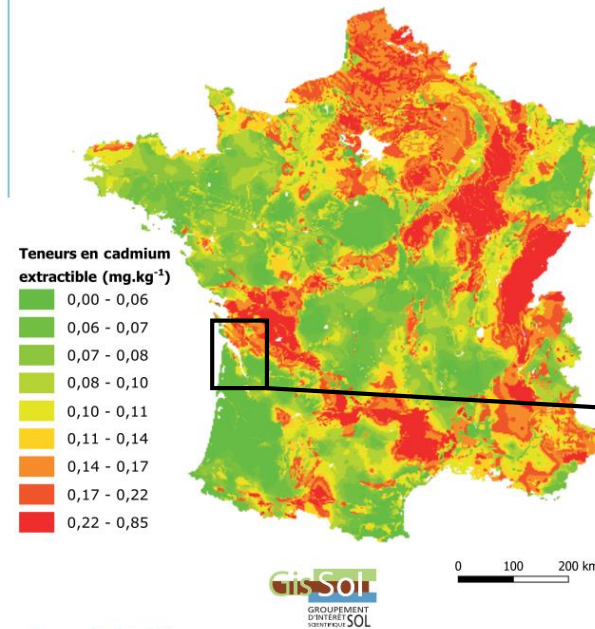
Source : Gis Sol, 2019

CADMIUM DANS LES SOLS

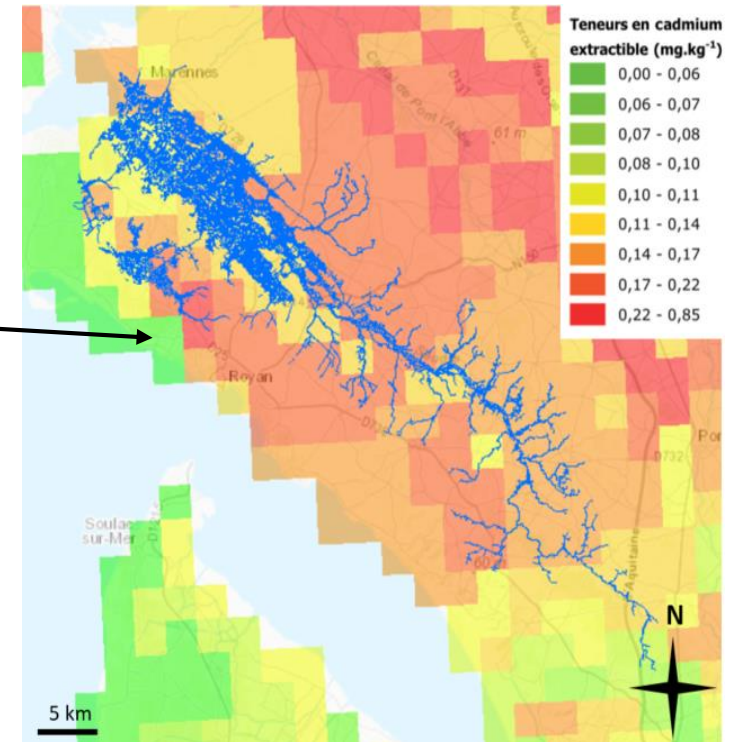
- Cadmium présent dans les sols de France dans les secteurs d'affleurements des roches calcaires du **Jurassique/Crétacé**
- **Concentrations naturelles élevées** dans les sols du BV de la Seudre



Teneurs prédites en cadmium extractible des horizons de surface (0-30 cm) des sols en France.



Source : Gis Sol, 2019



CADMIUM ISSUE DES ÉPANDAGES AGRICOLES

- Engrais minéraux phosphatés
 - cadmium présent naturellement dans les gisements de phosphates calciques
 - → principale source de cadmium d'origine agricole
- Epandages de boues et composts
- Déjection animale
- Amendements calciques
- Pesticides (fongicide principalement)
 - viticulture

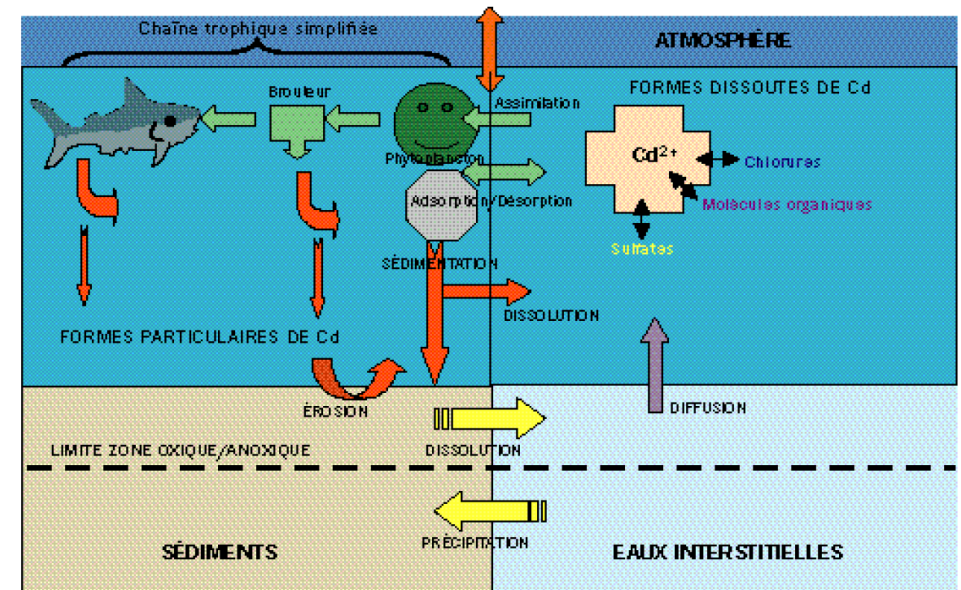


Épandage d'engrais au printemps, plus rarement en fin d'été
→ Nécessaire pour plantes à graines



MÉCANISMES DE TRANSPORT DU CADMIUM

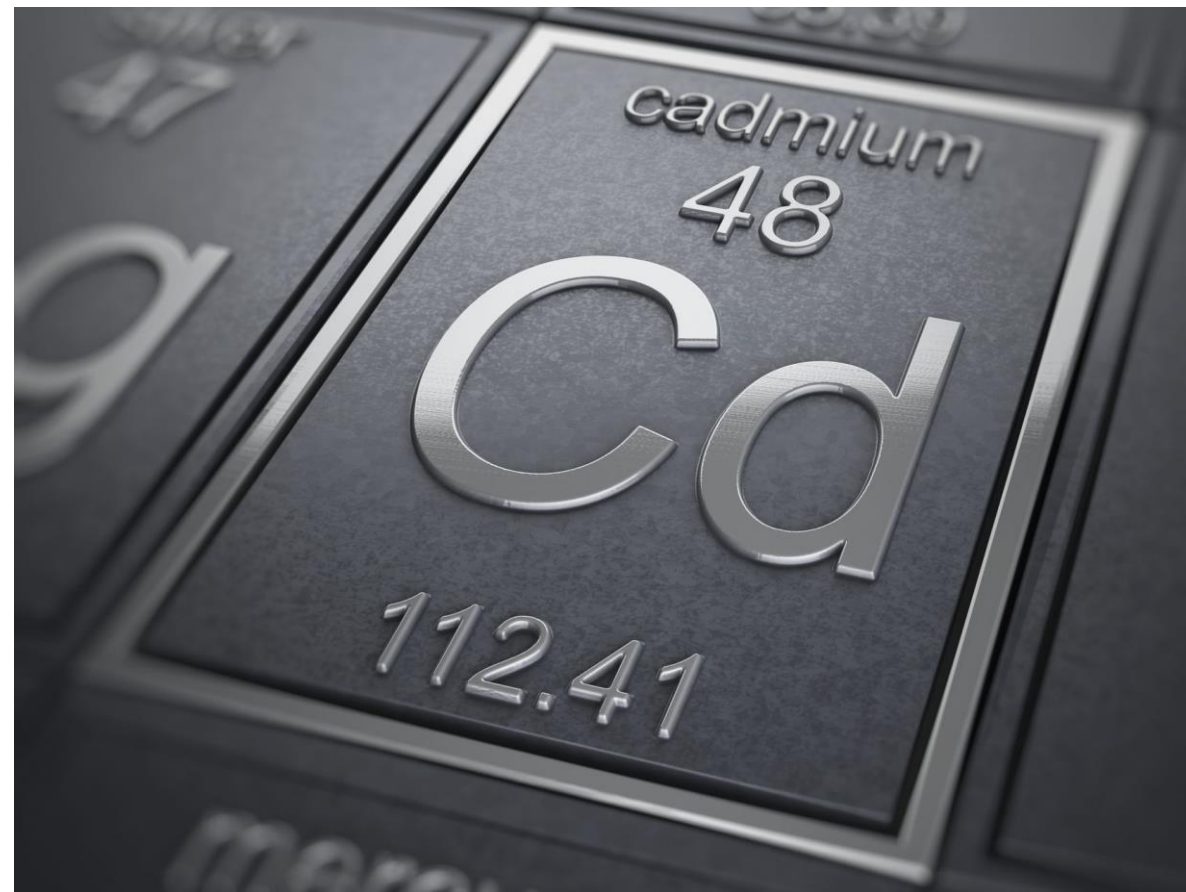
- Cd peu présent en phase dissoute mais très facilement **adsorbé aux phases particulaires** (10% phase dissoute pour 90% phase particulaire)
- Cd peut se déplacer sur de **très grandes distances** via transport particulaire
- Transfert Cd phase particulaire vers la phase dissoute (CdCl^+ , CdSO_4) s'opère avec les changements de pH, Redox et salinité (en particulier dans **les estuaires**).
- Cd dissous est particulièrement biodisponible et bioaccumulable
 - **transfert dans la chaine alimentaire**



TÂCHE 2 : ORIGINE DU CADMIUM

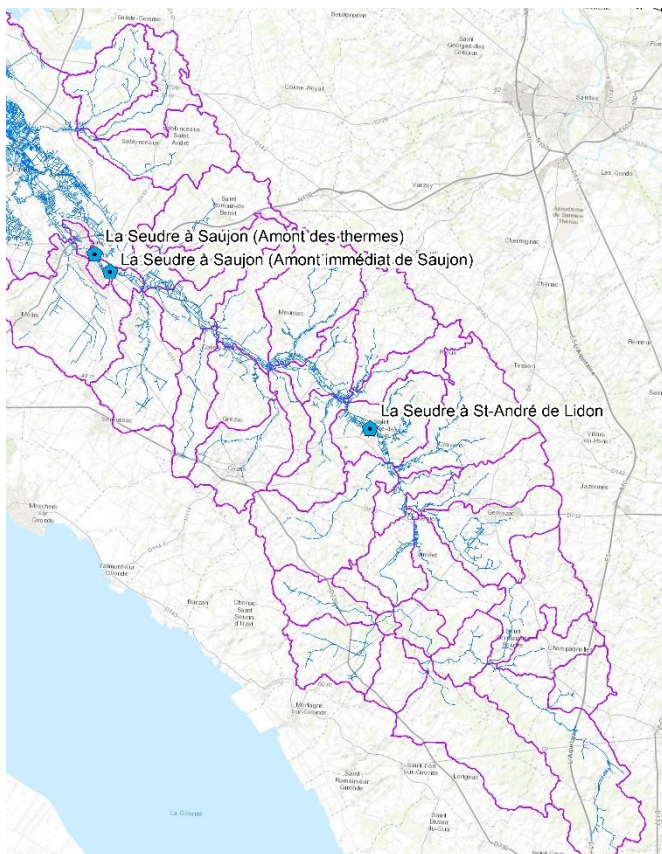
→ Seudre continentale / état des lieux

- campagne d'échantillonnage ciblée de la zone amont du bassin (~10 échantillons) en cherchant à couvrir l'ensemble des **formations géologiques** rencontrées (calcaires karstiques et argileux marneux, sables éocènes, couverture argileuse constituée de limons et de sables par endroits, ...) et les différents contextes en terme **d'occupation des sols** (forte pression anthropique ou non).
- des sédiments en tête de bassin sous couvert forestier afin de caractériser le **fond pédo/géochimique naturel**.
- En parallèle, un effort tout particulier sera mené afin de réaliser un échantillonnage d'un bassin présentant **une forte pression agricole** et pour lequel il est suspecté des apports d'engrais phosphatés riches en cadmium.



BASE DE DONNÉES CONSULTÉES

- Données disponibles sur l'analyse des teneurs en métaux dans les sédiments sur la BDD publique **NAIADES** (3 points de prélèvements)



Station de prélèvement	Nombre d'échantillon	Période de mesure	Moyenne (mg/kg)	Médiane	Min	Max	Ecart Type
La Seudre à Saujon (Amont des thermes)	4	2009-2012	0,2725	0,23	0,2	0,43	0,106
La Seudre à Saujon (Amont immédiat de Saujon)	18	1997-2019	0,336	0,3	0,184	0,75	0,142
La Seudre à St-André de Lidon	16	1995-2019	0,466	0,35	0,2	1,5	0,383
Toutes les stations	38	1995-2019	0,384	0,3	0,184	1,5	0,274
Limite Quantification = 0,1 ou 0,2 mg/kg							

	Fraction <63 µm	Fraction Totale Brut
Moyenne (mg/kg)	0,423	0,271
Mediane (mg/kg)	0,3	0,3
90em percentile (mg/kg)	0,518	0,452

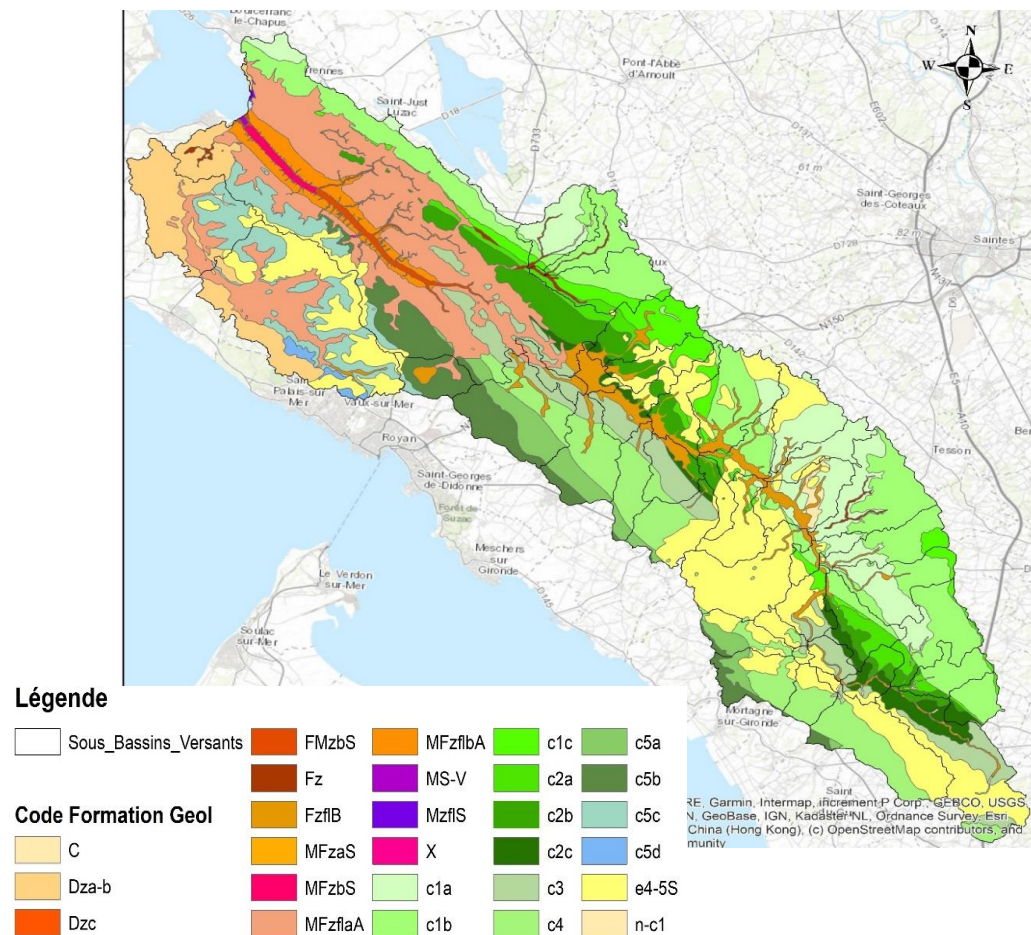
Valeurs comparatives (indicatives):

Moyenne croûte terrestre: **0,22-0,30 mg/kg** roche sédimentaire (argile et sable);
0,035 mg/kg (carbonates)

→ Critère de Norme Qualité Environnemental pour la gestion des sédiments de rivière : **2 mg/kg**

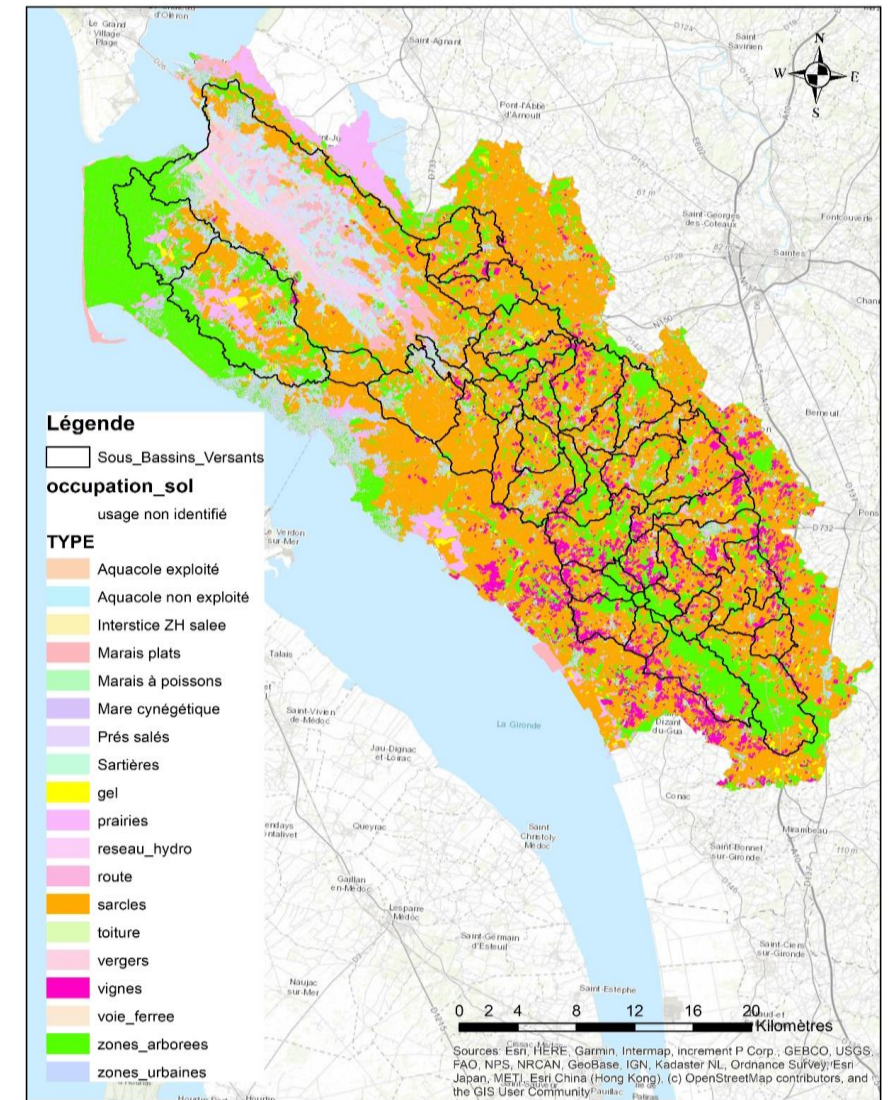
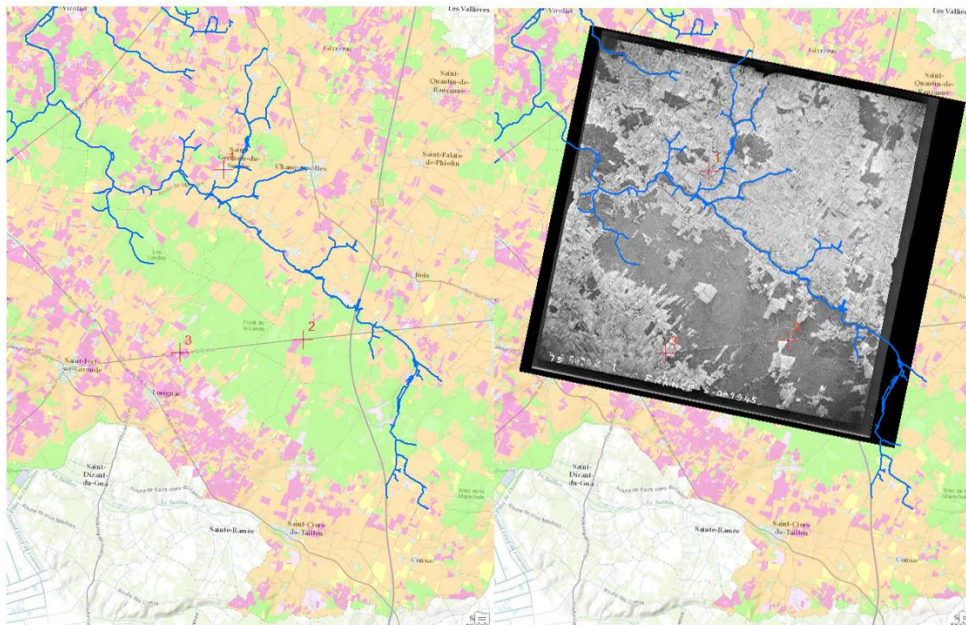
TOPOLOGIE, HYDROLOGIE ET GÉOLOGIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

- **Géologie**: formations calcaires/marnes/grès du Crétacé sup. + dépôts de couverture
- **Hydrologie** fortement influencée par des aménagements hydrauliques



OCCUPATION DES SOLS

- SMBS → très larges secteurs occupés par des surfaces cultivées (**orange sur la carte**)
- Zones boisées importantes dans le secteur amont
- Zones boisées antérieures aux années 50 (d'après les photos aériennes historiques)



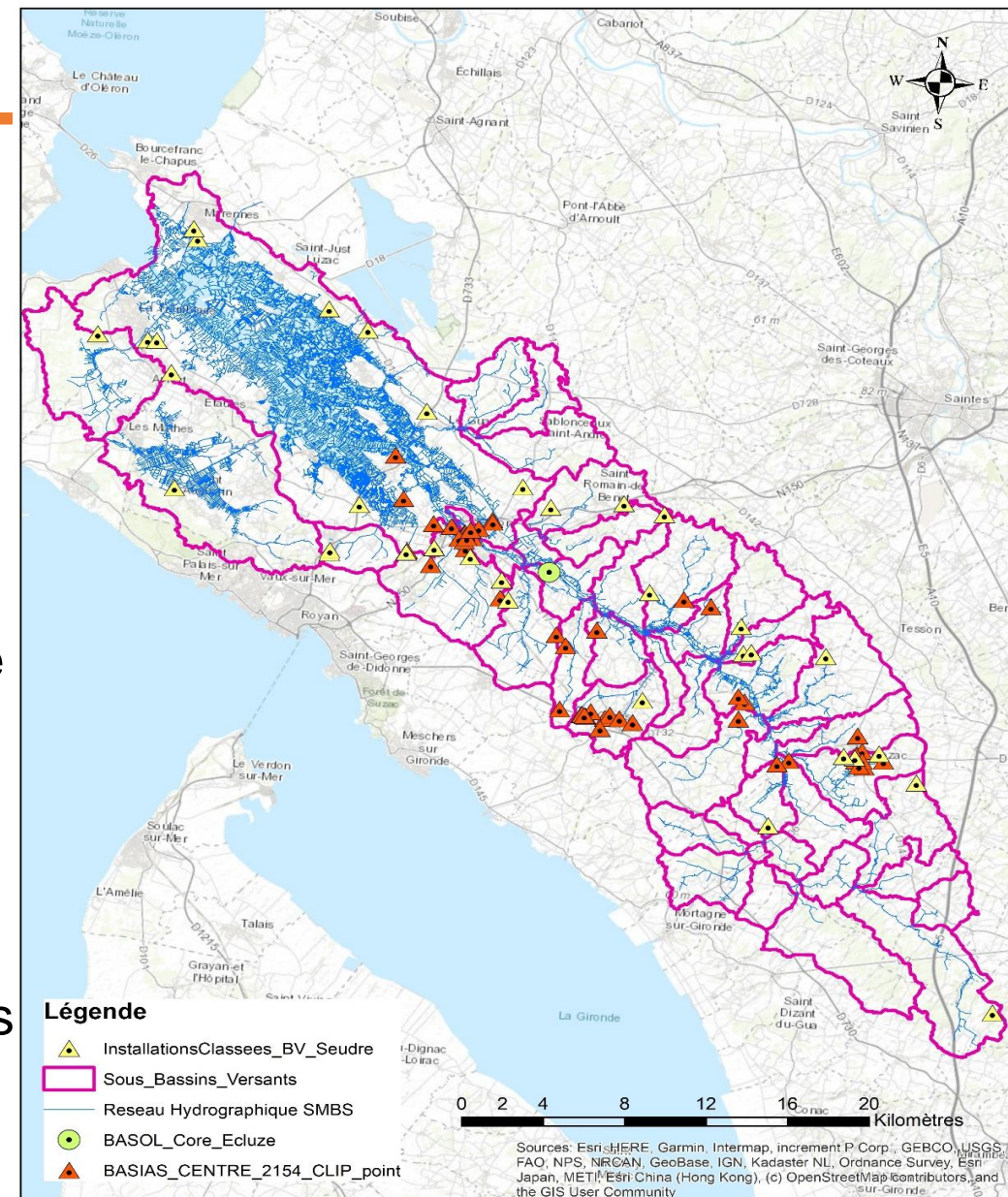
SITES INDUSTRIELS ACTUELS ET HISTORIQUES SUR LE BV SEUDRE

- Recherche des sites ICPE, BASOL/SIS et BASIAS dans la BDD publics (Georisques + InfoTerre)

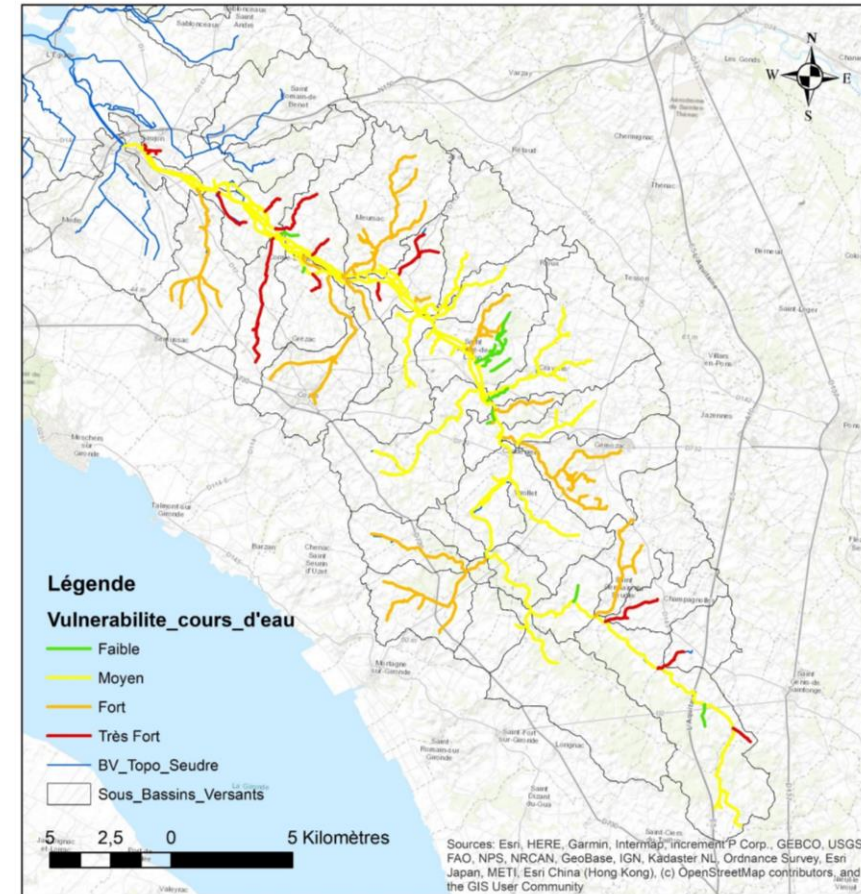
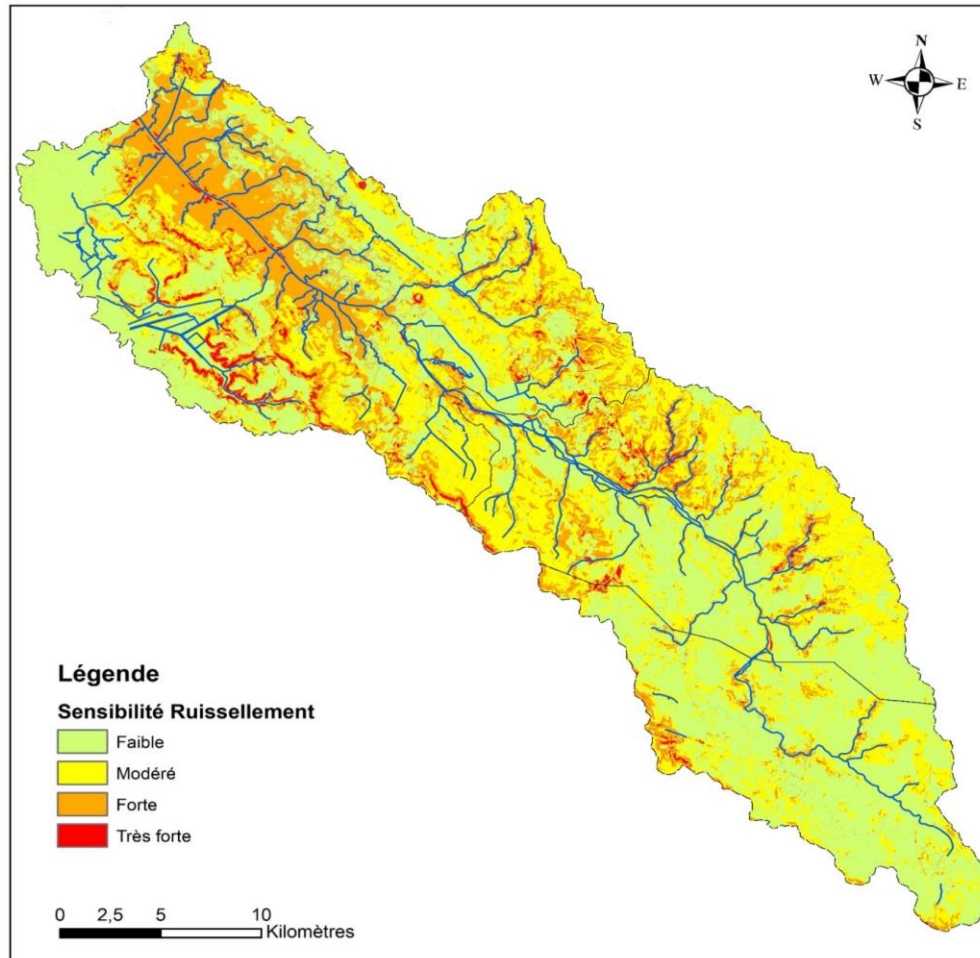
GÉORISQUES



- Densité de sites limitée sur l'ensemble du BV
- Seul quelques sites potentiellement émetteurs de Cd (site stockage d'engrais, usine production plastique, site traitements et récupération déchets métallique)
- **!! ATTENTION !! :**
source de données importante mais pas exhaustive (ex: sites pollués non connus des autorités, activités non déclarées, etc.)



- Croisement des données de pentes, occupation des sols, pédologie, état des ripisylves;
- Définition des sous BV et linéaire de cours d'eau les plus sensible à l'érosion et transfert de pollution



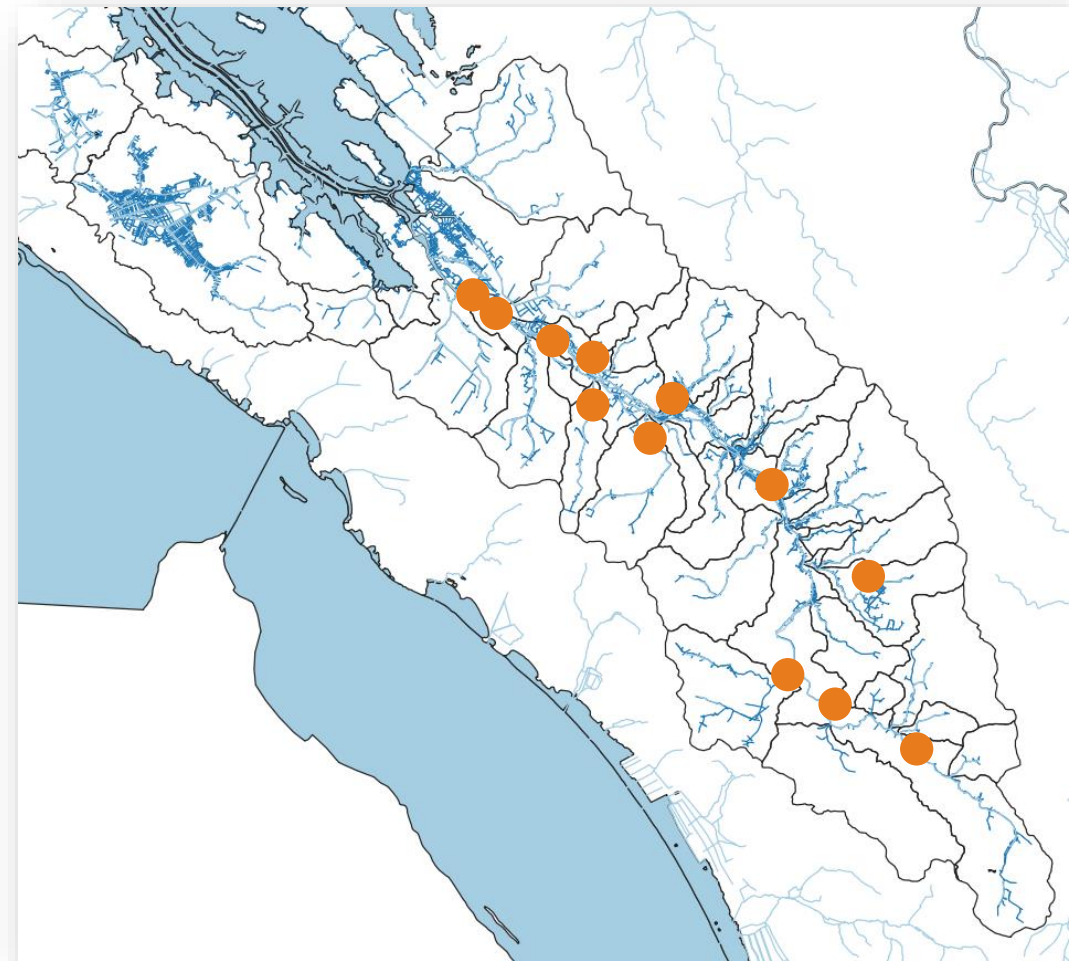
- Analyse de sédiments réalisés en 2013 à proximité d'un site BASOL en bordure de Seudre en amont de Saujon (*ancienne papèterie Corme Ecluse*)
- Très fortes concentrations en Cd (12,2 mg/kg) mesurées sur un échantillon prélevé en surface (*1 anomalie sur 17 analyses*)
- Pas de données complémentaires disponibles pour confirmer/infirmar ce résultat
- **Convention CD17-SMBS** signée pour accès autres données d'analyse eau/sédiment sur BV Seudre (→ zone estuaire principalement)

12,2 mg/kg Cd



CHOIX SECTEURS DE PRÉLÈVEMENTS

- 10 zones d'échantillonnage prévues dans la convention BRGM-SMBS;
 - BV avec couverts forestiers:
 - 2 zones de bassins versants avec important couverts forestiers :
 - BV de Combe de la Bataille → échantillon calcaire des formations du Santonien,
 - BV Amont de la source à St Germain → BV Forestier (mais zone agricole proche cours d'eau);
 - BV avec pression agricole
 - BV CHATELARD (11,7273 km² de surface cultivée) ;
 - BV FOSSE DE LA BRIAGNE
 - BV FOSSE COURANT
 - BV GEMOZAC: site BASIAS Stockage Engrais
 - BV COZILLONE (rejet carrière + STEP)
 - Sites prélèvements DCE (NAIADES)
 - Site BASOL Corne Ecluse
-
- Validation préalable des sites par visite sur site (réalisé le 07/04/2021)
 - Mission de prélèvement → début juin



TÂCHE 2 : ORIGINE DU CADMIUM

Analyses - Direction Eau, Environnement, Procédés et Analyses

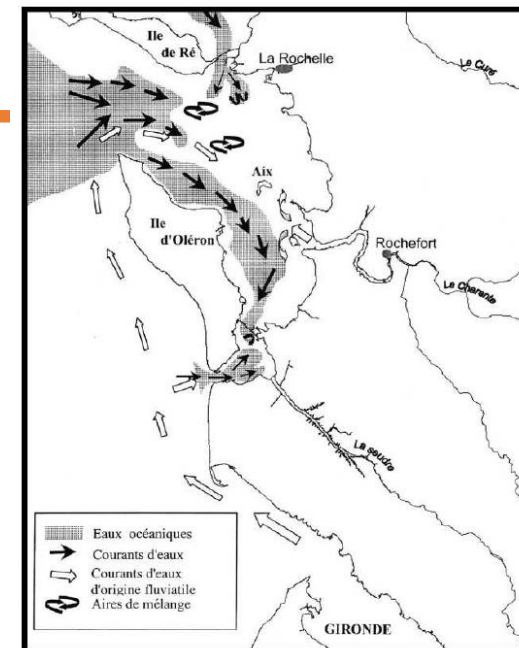
- **granulométrie** des sédiments (taille, typologie),
- diffraction des Rayons X (**DRX**) pour **analyse minéralogie**
- → **quelles sont les phases porteuses ?**
- majeurs et traces, **métaux** Cd/Zn/Cu/Pb dans la fraction totale et labile des sédiments (partie réactive)
- → **quelles associations de métaux en fonctions des sources**
- la mesure des **isotopes du plomb** pour ces sédiments, qui nous permettra de distinguer l'origine naturelle ou anthropique de cet élément très souvent associé au cadmium dans les pollutions anthropiques qu'il s'agisse de rejets industriels et/ou de pollution agricole diffuse.



- À l'issue de cette tâche 2, une décision sera prise par le Comité de pilotage (CLE du SAGE)
 - 1- si cadmium est d'origine naturelle dans la partie amont → **tâche 3**
 - 2- si cadmium est d'origine agricole ou industrielle → quelles solutions pour agir sur ces sources en amont ?
- **Suite →** pour la Tâche 3 si les enrichissements en cadmium sont d'origine exogène, **il faudra alors investiguer des sources externes à la Seudre amont**

TÂCHE 3 : ORIGINE DU CADMIUM / ESTUAIRE

- 1- préciser l'origine des sédiments dans l'estuaire de la Seudre en considérant les possibles sources suivantes :
 - la Seudre amont
 - l'estuaire de la Gironde
 - l'estuaire de la Charente
- Cette méthode est basée sur l'analyse des isotopes du strontium, élément chimique alcalino-terreux dont le rapport isotopique ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) va nous permettre de discriminer les sources des sédiments du fait des contrastes géologiques



Circulation des masses d'eau au niveau de la Baie de Marennes Oléron

M. Willmes et al.

Applied Geochemistry 90 (2018) 75–86

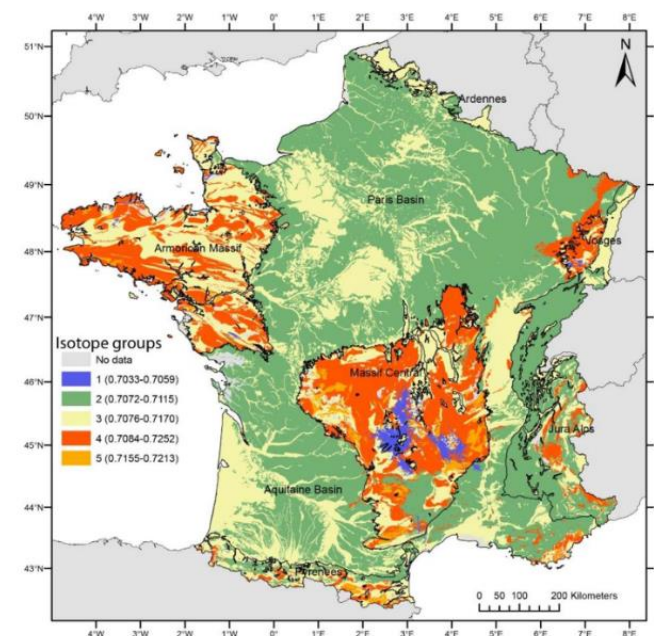
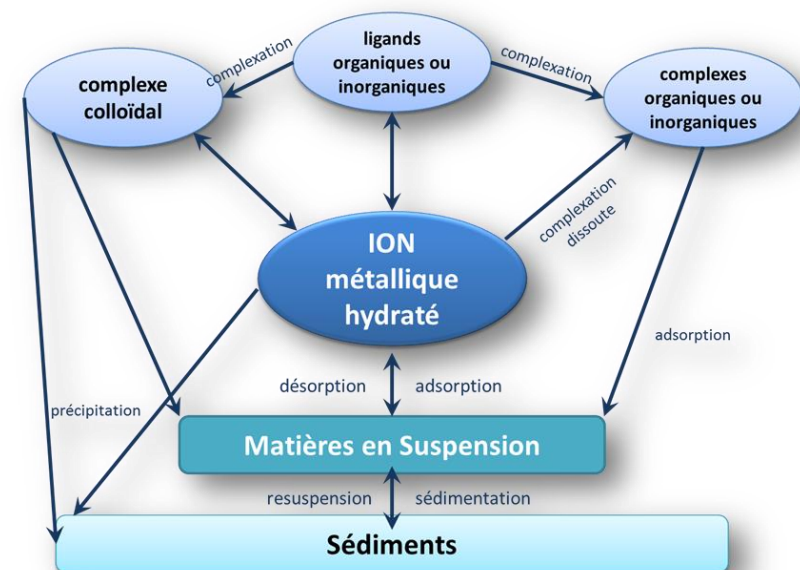
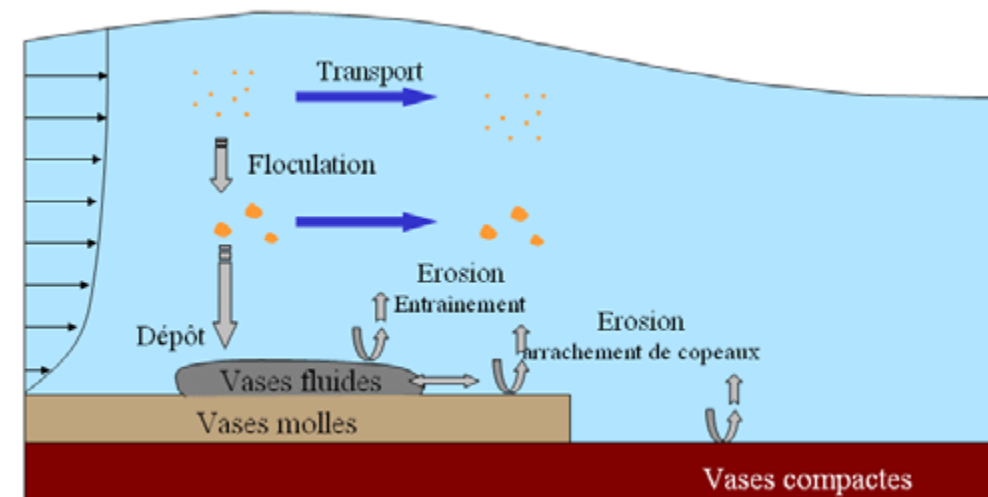


Fig. 5. Map of the surface geologic lithologies of France, coloured by their classification into the 5 isotope groups.

TÂCHE 3 : ORIGINE DU CADMIUM / ESTUAIRE

- 2- Concernant **les processus et mécanismes réactionnels** affectant l'estuaire de la Seudre, nous proposons de caractériser à la fois
 - les fractions dissoutes (**eau**) et
 - biodisponibles des **sédiments** de l'estuaire entre Saujon et Mus du Loup
- → 15 échantillons d'eaux et de sédiments d'amont en aval en s'assurant une **bonne représentativité du bassin dans sa partie estuarienne**



- **Tâche 1 : Etat de l'art**
 - **Synthèse de données**
 - **Plan d'échantillonnage**

- **Tâche 2 : Origine du Cadmium partie amont**
 - **Prélèvements: juin 2021**
 - **Analyses: été 2021**
 - **Synthèse & interprétation: automne 2021**

- **Tâche 3 : Origine du Cadmium partie estuaire**
 - **Si GO début 3^{ème} Trimestre 2021**

des questions ?



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité