

« L'AVENIR N'EST PAS CE QUI VA ARRIVER MAIS CE
QUE NOUS ALLONS FAIRE. » Henri Bergson



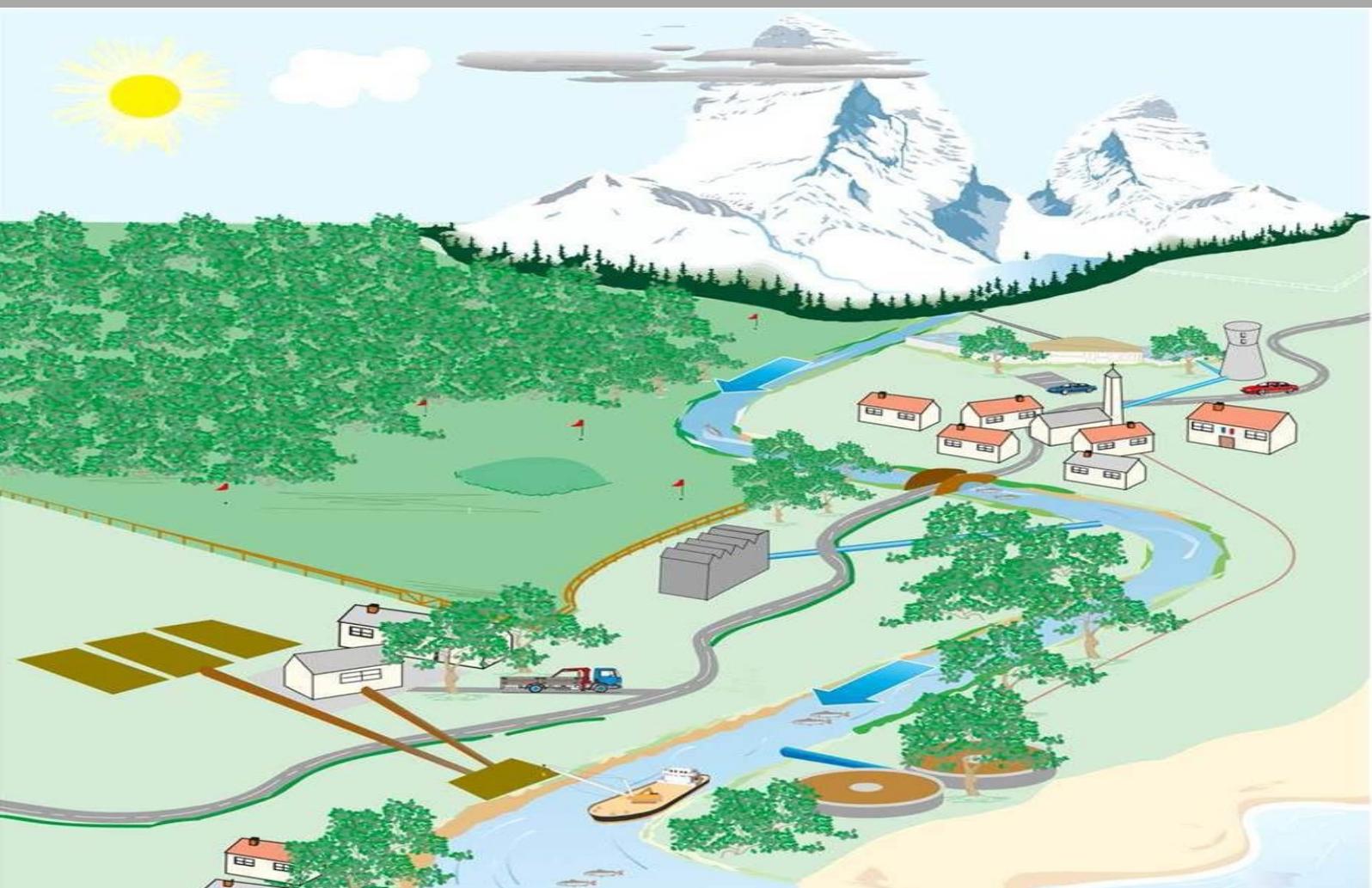
Guide Externe



AXELERA
catalyseur de croissance durable

PCB AXELERA

PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ AXELERA





Projet PCB-AXELERA

RAPPORT FINAL D'EXÉCUTION

SOMMAIRE

A1.	ENJEU ET PROBLEMATIQUE	7
A1.1	ENJEU ET VISION.....	7
A1.2	CONTEXTE.....	8
A1.2.1	<i>La problématique PCB.....</i>	<i>8</i>
A1.2.2	<i>Le positionnement du MEDAD et de la DIREN sur la problématique PCB</i>	<i>10</i>
A2.	OBJECTIF DU PROJET PCB-AXELERA	13
A3.	PRESENTATION DU PROJET PCB-AXELERA	14
A3.1	ORGANISATION DU PROJET ET INTERDEPENDANCE ENTRE LES SOUS-PROJETS.....	14
A3.2	LES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT.....	15
A3.3	LES ACTIONS DU PROJET PCB - AXELERA.....	16
A3.4	LA POSITION DES ACTIONS DU PROJET PCB - AXELERA SUR UN TRONÇON MODELISE DE FLEUVE	20
A3.5	LA COMPLEMENTARITE DU PROJET PCB-AXELERA AVEC D’AUTRES PROJETS DU POLE AXELERA	21
A4.	LES PARTENAIRES DU PROJET PCB-AXELERA	22
A4.1	PARTENAIRES CONTRACTUELS	22
A4.2	UNE IMPLICATION INDUSTRIELLE STRUCTURANTE	24
A4.3	UN SOUTIEN APPUYE DES COLLECTIVITES TERRITORIALES, DES ORGANISMES SCIENTIFIQUES DE LA REGION RHONE-ALPES, ET D’ORGANISMES DE PROTECTION DE LA NATURE	24
A5.	LES LIVRABLES DU PROJET PCB-AXELERA	25
A5.1	LES LIVRABLES INDUSTRIELS.....	25
A5.2	LIVRABLES TECHNIQUES	26
A6.	PROPRIETE INDUSTRIELLE DU PROJET PCB-AXELERA	28
A7.	GOUVERNANCE DU PROJET PCB-AXELERA.....	28
B1.	SYNTHESE SCIENTIFIQUE.....	30
B1.1	LIVRABLES TECHNIQUES	30
B1.2	LIVRABLES INDUSTRIELS.....	31
B1.2.1	<i>Synthèse.....</i>	<i>31</i>
B1.2.2	<i>Brevets</i>	<i>32</i>
B1.2.3	<i>Principaux résultats.....</i>	<i>32</i>
B1.2.4	<i>Synthèse sur les nouvelles filières de traitement</i>	<i>34</i>
B1.3	SITES DE REFERENCES	38
B1.4	COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS.....	39
B2.	RETOMBEES ECONOMIQUES DU PROJET PCB-AXELERA	39
B3.	IMPACTS EN TERME D’EMPLOI DU PROJET PCB-AXELERA.....	41
B3.1	EMPLOIS MOBILISES ET CREES DURANT LE PROJET PCB-AXELERA	41
B3.2	THESES SOUTENUES DANS LE CADRE DU PROJET PCB-AXELERA	41
B3.3	EMPLOIS INDUSTRIELS PERENNISES OU CREES A L’ISSUE DU PROJET PCB-AXELERA.....	42
B3.4	CREATION D’ENTREPRISE	42
B3.5	PERSPECTIVES	42

FIGURES

FIGURE 1 : TYPOLOGIE DES PROJETS DU POLE AXELERA	7
FIGURE 2 : REPRESENTATION CHIMIQUE DES PCB	8
FIGURE 3 : LES AXES DU PLAN NATIONAL D’ACTIONS SUR LES PCB	11
FIGURE 4 : LES AXES DU PROGRAMME REGIONAL D’ACTIONS SUR LES PCB.....	12
FIGURE 5 : SYNOPTIQUE ORGANISATIONNEL DU PROJET PCB-AXELERA	14
FIGURE 6 : L’ORGANISATION STRATEGIQUE DU PROJET PCB-AXELERA	15
FIGURE 7 : LES ACTIONS « TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT » DU PROJET PCB-AXELERA.....	16
FIGURE 8 : LES 16 ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA.....	17
FIGURE 9 : LES PARTENAIRES DES ACTIONS « TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT » DU PROJET PCB-AXELERA.....	17
FIGURE 10 : VUE SIMPLIFIEE DU POSITIONNEMENT DES ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA DANS L’ESPACE SUR UN TRONÇON DE FLEUVE	20
FIGURE 11 : COMPLEMENTARITE ENTRE LE PROJET PCB-AXELERA ET LES AUTRES PROJETS DU POLE AXELERA.....	21
FIGURE 12 : LES PARTENAIRES DU PROJET PCB-AXELERA	22
FIGURE 13 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES PARTENAIRES DU PROJET PCB-AXELERA	23
FIGURE 14 : CONTRIBUTION BUDGETAIRE DES PARTENAIRES AU PROJET PCB-AXELERA	23
FIGURE 15 : LES PARTENAIRES ET LES COMPETENCES DU PROJET PCB-AXELERA.....	24
FIGURE 16 : LES SOUTIENS AU PROJET PCB-AXELERA.....	25
FIGURE 17 : L’ALVEOLE MONOSPECIFIQUE ACTIVE POUR LA GESTION DES SEDIMENTS A TERRE	36

TABLEAUX

TABLEAU 1 : LIVRABLES INDUSTRIELS FINAUX DU PROJET PCB-AXELERA	26
TABLEAU 2 : LES TACHES ET LIVRABLES DU PROJET PCB-AXELERA	27
TABLEAU 3 : LES CONVENTIONS DE PARTENARIAT DU PROJET PCB-AXELERA	28
TABLEAU 4 : LES COMITES DE GOUVERNANCE DU PROJET PCB-AXELERA	28
TABLEAU 5 : LES TACHES ET LIVRABLES REALISES DU PROJET PCB-AXELERA	30
TABLEAU 6 : LIVRABLES INDUSTRIELS REALISES DU PROJET PCB-AXELERA	1
TABLEAU 7 : SYNTHESE DES PERFORMANCES DE TRAITEMENT OBTENUES DANS LE PROJET PCB-AXELERA	34
TABLEAU 8 : ARBRE DE DECISION POUR UNE GESTION DES SEDIMENTS DRAGUES CONTAMINES AUX PCB	37
TABLEAU 9 : SITES DE REFERENCE DES ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA	38
TABLEAU 10 : COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS DU PROJET PCB-AXELERA	39
TABLEAU 11 : EMPLOIS MOBILISES ET CREEES DURANT LE PROJET PCB-AXELERA	41
TABLEAU 12: THESES REALISEES DANS LE CADRE DU PROJET PCB-AXELERA	41

ANNEXES

ANNEXE 1	44
DESCRIPTION DES 16 ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA	44
ANNEXE 2	45
DESCRIPTION REVISEE DES TACHES ET DES LIVRABLES DU PROJET PCB-AXELERA	45
ANNEXE 3	46
LIVRABLES DU PROJET PCB-AXELERA (RESUMES)	46
ANNEXE 4	47
FICHES DE SYNTHESE DES 16 ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA	47
ANNEXE 5	48
RESUMES TECHNIQUES DES 14 ACTIONS TECHNOLOGIQUES DU PROJET PCB-AXELERA	48
ANNEXE 6	49
PRESENTATION DE SYNTHESE DES 16 ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA	49
ANNEXE 7	50
OUTIL GLOBAL D'AIDE A LA DECISION POUR LA GESTION DES SEDIMENTS CONTAMINES AUX PCB ET AUTRES POLLUANTS	50
ANNEXE 8	51
COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS DU PROJET PCB-AXELERA	51

✓ *Dans cette version du rapport, seules les annexes 1 et 4 sont fournies.*

PARTIE A

PRESENTATION DU PROJET PCB-AXELERA

A1. ENJEU ET PROBLEMATIQUE

A1.1 Enjeu et vision

L'enjeu majeur du projet PCB-AXELERA est de **mener des travaux de Recherche et Développement visant à développer des technologies de traitement et des outils et méthodes pour la maîtrise des polluants dans l'environnement, permettant de lutter contre la pollution du Rhône par les PCB et autres polluants.**

Ce projet ambitieux revêt une dimension stratégique et structurante au regard des objectifs du pôle de compétitivité AXELERA Chimie-Environnement Lyon & Rhône-Alpes, créé à l'initiative de trois grands groupes industriels (Suez, Arkema, Rhodia) et de deux organismes de recherche (CNRS, IFP).

Le pôle AXELERA a pour vocation d'accélérer la création d'une filière industrielle et scientifique d'ambition internationale qui conjugue chimie et environnement.

Les projets du pôle sont répartis en deux grandes catégories : projets transversaux et projets de coopération technologique.



Parmi ces derniers, trois thématiques sont ciblées : catalyse, procédés et matériaux. Chacune de ces thématiques regroupe plusieurs programmes qui constituent les axes stratégiques de recherche du pôle.

Le projet PCB-AXELERA s'inscrit dans la thématique Procédés.

Figure 1 : Typologie des projets du pôle AXELERA

Un projet de l'envergure de PCB-AXELERA permet au Pôle AXELERA :

- d'être un **acteur majeur et incontournable de la thématique « environnement »**
- de donner à la France un **pôle d'excellence de dimension européenne dans le domaine du traitement des PCB et autres polluants des sédiments et sols pollués.**

Notre vision est de constituer un pôle d'excellence de renommée internationale pour la caractérisation et le traitement des PCB, présents dans les sédiments et sols pollués. Notre ambition est de développer de nouveaux outils, procédés et filières de traitement, avec une forte assise en Rhône-Alpes et des visées européennes en termes de marché et d'application.

A1.2 Contexte

A1.2.1 La problématique PCB

Définition des PCB

Les PCB (polychlorobiphényles) sont des produits chimiques organiques chlorés, dérivés du biphényle industriellement synthétisés et proches de la famille des polychloroterphényles et des dioxines.

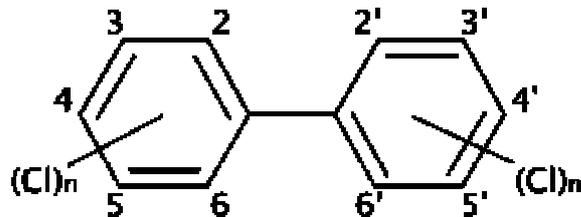


Figure 2 : Représentation chimique des PCB

Les PCB sont notamment employés comme lubrifiants pour la fabrication des transformateurs électriques et des condensateurs, comme isolants électriques dans des environnements à très haute tension (THT) en raison de leur relative ininflammabilité et de leurs excellentes caractéristiques diélectriques, ou comme fluides : caloporteurs dans des environnements à risque d'incendie pour le transfert de calories, hydrauliques dans des environnements à risque ou contraintes thermiques. Ils ont aussi été utilisés dans les moteurs de pompes, fours à micro-ondes, ou comme additifs d'huiles ou de produits de soudures, dans certains adhésifs, peintures et jusque dans des papiers autocopiants.

Ces polluants ubiquitaires et persistants ont une toxicité qui varie selon leur poids moléculaire (nombre d'atomes de chlore) et la configuration spatiale de leurs molécules (209 congénères).

Ce sont, selon leur teneur en chlore, des liquides plus ou moins visqueux voire résineux, quasiment insolubles dans l'eau mais solubles dans la plupart des solvants organiques et dans les huiles végétales, incolores ou jaunâtres, à forte odeur aromatique. Thermiquement très stables et pratiquement pas biodégradables, ils ne se décomposent qu'à des températures dépassant 1 000 °C en conduisant à la formation de furanes et de dioxines toxiques et cancérigènes. Grâce à leur inertie chimique, ils sont peu sensibles aux acides, bases et oxydants.

Une menace réelle mais difficile à évaluer

Les PCB n'existent pas à l'état naturel. Leur production par l'homme et leur utilisation industrielle a débuté dans les années 1930. Cette production s'est arrêtée depuis les années 1980. L'utilisation a ensuite été progressivement restreinte en France (en 1979, interdiction de l'utilisation des PCB dans les applications ouvertes de type encres, adhésifs, additifs dans certaines huiles ; en 1987, interdiction de la vente, l'acquisition ou la mise sur le marché d'appareils contenant des PCB est effective).

La réglementation française (décret du 18 janvier 2001) met en application le droit européen (directive 96/99/CE du 16 septembre 1996) et prévoit la réalisation d'un plan d'élimination des PCB, à partir d'inventaires constitués sur la base des déclarations des détenteurs d'appareils contenant des PCB. L'inventaire réalisé par l'ADEME dans chaque département a permis le recensement d'environ 500 000 d'appareils.

Au niveau européen, la DGXI (Direction Générale XI de la Commission Européenne) a estimé en 1994 qu'il restait 200 000 tonnes liquides de PCB en Europe, venant de transformateurs et condensateurs à détruire. La France, en raison de sa forte électrification et nucléarisation, puis l'Italie et l'Allemagne en détenaient le plus, avec respectivement 45 000 t, 45 000 t et 30 000 t.

Le plan national de décontamination et d'élimination des appareils contenant des PCB, approuvé par l'arrêté ministériel du 26 février 2003, fixe un calendrier de décontamination et d'élimination des appareils inventoriés au plus tard pour le 31 décembre 2010.

Par le passé, une mauvaise appréhension des risques présentés par ces substances (notamment à long terme) et des déversements accidentels a pu conduire à en rejeter dans l'environnement en quantité mal connue. Aujourd'hui, si certaines installations soumises à réglementation (installations classées, contrôle des DREAL) peuvent toujours rejeter des émissions de PCB dans l'eau, c'est en quantités faibles et dans un cadre très précis et contrôlé. Par ailleurs, il n'est pas possible d'exclure des sources résiduelles de pollution des rivières par certains déversements sauvages d'appareils contenant des PCB (actes de vandalisme sur les transformateurs par exemple) ou, plus ponctuellement, le lessivage des sols pollués aux PCB.

La pollution par les PCB constatée dans les différents milieux est donc essentiellement d'origine historique.

Des conséquences fortes sur l'environnement

Même si les effets écotoxicologiques à long terme des PCB sont encore peu connus, en raison de leurs caractéristiques chimiques (liposolubilité et hydrophobie notamment) et de leur rémanence (longue durée de vie liée à leur stabilité chimique et très faible biodégradabilité), ils sont des polluants fréquemment trouvés dans l'environnement :

- **près de leurs lieux de production, d'élimination**, ou sur les lieux d'accidents (casse ou incendie de transformateurs au pyralène par exemple) ; mais surtout **dans les milieux aquatiques et les sédiments** sur de vastes zones, et par la suite dans certaines boues de curage, où leur stabilité les y confère de manière pérenne.
- **dans les tissus graisseux des animaux**, et des poissons en particulier, puisqu'ils sont bioaccumulables dans la chaîne alimentaire par concentration dans les tissus vivants. Les poissons gras semblent être les premiers touchés, et leurs prédateurs dont les oiseaux pêcheurs et mammifères marins tels que les cétacés, qui peuvent ensuite les « exporter » par le phénomène dit de bioturbation sur de vastes territoires, via leurs déplacements.

L'Union Européenne a récemment adopté les normes recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de concentrations maximales admissibles en PCB dans les poissons destinés à la consommation humaine. Ainsi, depuis le 4 novembre 2006, de nouveaux critères fixent des teneurs maximales pour la « somme des dioxines et PCB de type dioxine » en plus du seul critère « dioxine » jusqu'alors pris en compte. Le règlement fixe à 8 pg/g-TEQ de matière brute la concentration admissible en dioxine et PCB de type dioxine dans les poissons destinés à la consommation humaine.

Si aucune espèce de poissons ne semble a priori indemne, certaines espèces semblent plus susceptibles d'être contaminées :

- espèces présentant une forte teneur en matière grasse (comme les anguilles)
- espèces vivant sur le fond (benthiques) au contact des sédiments (anguille, brème commune, barbeaux, carpes)

La contamination des espèces vivant en pleine eau (pélagiques) apparaît moins fréquente mais possible dans des conditions environnementales spécifiques.

En parallèle de la nécessité d'intensifier la réduction des rejets de PCB dans les eaux, et d'accompagner les consommateurs et les pêcheurs, **le projet PCB-AXELERA a pour ambition de travailler au développement d'une gamme complète d'outils analytiques et de technologies de traitement de la pollution par les PCB, mais également par les autres polluants qui affectent les fleuves et rivières, afin :**

- de mieux comprendre les phénomènes de contamination
- de disposer d'outils d'évaluation et d'analyse du taux de contamination par les PCB
- de développer des produits, procédés et technologies de traitement des sites pollués

A1.2.2 Le positionnement du MEDAD et de la DIREN sur la problématique PCB ¹

Peu solubles dans l'eau et peu biodégradables, les PCB n'altèrent pas la qualité de l'eau en elle-même. Par contre, ils se sont fixés au cours du temps sur les matières en suspension et les sédiments dans les fleuves, les rivières, les lacs et les canaux.

En France, des années 1950 aux années 2000, des quantités importantes de PCB ont été régulièrement déversées dans l'environnement et en particulier dans le Rhône.

Une étude conduite par les réseaux de surveillance des milieux aquatiques du ministère de l'écologie et des Agences de l'eau confirme également que la Seine (en aval de Rouen), la Loire, l'Allier, le Rhin, la Moselle, les canaux d'Artois-Picardie sont également touchés par une pollution chronique par les PCB (sur 852 prélèvements et observations, 40 % sont qualifiés de "préoccupants").

Les 3 bassins les plus fortement touchés par la pollution PCB sont donc : Artois-Picardie, **Rhône Méditerranée** et Seine-Normandie.

D'autre part, les données récentes du réseau national d'observation (RNO) indiquent également une forte contamination des mollusques dans l'estuaire de la Seine. La surveillance régulière des PCB dans les sédiments se poursuit sur au moins 375 sites, dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau.

Une carte présentée par Nathalie Kosciusko-Morizet, Secrétaire d'État à l'Ecologie, et construite par la Direction de l'Eau du MEDAD (Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable), présentant 852 sites moyennement à « extrêmement pollués », montre que le Nord, la vallée de la Seine, et l'Est de la France semblent les plus touchés avec 31 sites de très à extrêmement pollués.

Selon une étude de l'IRSTEA, les valeurs limites de l'OMS sont souvent dépassées dans le poisson, aussi la consommation humaine de certaines espèces de poissons a été interdite, dès le 22 février 2007

La contamination semble assez générale, touchant parfois tout le bassin versant et la haute montagne. Ainsi le 2 avril 2008, les préfets de Savoie et de Haute-Savoie ont-ils dû interdire la pêche (pour consommation et commercialisation) de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) dans le Lac du Bourget, en raison de taux très élevés de PCB et dioxines «supérieur aux normes réglementaires pour deux poissons issus du lac, les rendant impropres à la consommation humaine et animale, ainsi que dans les lacs Léman et d'Annecy, «jusqu'à ce qu'il soit établi par des analyses officielles que ces mesures ne s'avèrent pas utiles à la maîtrise du risque pour la santé publique», en attendant qu'une enquête de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) précise l'ampleur du problème.

Dans ce contexte, **les ministres en charge de la santé, de l'agriculture et de la pêche, et de l'écologie ont décidé de mettre en place le 6 février 2008 un plan interministériel d'actions, qui s'articule autour des 6 axes suivants** (voir figure 3) :

1. Intensifier la réduction des rejets de PCB
2. **Améliorer les connaissances scientifiques sur le devenir des PCB dans les milieux aquatiques et gérer cette pollution**
3. Renforcer les contrôles sur les poissons destinés à la consommation et adopter les mesures de gestion des risques appropriées
4. Améliorer la connaissance du risque sanitaire et sa prévention
5. Accompagner les pêcheurs professionnels et amateurs impactés par les mesures de gestion des risques
6. Evaluer et rendre compte des progrès du plan

¹ Le présent chapitre tient compte des anciennes dénominations MEDAD, DIREN et AFSSA, puisque les relations avec ces entités concernant le Projet « PCB AXELERA » ont été engagées avant les divers changements d'intitulé intervenus ultérieurement.

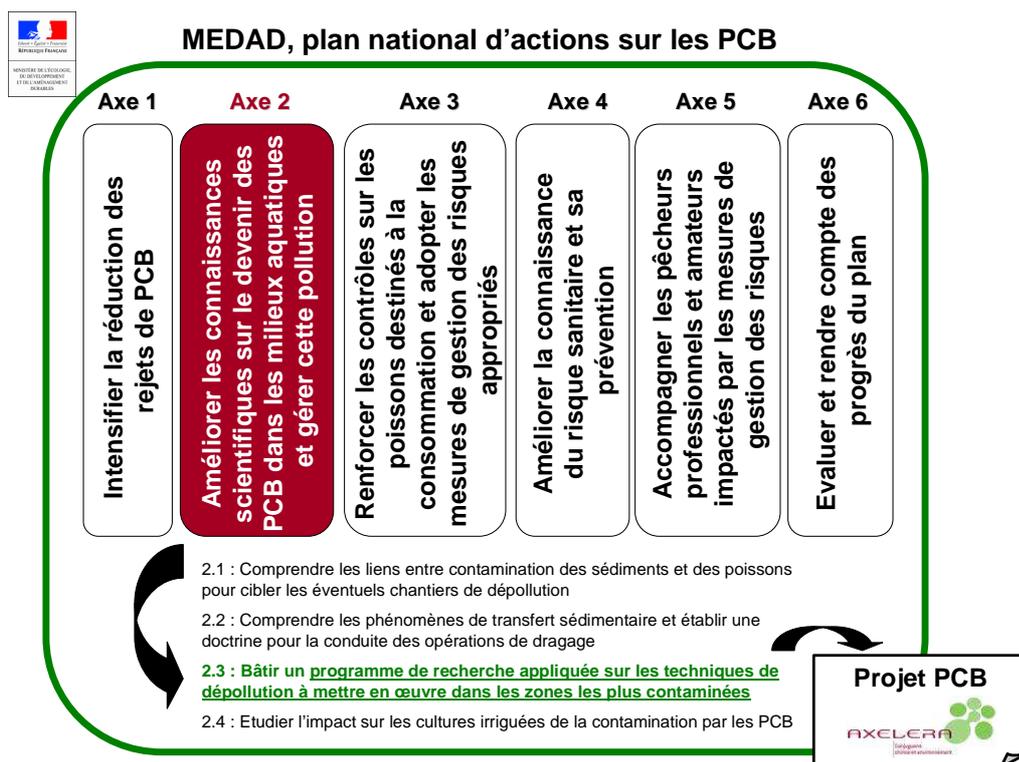


Figure 3 : Les axes du plan national d'actions sur les PCB

Le projet PCB-AXELERA s'inscrit dans l'Axe 2 de ce plan d'action national sur les PCB en visant la définition, la mise en place et la conduite d'un programme de recherche appliquée sur les techniques de dépollution à mettre en œuvre dans les zones les plus contaminées.

« AXE 2 : AMELIORER LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR LE DEVENIR DES PCB DANS LES MILIEUX AQUATIQUES ET GERER CETTE POLLUTION

2.3 Bâtir un programme de recherche appliquée sur les techniques de dépollution à mettre en œuvre dans les zones les plus contaminées.

Le dragage des sédiments puis leur traitement peuvent être retenus pour répondre à des pollutions ponctuelles bien identifiées, mais ces techniques sont difficilement envisageables à grande échelle pour des raisons environnementales, techniques et financières. C'est pourquoi il est nécessaire de se tourner également vers des techniques de dépollution in situ, qui sont pour l'instant du domaine de la recherche appliquée.

Le pôle de compétitivité chimie-environnement de Rhône-Alpes (pôle AXELERA) est invité à élaborer un programme d'études pour appel à projets de recherche en avril 2008. Ce programme s'étendra jusqu'en 2010. Il devra prendre en compte les expérimentations réalisées à l'étranger, notamment dans les autres pays de l'Union Européenne ou aux Etats-Unis. »

Ce plan national a trouvé le 10 Octobre 2007 un relais régional en Rhône-Alpes, avec la tenue du comité d'information et de suivi de la pollution du Rhône par les PCB, présidé par Madame Nathalie Kosciusko-Morizet.

Au sein de la région Rhône-Alpes, un programme d'actions pollution PCB est également mis en œuvre (voir figure 4).

Les analyses relatives à la contamination des sédiments par les PCB, d'abord mises en œuvre par les services de la préfecture du Rhône avec l'appui technique du SNRS (Service Navigation Rhône Saône), ont ensuite été

élargies aux départements de l'Ain et de l'Isère. Elles couvrent aujourd'hui tout le linéaire du Rhône (3 régions, 11 départements) sous le pilotage du Préfet coordonateur du bassin Rhône-Méditerranée pour les aspects politiques et de la DIREN (Direction régionale de l'environnement) Rhône-Alpes, délégation de bassin, pour les aspects techniques.

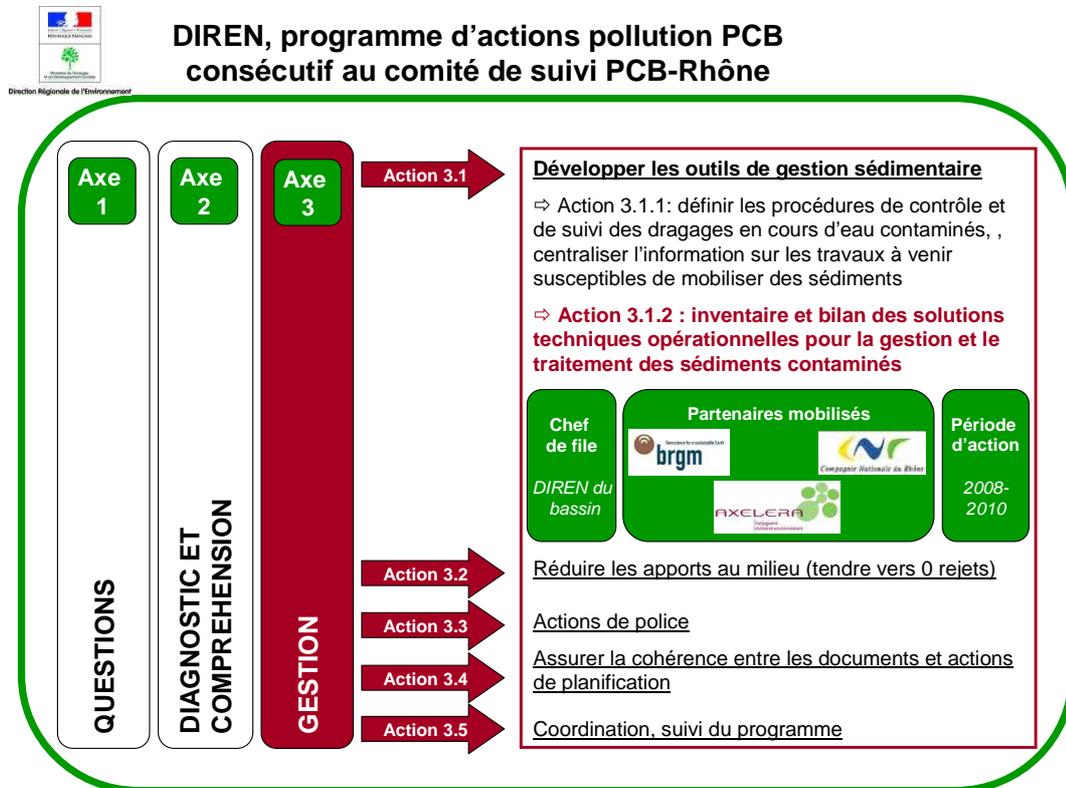


Figure 4 : Les axes du programme régional d'actions sur les PCB

L'action 3 du programme d'actions vise à accompagner le développement de gestion sédimentaire, et la sous-action 3.1.2 « inventaire et bilan des solutions techniques opérationnelles pour la gestion et le traitement des sédiments contaminés » pilotée par la DIREN du bassin Rhône-Méditerranée, a été confiée de manière opérationnelle sur la période 2008-2010 au pôle de compétitivité AXELERA, en collaboration avec le BRGM (Bureau de Recherche Géologiques et Minières)

Le projet PCB AXELERA s'inscrit également dans l'Axe 3 de ce plan d'action régional sur les PCB, piloté par la DIREN Rhône-Alpes.

L'ensemble des informations et résultats générés par ces deux plans d'actions national et régional est disponible sur les deux sites suivant :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/plan-national-pcb>

http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/usages-et-pressions/pollution_PCB

A2. OBJECTIF DU PROJET PCB-AXELERA

L'objectif du projet PCB-AXELERA est de mener des travaux de recherche visant à développer des technologies de traitement des sédiments pollués aux PCB, permettant en particulier de lutter contre la pollution du Rhône et de ses affluents.

Cette ambition est transversale et se décline des sources d'émission jusqu'au milieu récepteur, intégrant toutes les étapes de traitement (dragage, criblage, déshydratation, traitements in-situ ou ex-situ, valorisation des sédiments).

Dans ce cadre, les nouvelles technologies de traitement sont développées en association avec de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de caractérisation des PCB suivant 4 axes :

- savoir mesurer
- comprendre les transferts
- savoir traiter
- décider et agir

Les technologies étudiées et développées sont les technologies les plus prometteuses pour la décontamination des sédiments pollués aux PCB (d'après la littérature et certaines applications industrielles). Ces technologies couvrent une vaste gamme de traitements :

- technologies de dragage et de criblage
- technologies de confinement
- technologies par adsorption
- technologies par dégradation fongique
- technologies par bio remédiation
- technologies par dégradation biologique
- technologies par dégradation thermique

Certaines de ces technologies peuvent être appliquées in-situ, mais la plupart s'appliquent sur un sédiment extrait, criblé et deshydraté.

Au delà des technologies de traitement développées, le projet PCB AXELERA considère l'ensemble de la gestion sédimentaire et la chaîne de valeur associée.

A3. PRESENTATION DU PROJET PCB-AXELERA

A3.1 Organisation du projet et interdépendance entre les sous-projets

Le projet PCB-AXELERA est organisé initialement sur 40 mois et présenté en 4 sous-projets (SP) comprenant au total 16 actions (voir figure 5):

- **SP1 : Pertinence analytique** (3 actions) Leader : IRSTEA
- **SP2 : Processus de transfert** (2 actions) Leader : ARTELIA/BRGM
- **SP3 : Technologies de traitement** (10 actions) Leader : SUEZ Env.
 - **SP3.1 : technologies de dragage et criblage** (1 action) Leader : SITA
 - **SP3.2 : technologies de confinement** (2 actions) Leader : SITA
 - **SP3.3 : technologie d'adsorption** (1 action) Leader : CNRS
 - **SP3.4 : technologie par voie fongique** (1 action) Leader : CNRS
 - **SP3.5 : technologie de bio-remédiation** (1 action) Leader : ECO SOLUTION
 - **SP3.6 : technologie par voie biologique** (1 action) Leader : SITA
 - **SP3.7 : technologie par voie thermique** (1 action) Leader : ATANOR
 - **SP3.8 : plateformes** (2 actions) Leader : INSA / SITA
- **SP4 : Outil global d'aide à la décision** (1 action) Leader : SUEZ Env.

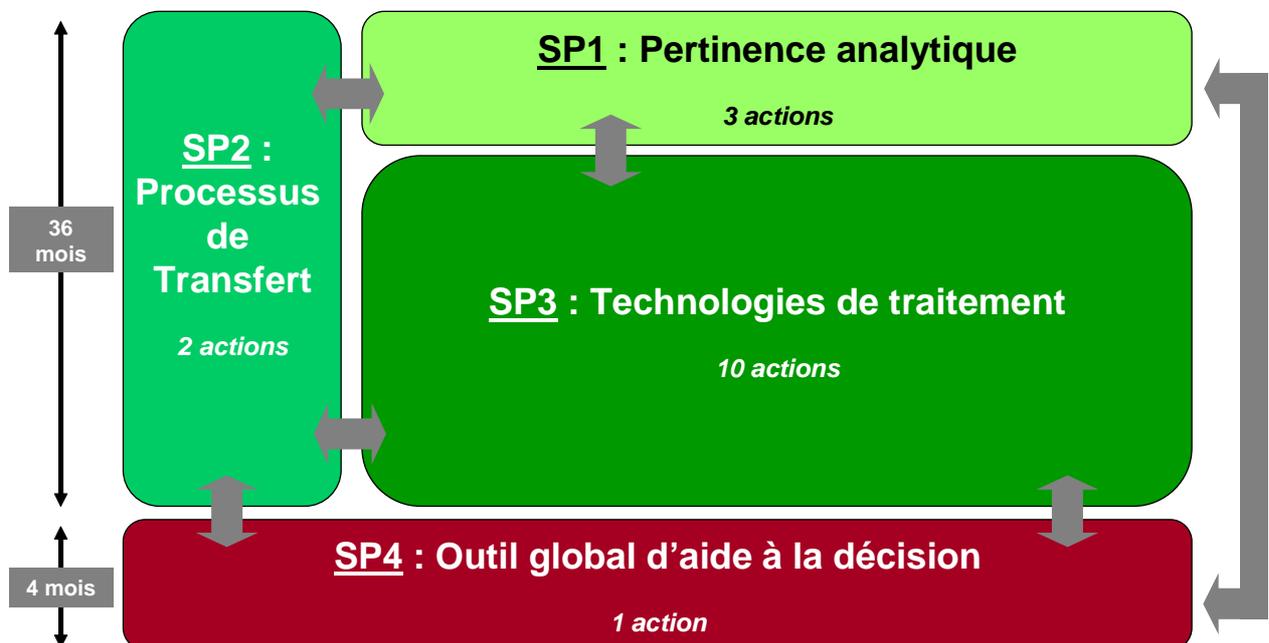


Figure 5 : Synoptique organisationnel du projet PCB-AXELERA

Le **SP3** constitue le cœur technologique du programme d'innovation, visant à développer de nouvelles technologies de traitement des PCB (procédés et filières).

Le **SP2** vise à améliorer la connaissance des phénomènes de transfert des PCB.

Le **SP1** est destiné au développement de nouveaux outils d'analyses et de caractérisation des PCB.

Le **SP4** est le sous projet final, qui a pour vocation de synthétiser les travaux menés sur l'ensemble des SP et de proposer un outil global d'aide à la décision permettant d'orienter les actions de traitement des sédiments des cours d'eau pollués, par les PCB.

Les 4 SP communiquent entre eux tout au long des 40 mois du projet. En effet il est nécessaire de disposer des éléments des SP1 et SP2 pour prendre les bonnes décisions lors des SP3 et SP4.

Les SP1 et SP2 permettent également de quantifier et valider l'impact et les performances atteintes avec les technologies de traitement développées dans le SP3.

Au final, le projet PCB-AXELERA entend mettre en place une stratégie permettant d'apporter des éléments opérationnels à la problématique globale de la pollution des sédiments (et des sols) par les PCB et autres polluants (voir figure 6) :

- **SAVOIR MESURER [SP1]** : proposer des outils de connaissance en analyse et caractérisation, ainsi que des outils de mesure et d'évaluation des résultats.
- **COMPRENDRE LES TRANSFERTS [SP2]** : proposer des outils de connaissance en compréhension des phénomènes de transfert des polluants.
- **SAVOIR TRAITER [SP3]** : proposer des solutions de traitements des sédiments pollués.
- **DECIDER ET AGIR [SP4]** : disposer d'un outil d'aide à la décision permettant d'orienter la mise en place des actions de traitement appropriées en tenant compte du contexte.

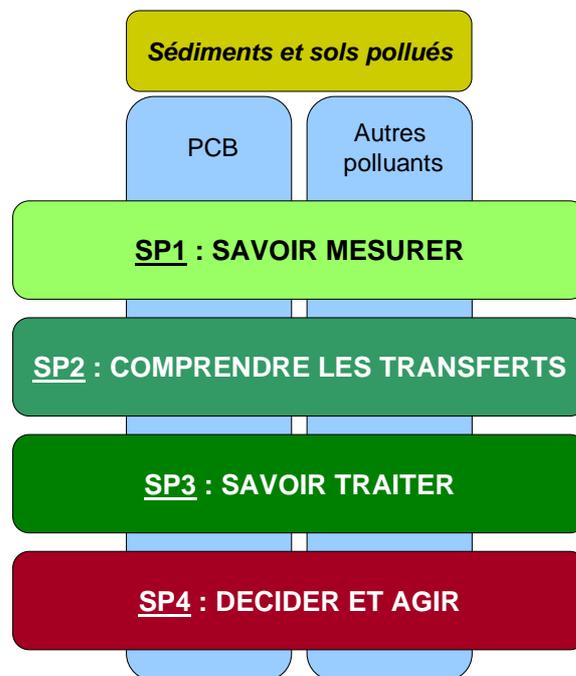


Figure 6 : L'organisation stratégique du Projet PCB-AXELERA

A3.2 Les technologies de traitement

Le SP3, visant le développement de nouvelles technologies de traitement des pollutions par les PCB, est structuré en 10 actions :

- **2 actions support** visent la définition et la structuration de plateformes de test et de validation de technologies :
 - Une plateforme amont échelle laboratoire (test)
 - Une plateforme aval échelle pré-industrielle (validation)

- 8 actions technologiques visent à travailler sur 5 voies d'investigation :

Dragage et criblage	Confinement	Adsorption	Voie biologique	Voie thermique
Action 6	Actions 7 et 8	Action 9	Actions 10, 11 et 12	Action 13

Ces 8 actions de traitement ont pour objectif de développer à la fois des technologies ex situ, et des technologies mixtes in situ / ex situ nécessitant un prélèvement ou prétraitement sur site et un traitement final hors de la zone de contamination.

La distinction entre ces 2 types d'action est matérialisée par les pictogrammes ci-dessous dans le synoptique suivant (voir figure 7):

 Ex situ
  /
  In / Ex situ

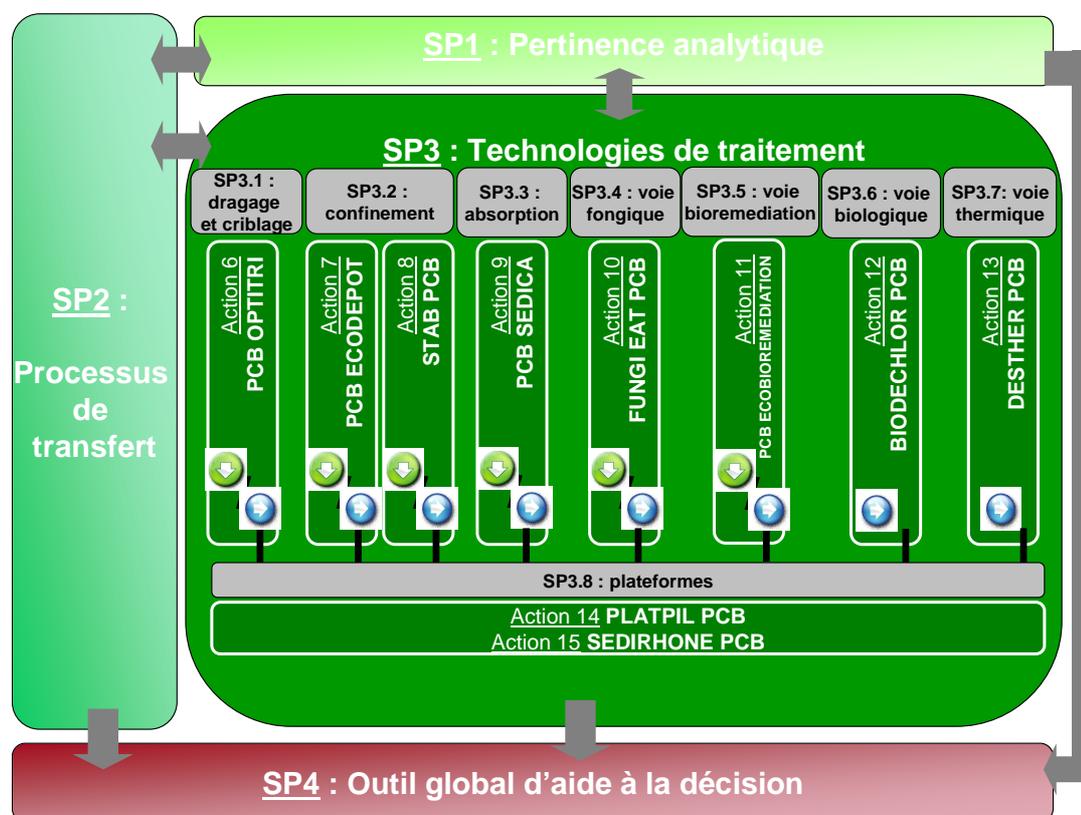


Figure 7 : Les actions « technologies de traitement » du projet PCB-AXELERA

A3.3 Les actions du projet PCB - AXELERA

Les 16 actions du projet PCB-AXELERA sont présentées dans le graphique suivant (voir figure 8). Ces actions sont détaillées en Annexe 1 : Description des 16 Actions du projet PCB-AXELERA, précisant les travaux envisagés, les partenaires impliqués, le planning incluant les jalons, la durée des tâches et les dépendances entre tâches, ainsi que les livrables.

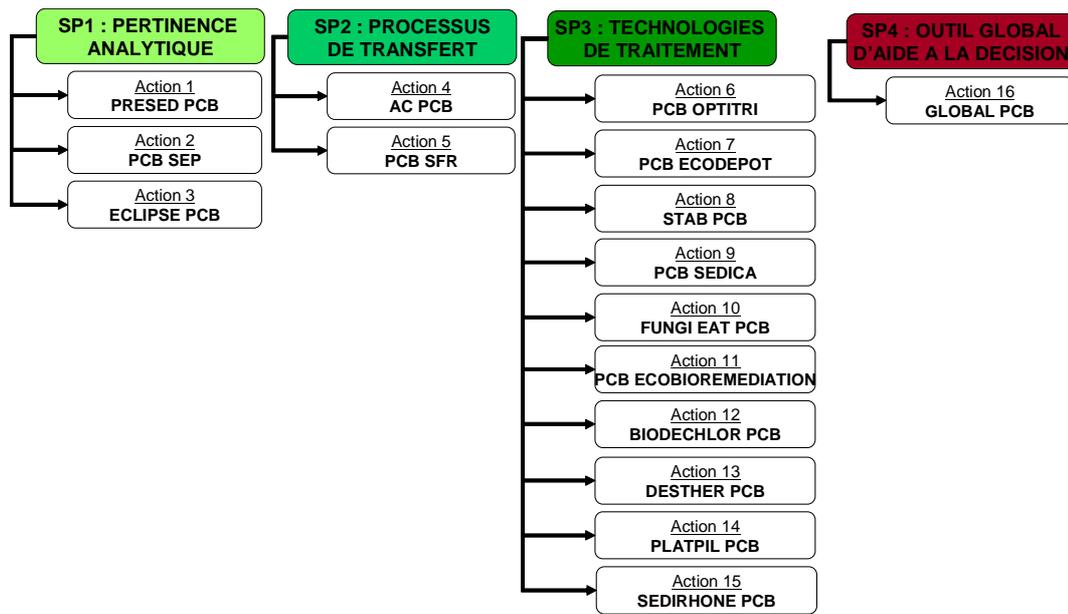


Figure 8 : Les 16 actions du projet PCB-AXELERA

Les actions du SP3 « technologies de traitement », qui structurent le projet, font apparaître une participation équilibrée des différentes typologies de partenaires sur les 5 voies d’investigation poursuivies (voir figure 9).

C	Dragage Criblage	Confinement	Adsorption	Voie Biologique	Voie thermique
Industriels	SITA CHARRIER TP SITA-FD SITA Remediation	SITA SITA-FD TENCATE EDG INERTEC	EXTRACT ECOTERRES SOLETANCHE- BACHY	SITA SERPOL SITA Remediation	/
PME	IN VIVO Env.	RECUPYL IN VIVO Env. ACOM SORACE	IFTS	/	ATANOR MAILLOT
EPIC	BRGM	BRGM	BRGM	BRGM CEA Saclay	/
EPST	SERAM	CNRS INSA Lyon UHA	CNRS	CNRS INSA Lyon ECL	INSA Lyon

* Voies fongique, biologie, bioremediation



Figure 9 : Les partenaires des actions « technologies de traitement » du projet PCB-AXELERA

Les pages suivantes présentent une synthèse de ces éléments permettant de positionner les actions dans le temps et d’y associer les partenaires qui mèneront chacune d’elles.

N° de l’action et acronyme	Intitulé de l’action	Date de fin	Leader et partenaires Sous-traitants
SP1 : pertinence analytique			
Leader : <u>IRSTEA (ex CEMAGREF)</u>			
1. PRESED PCB	Outils et méthodes pour la caractérisation et le prélèvement des sédiments	M36	ENTPE, SUEZ Env., ARTELIA (ex SOGREAH)
2. PCB SEP	Vers la séparation des 209 congénères de PCB	M36	SUEZ Env, IRSTEА (ex CEMAGREF) Sous-traitants : IFP, CARSO
3. ECLIPSE PCB	Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute de milieux aqueux	M36	IRSTEA (ex CEMAGREF), BRGM, SUEZ Env. Sous-traitant : IFREMER
SP2 : processus de transfert			
Leader : <u>ARTELIA (ex SOGREAH / BRGM)</u>			
4. AC PCB	Analyse comportementale des PCB	M36	BRGM, ARTELIA (ex SOGREAH) Sous-traitant : CEA Saclay
5. PCB SFR	Flux de PCB associés à la dynamique à différentes échelles des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins. Application au Rhône	M36	ARTELIA (ex SOGREAH), IRSTEА (ex CEMAGREF), CNRS (CEREGE)
SP3 : technologies de traitement			
SP3.1 : technologies de dragage et criblage			
Leader : <u>SITA</u>			
6. PCB OPTITRI	Optimisation de l’application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d’élimination de sédiments pollués	M36	SITA, BRGM Sous-traitants : SITA-FD, SITA Remediation, IN VIVO
SP3.2 : technologies de confinement			
Leader : <u>SITA</u>			

N° de l'action et acronyme	Intitulé de l'action	Date de fin	Leader et partenaires Sous-traitants
7. PCB ECODEPOT	Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	M36	SITA , INSA Lyon, BRGM Sous-traitants : SITA-FD, UHA, TENCATE, IN VIVO
8. STAB PCB	Développement de technologies de stabilisation / solidification	M36	SITA , CNRS (IrceLyon), RECUPYL Sous-traitants : INERTEC, EDG, ACOM SORACE
SP3.3 : technologies d'adsorption Leader : <u>CNRS</u>			
9. PCB SEDICA	Traitement des sédiments pollués par les PCB et autres polluants par la mise en œuvre de charbon actif, couplé à des techniques de tri granulométrique des matériaux	M36	CNRS (IrceLyon puis MATEIS) , BRGM, EXTRACT ECOTERRIS, SOLETANCHE-BACHY Sous-traitant : IFTS
SP3.4 : technologies par voie fongique Leader : <u>CNRS</u>			
10. FUNGI EAT PCB	Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des PCB	M36	CNRS (LECA) , SERPOL, INSA Lyon, CNRS (CEA Grenoble)
SP3.5 : technologie de bioremediation Leader : <u>ECO SOLUTION</u>			
11. PCB ECO-BIOREMEDIATION	Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée <i>in vivo</i>	M27	ECO SOLUTION , BRGM
SP3.6 : technologie par voie biologique Leader : <u>SITA</u>			
12. BIODECHLOR PCB	Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	M36	SITA , INSA Lyon Sous-traitants : SITA Remédiation, Ecole Centrale Lyon
SP3.7 : technologies par voie thermique Leader : <u>ATANOR</u>			
13. DESTHER PCB	Destruction thermique des PCB	M36	ATANOR , INSA Lyon Sous-traitant : MAILLOT

N° de l'action et acronyme	Intitulé de l'action	Date de fin	Leader et partenaires Sous-traitants
SP3.8 : plateformes Leader : <u>INSA Lyon / SITA</u>			
14. PLATPIL PCB	Validation et Evaluation au niveau Plateforme Pilote des Procédés de Traitement des PCB	M36	INSA Lyon, BRGM Sous-traitant : SETEMIP Env.
15. SEDIRHONE PCB	Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	M36	SITA Sous-traitant : SITA-FD
SP4 : Outil global d'aide à la décision Leader : <u>SUEZ Environnement</u>			
16. GLOBAL PCB	Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances technologiques et environnementales, risques)	M40	SUEZ Environnement

A3.4 La position des actions du projet PCB - AXELERA sur un tronçon modélisé de fleuve

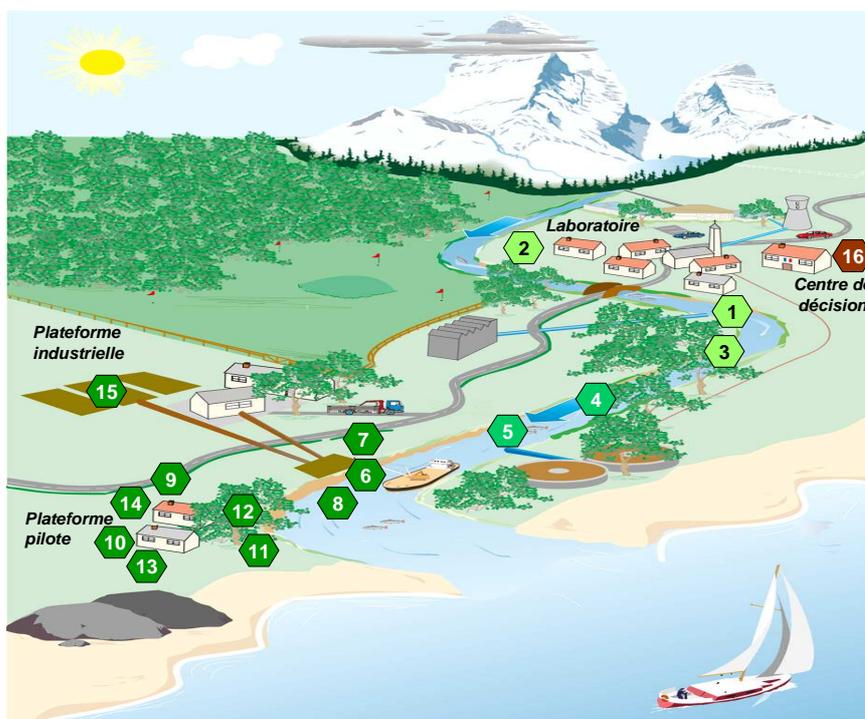


Figure 10 : Vue simplifiée du positionnement des actions du projet PCB-AXELERA dans l'espace sur un tronçon de fleuve

A3.5 La complémentarité du projet PCB-AXELERA avec d'autres projets du pôle AXELERA

Le projet PCB-AXELERA s'inscrit de manière complémentaire aux 2 projets majeurs du pôle Axelera déjà proposés au FUI sur la thématique « procédés », RHODANOS et VALORSITES.

Le projet « PCB AXELERA » vise à renforcer les voies d'investigation poursuivies par RHODANOS sur le traitement de l'eau et VALORSITES sur la dépollution des sols, puisque le projet s'attachera à traiter les pollutions PCB et autres polluants contenues dans les sédiments (voir figure 11).

La complémentarité entre les 3 projets joue pleinement à la fois :

- sur les matrices traitées : le travail de PCB-AXELERA sur les sédiments complète les recherches de RHODANOS et VALORSITES sur les eaux, les boues et les sols
- sur les types de polluants traités : PCB-AXELERA se concentre sur les PCB mais également sur les autres polluants, tandis que RHODANOS s'attaque aux micropolluants et substances prioritaires, et VALORSITES aux substances PBT (Persistantes, Bioaccumulables et Toxiques)

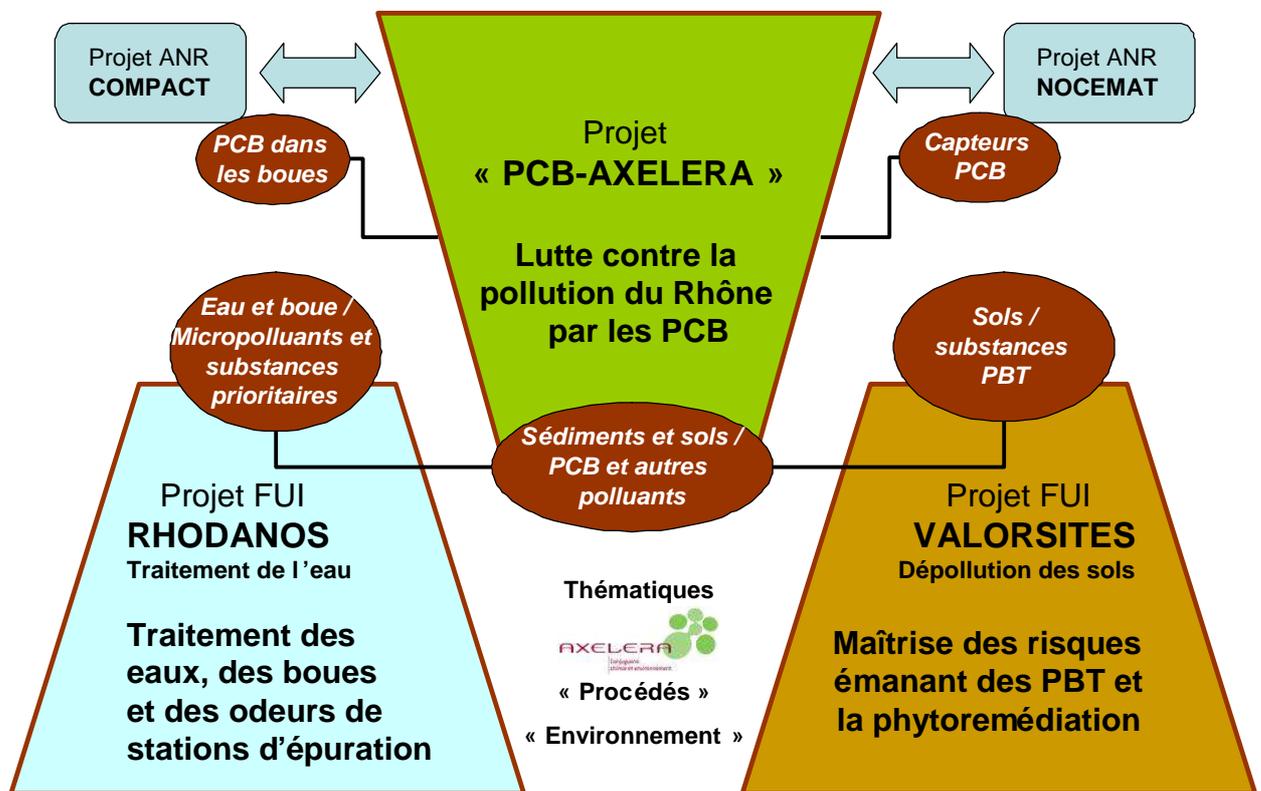


Figure 11 : Complémentarité entre le projet PCB-AXELERA et les autres projets du pôle AXELERA

A4. LES PARTENAIRES DU PROJET PCB-AXELERA

A4.1 Partenaires contractuels

Le consortium PCB-AXELERA, composé de 14 partenaires, représente un groupe de compétences de niveau mondial dans les domaines couverts par le projet PCB-AXELERA : traitement de la pollution des eaux, des sols et des sédiments, gestion de l’environnement et des ressources naturelles.

Les compétences réunies dans le projet fédèrent les diverses disciplines scientifiques nécessaires pour atteindre les objectifs fixés, et en faisant collaborer des acteurs majeurs de la filière eau avec des acteurs majeurs des filières sols et sédiments, et des leaders en environnement.

- Ce partenariat public/privé fort se caractérise par une répartition équilibrée entre partenaires :
 - Le projet est piloté par les industriels et les PME, qui sont au nombre de 9, et s’appuie sur les connaissances et savoir-faire de 5 EPIC et laboratoires de recherche (voir figure 12).

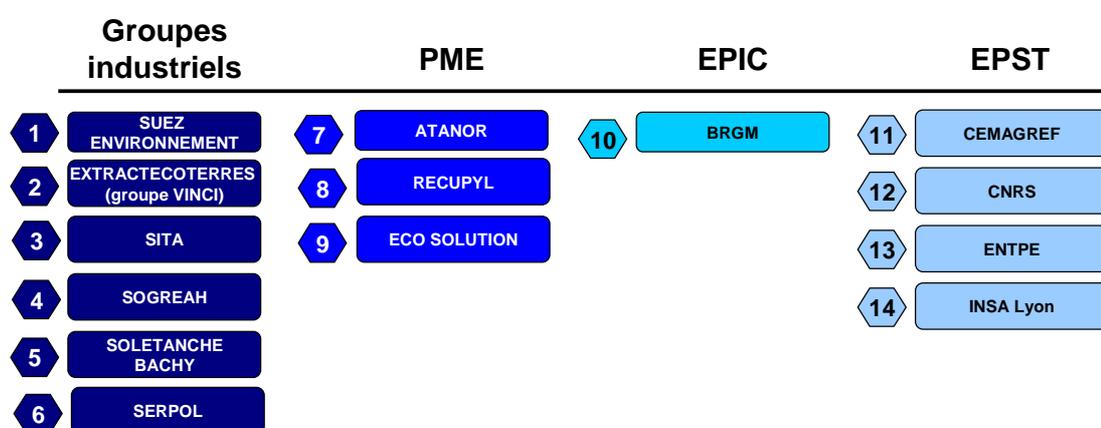
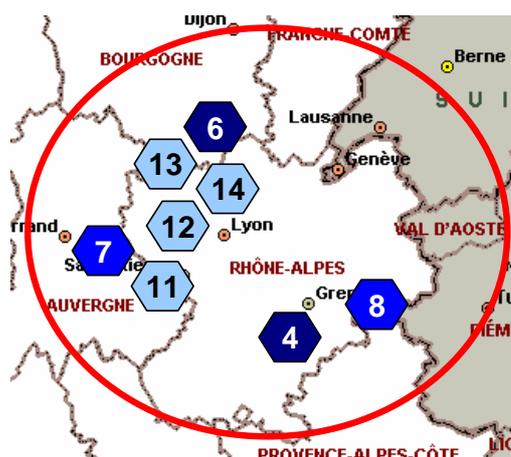


Figure 12 : Les partenaires du projet PCB-AXELERA

- Une représentation géographique nationale avec une forte assise en région Rhône-Alpes. Le projet revêt une dimension nationale, voire internationale, et présente une **implication forte des acteurs Rhône-alpins, au nombre de 8** (voir figure 13).



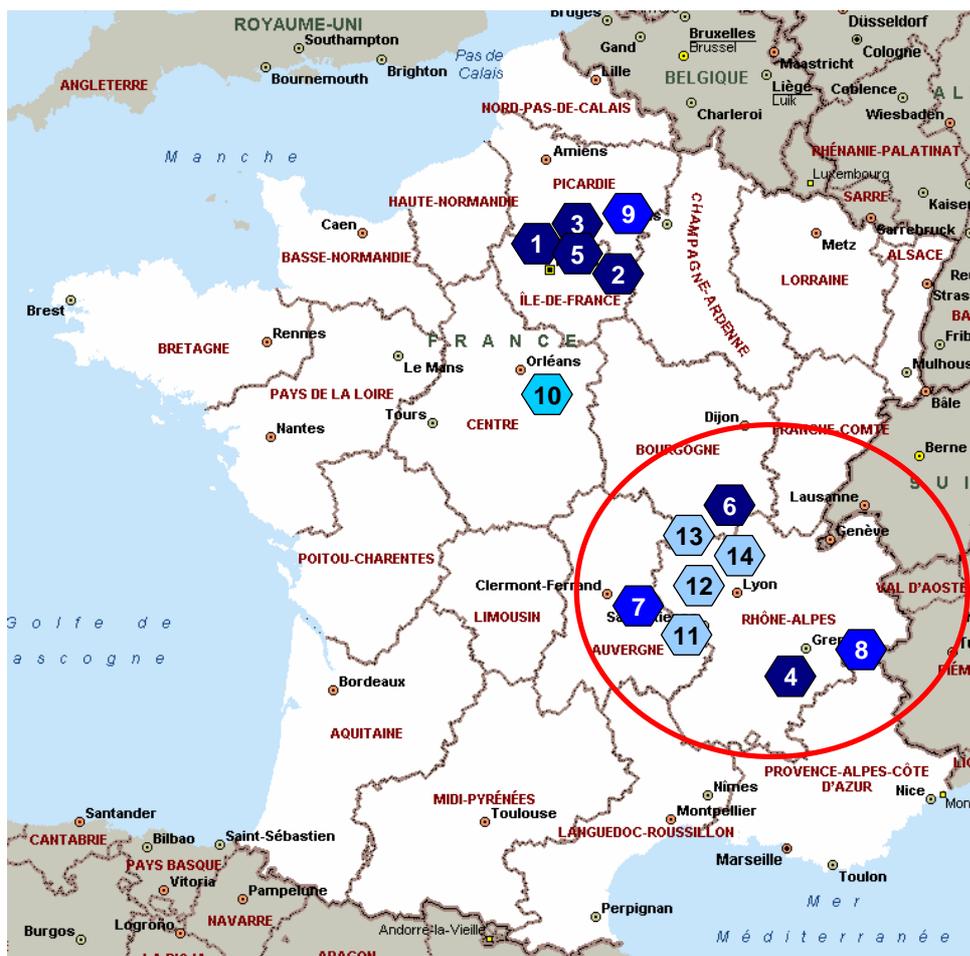


Figure 13 : Répartition géographique des partenaires du projet PCB-AXELERA

- La répartition des contributions est également répartie entre les partenaires :
 - 56% du budget du projet est porté par les **groupes industriels et les PME**
 - 44% du budget du projet est porté par les **EPIC et les EPST**

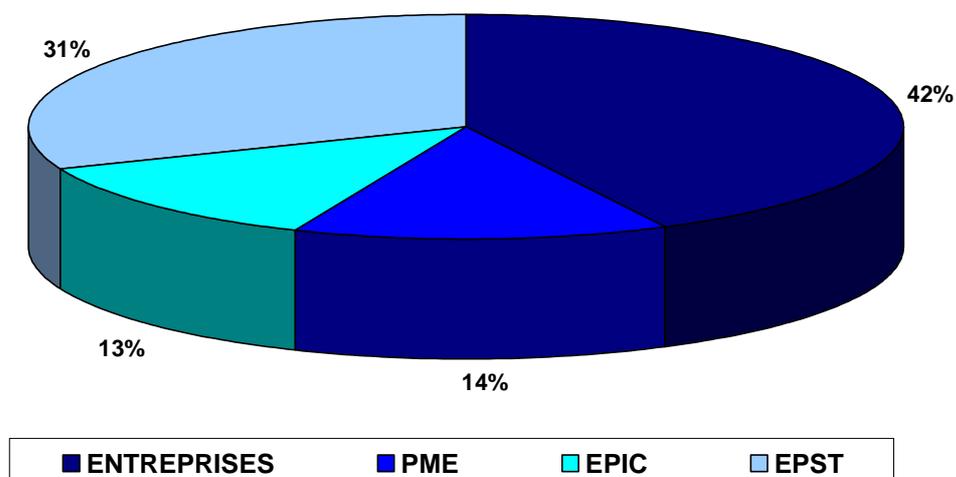


Figure 14 : Contribution budgétaire des partenaires au projet PCB-AXELERA

A4.2 Une implication industrielle structurante

Le projet PCB-AXELERA, autour de compétences reconnues au niveau scientifique dans les domaines des technologies de caractérisation et de traitement de la pollution des eaux, des sols et des sédiments, présente une implication forte des groupes industriels, PME et centres de recherche sur les 6 domaines d'expertise de la filière structurée par le projet.

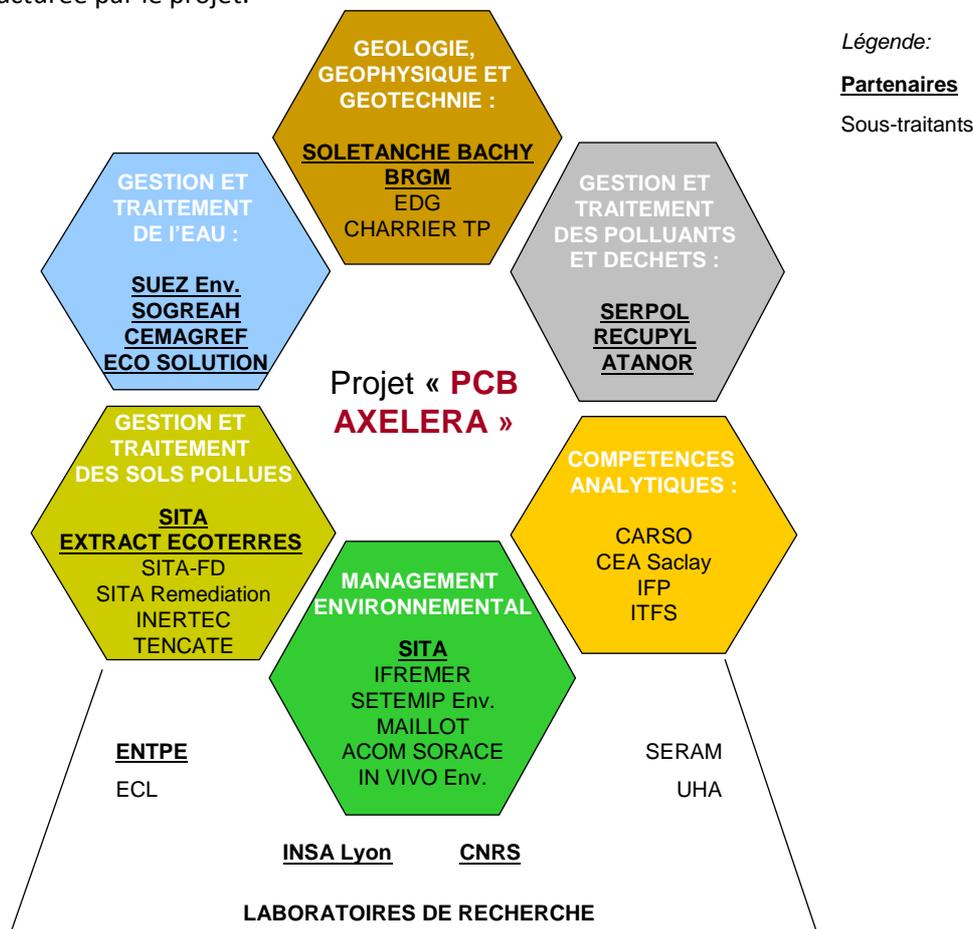


Figure 15 : Les partenaires et les compétences du Projet PCB-AXELERA

A4.3 Un soutien appuyé des collectivités territoriales, des organismes scientifiques de la Région Rhône-Alpes, et d'organismes de protection de la nature

Pour supporter le consortium « PCB AXELERA » composé de partenaires de l'industrie et de la recherche, le projet a été présenté aux différentes structures actives dans la gestion des problématiques de pollution des cours d'eau et du Rhône en particulier.

Le projet a formellement reçu le soutien :

- De la DIREN Direction Régionale de l'Environnement Rhône-Alpes
- Du GRAND LYON, communauté urbaine de Lyon
- De la ZABR Zone Atelier Bassin du Rhône
- De l'OTHU, Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine
- De la FRAPNA, Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature

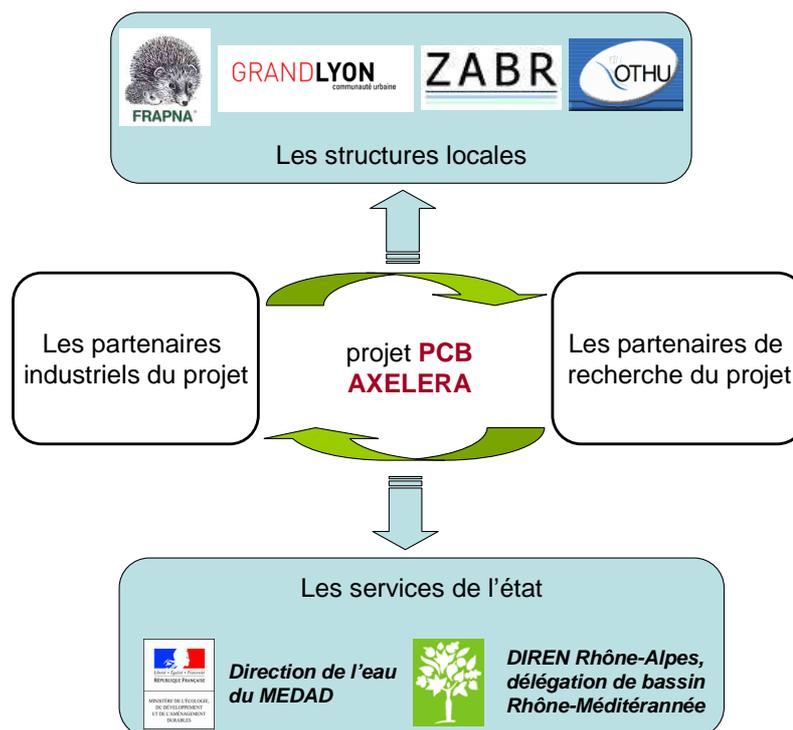


Figure 16 : Les soutiens au Projet PCB-AXELERA

A5. LES LIVRABLES DU PROJET PCB-AXELERA

A5.1 Livrables industriels

Pour chacune des actions du projet PCB-AXELERA, un livrable final de type industriel est défini, avec son état d'avancement final, différent suivant le type d'action :

- Faisabilité laboratoire validée
- Pilote industriel validé
- Première réalisation industrielle
- Commercialisation
- Diffusion

Ces livrables industriels finaux sont présentés dans le tableau 1.

Action	Titre de l'action	Responsable	Intitulé du Livrable Final	Type de livrable annoncé	Offre de service associée
A1	PRESED PCB - Outils et méthodes pour la caractérisation et le prélèvement des sédiments	ENTPE	Guide de bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	oui
A2	PCB SEP - Vers la séparation des 209 congénères de PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Méthodes d'analyse (eau, sédiment) des 209 congénères PCB	3 Nouvelles méthodes d'analyse (diffusion)	oui
A3	ECLIPSE PCB - Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute des milieux aqueux	IRSTEA (ex CEMAGREF)	Capteurs passifs pour l'échantillonnage des PCB dissous	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	oui
A4	AC PCB - Analyse comportementale des PCB	BRGM	Outil d'aide à la décision pour la gestion des sédiments contaminés	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui
A5	PCB SFR - Flux de PCB associés à la dynamique des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins	ARTELIA (ex SOGREAH)	Logiciels pour la dynamique des transferts de PCB	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui
A6	PCB OPTITRI - Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	SITA	Filière de traitement de criblage / deshydratation	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui
A7	PCB ECODEPOT - Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	SITA	Filières de traitement pour la mise en dépôt de sédiments pollués	2 Nouvelles filières de traitement (faisabilité laboratoire validée)	oui
A8	STAB PCB - Développement de technologies de stabilisation/solidification	SITA	Procédé de traitement par stabilisation/solidification	Nouveau procédé de traitement (pilote industriel validé)	oui
A9	PCB SEDICA - Traitement des sédiments pollués par les PCB par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux	CNRS (MATEIS-Lyon)	Procédés de traitement par mise en œuvre avec du charbon actif	2 Nouveaux procédés (faisabilité laboratoire validée) 2 Nouvelles filières de traitement (pilote industriel validé)	oui
A10	FUNGI EAT PCB - Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des pcb	CNRS (LECA - Grenoble)	Filière de traitement par souches fongiques	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui
A11	PCB ECIOBIOREMEDIATION - Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	ECO SOLUTION	Filière de traitement par souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	Nouvelle filière de traitement (pilote laboratoire validé)	oui
A12	BIODECHLOR PCB - Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	SITA	Procédé de dépollution biologique (tertre anaérobie)	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui
A13	DESTHER PCB - Destruction thermique des PCB	ATANOR	Procédé de traitement thermique	Nouveau procédé de traitement (pilote industriel validé)	oui
A14	PLATPIL PCB - Validation et évaluation au niveau plateforme pilote des procédés de traitement des PCB	INSA Lyon	Plateforme laboratoire avec système de pilotage/surveillance	Plateforme pilote (opérationnelle)	oui
A15	SEDIRHÔNE PCB - Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	SITA	Plateforme industrielle	Plateforme industrielle (opérationnelle)	oui
A16	GLOBAL PCB - Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances, technologiques et environnementales, risques)	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Outil global d'aide à la décision	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui

Tableau 1 : Livrables industriels finaux du projet PCB-AXELERA

A5.2 Livrables techniques

Le projet PCB-AXELERA est constitué de :

- 81 tâches
- 98 livrables techniques

Les tâches et livrables sont présentés de façon synthétique dans le tableau 2.

Projet R&D collaboratif PCB AXELERA – Pôle de compétitivité Axelera

Action	Titre de l'action	Responsable	Livrable Final	Durée	Tâches	Livrables totaux
A1	PRESED PCB - Outils et méthodes pour la caractérisation et le prélèvement des sédiments	ENTPE	Guide de bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments	M36	4	4
A2	PCB SEP - Vers la séparation des 209 congénères de PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Méthodes d'analyse (eau, sédiment) des 209 congénères PCB	M36	4	4
A3	ECLIPSE PCB - Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute des milieux aqueux	IRSTEA (ex CEMAGREF)	Capteurs passifs pour l'échantillonnage des PCB dissous	M36	4	6
A4	AC PCB - Analyse comportementale des PCB	BRGM	Outil d'aide à la décision pour la gestion des sédiments contaminés	M36	3	4
A5	PCB SFR - Flux de PCB associés à la dynamique des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins	ARTELIA (ex SOGREAH)	Logiciels pour la dynamique des transferts de PCB	M36	3	3
A6	PCB OPTITRI - Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	SITA	Filière de traitement de criblage / deshydratation	M36	9	8
A7	PCB ECODEPOT - Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	SITA	Filières de traitement pour la mise en dépôt de sédiments pollués	M36	7	6
A8	STAB PCB - Développement de technologies de stabilisation/solidification	SITA	Procédé de traitement par stabilisation/solidification	M36	6	10
A9	PCB SEDICA - Traitement des sédiments pollués par les PCB par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux	CNRS (MATEIS-Lyon)	Procédés de traitement par mise en œuvre avec du charbon actif	M36	4	8
A10	FUNGI EAT PCB - Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des PCB	CNRS (LECA - Grenoble)	Filière de traitement par souches fongiques	M36	8	9
A11	PCB ECOBIOREMEDIATION - Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	ECO SOLUTION	Filière de traitement par souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	M36	5	6
A12	BIODECHLOR PCB - Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	SITA	Procédé de dépollution biologique (tertre anaérobie)	M36	5	7
A13	DESTHER PCB - Destruction thermique des PCB	ATANOR	Procédé de traitement thermique	M36	7	9
A14	PLATPIL PCB - Validation et évaluation au niveau plateforme pilote des procédés de traitement des PCB	INSA Lyon	Plateforme laboratoire avec système de pilotage/surveillance	M36	7	9
A15	SEDIRHÔNE PCB - Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	SITA	Plateforme industrielle	M36	3	3
A16	GLOBAL PCB - Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances, technologiques et environnementales, risqués)	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Outil global d'aide à la décision	M36	2	2
					81	98

Tableau 2 : Les tâches et livrables du projet PCB-AXELERA

A6. PROPRIETE INDUSTRIELLE DU PROJET PCB-AXELERA

La propriété industrielle du projet PCB-AXELERA est contractualisée au niveau de chacune des actions par une convention spécifique avec référence à la convention cadre d'AXELERA.

	Action	Pilote de l'action	Partenaires	Date de signature
A1	PRESED PCB	ENTPE	SUEZ ENV./ ARTELIA (ex SOGREAH)	sept-10
A2	PCB SEP	SUEZ-ENVIRONNEMENT	IRSTEA (ex CEMAGREF)	sept-12
A3	ECLIPSE PCB	IRSTEA (ex CEMAGREF)	SUEZ ENV./ BRGM / IFREMER / DELTARES	nov-10
A4	AC PCB	BRGM	ARTELIA (ex SOGREAH)	avr-10
A5	PCB SFR	ARTELIA (ex SOGREAH)	CEMAGREF / CNRS / Université Aix-Marseille 3	déc-09
A6	PCB OPTITRI	SITA FD	SITA France /SITA Remed. / BRGM	sept-10
A7	PCB ECODEPOT	SITA France	SITA FD / BRGM /INSA-Lyon /Univ.Haute Alsace	sept-10
A8	STAT PCB	SITA FD	SITA France / SITA remed. / CNRS / RECUPYL / Univ. Lyon 1	juin-11
A9	PCB SEDICA	CNRS	EXTRACT-ECOT./ SOLETANCHE B. / BRGM / Univ. Lyon 1	déc-10
A10	FUNGI EAT PCB	CNRS	SERPOL /INSA-Lyon / Univ. Grenoble 1 / CEA	sept-10
A11	annulée	Sans Objet	Sans Objet	Sans Objet
A12	BIODECHLOR PCB	SITA remédiation	SITA France /I NSA-Lyon /Ecole Centrale Lyon	avr-10
A13	DESTHER PCB	ATANOR	INSA-Lyon	févr-10
A14	PLATPIL PCB	INSALyon	BRGM / SETEMIP	janv-10
A15	SEDIRHÔNE PCB	SITA	Sans Partenaire	Sans Objet
A16	GLOBAL PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Aucun (synthèse)	Sans Objet

Tableau 3 : Les conventions de partenariat du projet PCB-AXELERA

Pour les actions 15 et 16 des conventions spécifiques n'ont pas été réalisées car ces actions n'impliquaient qu'un seul partenaire, dont une trentaine des collectivités territoriales et des services de l'état.

A7. GOUVERNANCE DU PROJET PCB-AXELERA

La gestion technique et financière du projet s'est effectuée par des Comités Techniques et des Comités des Financeurs qui se sont réunis aux dates suivantes :

Comités Techniques	CT1	9 juillet 2009
	CT2	12 février 2010
	CT3	19 octobre 2010
	CT4	15 mars 2011
	CT5	7 décembre 2011
	CT6	26 juin 2012
Comités des Financeurs	CF1	16 octobre 2009
	CF2	18 octobre 2010
	CF3	17 octobre 2011
	CF4	22 février 2013

Tableau 4 : Les comités de gouvernance du projet PCB-AXELERA

Un séminaire de restitution du projet PCB AXELERA s'est déroulé le 2 Juillet 2013, réunissant une centaine de participants.

PARTIE B

MEMOIRE SCIENTIFIQUE

B1. SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE

B1.1 Livrables techniques

Le projet PCB-AXELERA est constitué de 81 tâches et 72 tâches ont bien été entreprises et réalisées.

Les tâches et livrables contractuels sont présentés en Annexe 1 : Description des 16 Actions du projet PCB-AXELERA.

Une réactualisation des tâches et livrables, tels que réalisés est présentée en Annexe 2 : Description révisée des tâches et des livrables du projet PCB-AXELERA.

Action	Titre de l'action	Responsable	Livrable Final	Durée	Tâches	Livrables totaux	Tâches réalisées	Livrables réalisés
A1	PRESED PCB - Outils et méthodes pour la caractérisation et le prélèvement des sédiments	ENTPE	Guide de bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments	M36	4	4	4	4
A2	PCB SEP - Vers la séparation des 209 congénères de PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Méthodes d'analyse (eau, sédiment) des 209 congénères PCB	M36	4	4	4	4
A3	ECLIPSE PCB - Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute des milieux aqueux	IRSTEA (ex CEMAGREF)	Capteurs passifs pour l'échantillonnage des PCB dissous	M36	4	6	3	4
A4	AC PCB - Analyse comportementale des PCB	BRGM	Outil d'aide à la décision pour la gestion des sédiments contaminés	M36	3	4	3	3
A5	PCB SFR - Flux de PCB associés à la dynamique des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins	ARTELIA (ex SOGREAH)	Logiciels pour la dynamique des transferts de PCB	M36	3	3	3	3
A6	PCB OPTITRI - Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	SITA	Filière de traitement de criblage / deshydratation	M36	9	8	9	8
A7	PCB ECODÉPÔT - Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	SITA	Filières de traitement pour la mise en dépôt de sédiments pollués	M36	7	6	7	6
A8	STAB PCB - Développement de technologies de stabilisation/solidification	SITA	Procédé de traitement par stabilisation/solidification	M36	6	10	5	7
A9	PCB SEDICA - Traitement des sédiments pollués par les PCB par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux	CNRS (MATEIS-Lyon)	Procédés de traitement par mise en œuvre avec du charbon actif	M36	4	8	4	12
A10	FUNGI EAT PCB - Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des PCB	CNRS (LECA - Grenoble)	Filière de traitement par souches fongiques	M36	8	9	7	7
A11	PCB ECOBIOREMEDIATION - Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	ECO SOLUTION	Filière de traitement par souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	M36	5	6	0	0
A12	BIODECHLOR PCB - Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	SITA	Procédé de dépollution biologique (tertre anaérobie)	M36	5	7	5	7
A13	DESTHER PCB - Destruction thermique des PCB	ATANOR	Procédé de traitement thermique	M36	7	9	7	9
A14	PLATPIL PCB - Validation et évaluation au niveau plateforme pilote des procédés de traitement des PCB	INSA Lyon	Plateforme laboratoire avec système de pilotage/surveillance	M36	7	9	6	8
A15	SEDIRHÔNE PCB - Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	SITA	Plateforme industrielle	M36	3	3	3	3
A16	GLOBAL PCB - Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances, technologies et environnementales, risqués)	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Outil global d'aide à la décision	M36	2	2	2	2
					81	98	72	87

Tableau 5 : Les tâches et livrables réalisés du projet PCB-AXELERA

L'action A11 PCB ECOBIOREMEDIATION n'a pas été entreprise, la contractualisation entre le FUI et la société ECO SOLUTION n'ayant pas aboutie ; les 5 tâches associées n'ont pas été réalisées.

4 autres tâches n'ont pas été entreprises pour diverses raisons, sans affecter réellement le bon déroulement du projet PCB-AXELERA :

- A3 ECLIPSE PCB : faisabilité in situ du couplage du capteur SPMD avec les tests de toxicité (tâche 3.3) (tâche réalisée après la clôture du projet)
- A8 STAB PCB : suivi du plot d'essais de stabilisation et évaluation des performances (tâche 8.5) (disparition de la société INERTEC)
- A10 FUNGI EAT PCB : criblage enzymatique des souches fongiques (tâche 10.3) (criblage réalisé de manière fonctionnelle sur la biodégradation des PCB)
- A14 PLATPIL PCB : constitution de lots par séparation mécanique (tâche 14.3)

Le projet PCB-AXELERA a produit 87 livrables techniques présentés synthétiquement dans le tableau 5. Les 15 livrables qui n'ont pas été réalisés concernent essentiellement les 6 livrables de l'action A11 PCB ECOREMEDIATION et les livrables des 4 tâches qui n'ont pas été entreprises :

- A3 ECLIPSE PCB: 2 livrables
- A8 STAB PCB : 3 livrables
- A10 FUNGI EAT PCB : 2 livrables
- A14 PLATPIL PCB : 1 livrable

Un autre livrable n'a pas été fourni concernant l'action A4 AC PCB, mais les résultats sont inclus dans le livrable final de cette action.

L'ensemble des 86 livrables du projet PCB-AXELERA est donné en Annexe 3 (Livrables du projet PCB-AXELERA (sous forme de résumés)). Le livrable de l'action de synthèse A16 GLOBAL-PCB fait l'objet d'une annexe spécifique.

A noter que suite à la difficulté de mettre en place le financement FEDER et à effectuer des prélèvements de plusieurs centaines de m³ de sédiments pollués aux PCB, et afin que tous les partenaires puissent réaliser leurs études en synergie, **un report de délai de 7 mois** a été demandé et accordé. En conséquence le projet qui devait initialement s'achever en Mars 2012, s'est terminé en **Octobre 2012**.

B1.2 Livrables industriels

B1.2.1 Synthèse

Les livrables industriels finaux sont présentés dans le tableau 6.

La quasi totalité des actions du projet PCB-AXELERA se sont déroulées conformément aux prévisions et aux engagements. Les produits suivants :

- Guide de bonnes pratiques
- Nouvelle méthode d'analyse
- Outil d'aide à la décision
- Nouvelle filière de traitement
- Nouveau procédé de traitement
- Plateforme pilote
- Plateforme industrielle

ont bien été développés dans la phase industrielle annoncée :

- Faisabilité laboratoire validée
- Pilote industriel validé
- Première réalisation industrielle
- Commercialisation
- Diffusion

4 écarts sont à noter

- A2 PCB SEP : 1 seule nouvelle méthode d'analyse a été développée, mais qui s'avère totalement fiable et suffisante (défaut de deux partenaires IFP et CARSO).
- A7 PCB ECODEPOT : 1 seule filière de traitement a été développée en pilote industriel de façon satisfaisante, la phyto-remédiation ne permettant pas d'avoir des résultats significatifs.
- A8 STAB PCB : la validation s'est effectuée en laboratoire, mais pas à l'échelle du pilote industriel. Mais cette validation n'était pas nécessaire pour l'industrialisation de ce procédé de traitement.

- A12 BIODECHLOR PCB : la nouvelle filière de traitement étudiée en terre anaérobie ne s'est pas révélée satisfaisante à l'échelle du pilote industriel (problème de tenue du terre humide). Cette filière est néanmoins envisagée en alvéole monospécifique.

L'ensemble des produits développés permet pour l'ensemble des actions de proposer une offre de service associée. Pour certains produits cette offre de service est sujette à une confirmation des résultats obtenus à l'échelle du pilote industriel et/ou à la réalisation d'une première industrielle.

B1.2.2 Brevets

Dans le cadre du projet PCB-AXELERA, aucun nouveau brevet n'a été déposé. Mais le projet permet d'exploiter certains brevets existants (en particulier dans le domaine des sols pollués) possédés par les partenaires du projet. Des brevets sont en cours d'étude en particulier pour la désorption thermique.

Le projet a permis d'acquérir un savoir-faire pour l'ensemble des partenaires en particulier dans l'intégration de technologies propriétaires.

B1.2.3 Principaux résultats

Pour chacune des 16 actions du projet PCB-AXELERA, une fiche de synthèse et un résumé technique ont été réalisés. Une présentation de synthèse est également réalisée pour chacune des actions.

L'ensemble des fiches de synthèse est fourni en Annexe 4 (Fiches de synthèse des 16 actions du projet PCB-AXELERA).

L'ensemble des résumés techniques est fourni en Annexe 5 (Résumés techniques des 16 actions du projet PCB-AXELERA). L'action A15 SEDIRHÔNE PCB n'a pas fait l'objet d'un résumé technique, car les actions technologiques sont intégrées à d'autres actions et décrites dans ces actions.

De même l'action A16 PCB GLOBAL qui constitue la synthèse du projet PCB-AXELERA est décrite dans un chapitre et une annexe spécifique.

L'ensemble des présentations de synthèse est fourni en Annexe 6 (Présentation de synthèse des 16 actions du projet PCB-AXELERA).

Projet R&D collaboratif PCB AXELERA – Pôle de compétitivité Axelera

Action	Titre de l'action	Responsable	Intitulé du Livrable Final	Type de livrable annoncé	Type de livrable réalisé	Offre de service associé
A1	PRESED PCB Outils et méthodes pour la caractérisation et le prélèvement des sédiments	ENTPE	Guide de bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	oui
A2	PCB SEP- Vers la séparation des 209 congénères de PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Méthodes d'analyse (eau, sédiment) des 209 congénères PCB	3 Nouvelles méthodes d'analyse (diffusion)	1 Nouvelle méthode d'analyse (diffusion)	oui
A3	ECLIPSE PCB Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute des milieux aqueux	IRSTEA (ex CEMAGREF)	Capteurs passifs pour l'échantillonnage des PCB dissous	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	Guide de bonnes pratiques (diffusion)	oui
A4	AC PCB- Analyse comportementale des PCB	BRGM	Outil d'aide à la décision pour la gestion des sédiments contaminés	Outil d'aide à la décision (diffusion)	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui
A5	PCB SFR- Flux de PCB associés à la dynamique des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins	ARTELIA (ex SOGREAH)	Logiciels pour la dynamique des transferts de PCB	Outil d'aide à la décision (diffusion)	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui
A6	PCB OPTITRI- Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	SITA	Filière de traitement de criblage / deshydratation	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui
A7	PCB ECODEPOT Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	SITA	Filières de traitement pour la mise en dépôt de sédiments pollués	2 Nouvelles filières de traitement (faisabilité laboratoire validée)	1 Nouvelle filière de traitement (faisabilité laboratoire validée)	oui sous réserve d'une première réalisation industrielle
A8	STAB PCB- Développement de technologies de stabilisation/solidification	SITA	Procédé de traitement par stabilisation/solidification	Nouveau procédé de traitement (pilote industriel validé)	Nouveau procédé de traitement (faisabilité laboratoire validée)	oui sous réserve d'une première réalisation industrielle
A9	PCB SEDICA- Traitement des sédiments pollués par PCB par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux	les CNRS (MATEIS-Lyon)	Procédés de traitement par mise en œuvre avec du charbon actif	2 Nouveaux procédés (faisabilité laboratoire validée) 2 Nouvelles filières de traitement (pilote industriel validé)	3 Nouveaux procédés (faisabilité laboratoire validée) 2 Nouvelles filières de traitement (pilote industriel validé)	oui sous réserve d'une première réalisation industrielle
A10	FUNGI EAT PCB Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des pcb	CNRS (LECA - Grenoble)	Filière de traitement par souches fongiques	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui sous réserve d'une première réalisation industrielle
A11	PCB ECIOBIOREMEDIATION Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	ECO SOLUTION	Filière de traitement par souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	Nouvelle filière de traitement (pilote laboratoire validé)	Nouvelle filière de traitement (action annulée)	oui
A12	BIODECHLOR PCB Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	SITA	Procédé de dépollution biologique (terre anaérobie)	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	Nouvelle filière de traitement (faisabilité laboratoire validée)	oui sous réserve d'une première réalisation industrielle
A13	DESTHER PCB Destruction thermique des PCB	ATANOR	Procédé de traitement thermique	Nouveau procédé de traitement (pilote industriel validé)	Nouvelle filière de traitement (pilote industriel validé)	oui
A14	PLATPIL PCB- Validation et évaluation au niveau plateforme pilote des procédés de traitement des PCB	INSA Lyon	Plateforme laboratoire avec système de pilotage/surveillance	Plateforme pilote (opérationnelle)	Plateforme pilote (opérationnelle)	oui
A15	SEDIRHÔNE PCB Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués Rhône	du SITA	Plateforme industrielle	Plateforme industrielle (opérationnelle)	Plateforme industrielle (opérationnelle)	oui
A16	GLOBAL PCB Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances, technologiques et environnementales, risques)	SUEZ-ENVIRONNEMENT	Outil global d'aide à la décision	Outil d'aide à la décision (diffusion)	Outil d'aide à la décision (diffusion)	oui
	Conforme pour le ou les produits développés					
	Conforme pour une partie des produits développés					
	Retard d'industrialisation					
	Pas de suite industrielle					

B1.2.4 Synthèse sur les nouvelles filières de traitement

L'action A16 GLOBAL PCB regroupe la synthèse des performances techniques obtenues dans le cadre du projet PCB-AXELERA et replace ces performances dans le cadre d'une gestion sédimentaire globale intégrant toutes les étapes de traitement (dragage, criblage, déshydratation, traitements in-situ ou ex-situ, valorisation des sédiments).

Le document public réalisé est donné en Annexe 7 (Outil global d'aide à la décision pour la gestion des sédiments contaminés aux PCB ou autres polluants)

Les principales performances obtenues sont présentées dans le tableau 7.

Projet PCB AXELERA : Synthèse des Performances de traitement obtenues

Type de Traitement	Technologie	Application	Action	Prétraitements nécessaires	Développement	Performances Elimination 7 PCB	Remarques
Confinement	Alvéole Biologique	à terre	A7 - PCB ECODEPOT	Siccité supérieure à 50%	Faisabilité Laboratoire	/	A valider à l'échelle industrielle
	Stabilisation - Solidification par liants hydrauliques	in-situ	A8 - STAB PCB	Siccité supérieure à 25%	Faisabilité Laboratoire	/	A valider à l'échelle industrielle
Adsorption	Adsorption sur charbon actif	à terre	A9 - PCB SEDICA	/	Faisabilité Laboratoire	De l'ordre de 30%* pour 8h de contact	Mise en œuvre à valider
	Adsorption sur charbon actif et biodégradation	in-situ	A9 - PCB SEDICA	/	Faisabilité Laboratoire	De l'ordre de 30% de dégradation biologique	Mise en œuvre à valider
	Adsorption sur charbon actif et séparation par flottation	à terre	A9 - PCB SEDICA	Tri par tamisage et hydrocyclone à 80µm	Pilote Pré-Industriel	De l'ordre de 25 à 30% de désorption par opération	A valider à l'échelle industrielle
	Adsorption sur charbon actif et séparation par hydrocyclone	à terre	A9 - PCB SEDICA	Tri par dégrillage et dessablage à 63µm	Pilote Pré-Industriel	De l'ordre de 25 à 30% de désorption par opération	A valider à l'échelle industrielle
Voie Fongique	Mycos-remédiation	à terre	A10 - FUNGI EAT PCB	Tamisage à 1cm	Pilote Pré-Industriel	De l'ordre de 30% de dégradation biologique sur 6 mois	A valider à l'échelle industrielle
Voie Biologique	Biopile	à terre	A12 - BIODECLOR PCB	Deshydratation à plus de 50% siccité	Pilote Pré-Industriel	De l'ordre de 30% de dégradation biologique sur 1 an	Non recommandé à l'échelle industrielle
	Alvéole Biologique (active)	à terre	A12 - BIODECLOR PCB	Deshydratation à plus de 50% siccité	Pilote Pré-Industriel	De l'ordre de 30% de dégradation biologique sur 1 an	A valider à l'échelle industrielle
	Alvéole Biologique (active) avec phytoremédiation	à terre	A7 - PCB ECODEPOT	Deshydratation à plus de 50% siccité	Pilote Pré-Industriel	Peu efficace	Non recommandé à l'échelle industrielle
Voie Thermique	Désorption thermique	à terre	A13 - DESTHER PCB	Deshydratation à plus de 75% siccité	Pilote Pré-Industriel	Proche de 100% par opération	A valider à l'échelle industrielle

* pour 5% Charbon Actif en g/g sédiment sec

Tableau 7 : Synthèse des performances de traitement obtenues dans le projet PCB-AXELERA

Certaines actions du projet PCB-AXELERA ont permis d'aborder différentes technologies et ce sont en tout **11 technologies de traitement et de confinement** qui ont été étudiées. Certaines ont été validées au laboratoire et la plupart l'ont été à l'échelle pré-industrielle (plusieurs centaines de kg de sédiments). Toutes doivent être ensuite validées à l'échelle de réalisations industrielles (au-delà du projet PCB-AXELERA).

Cinq technologies de traitement (indiquées sur fond jaune), ayant fait l'objet d'un pilote industriel, apparaissent prometteuses toutes pour un traitement à terre. Elles peuvent se classer en trois catégories :

- **technologies douces de déchloration des PCB (actives sur plusieurs années)**
 - o **par myco-remédiation en biotertre**
 - o **par dégradation anaérobie en alvéole biologique active**
- **technologies d'adsorption (mobiles fonctionnant par opération unitaire)**
 - o **par adsorption sur charbon actif et séparation par flottation**
 - o **par adsorption sur charbon actif et séparation par hydrocyclone**
- **technologie de désorption thermique**
 - o **par désorption thermique entre N500 et 600°C**

Les rendements d'élimination des PCB obtenus (en 7PCB indicateurs, notés PCBi) pour ces cinq technologies sont les suivant :

- **technologies douces de déchloration des PCB (actives sur plusieurs années)**
 - o **de l'ordre de 30% par an pour ces procédés biologiques** (la déchloration au-delà d'une année n'a pu être évaluée dans le cadre du projet)
- **technologies d'adsorption (mobiles fonctionnant par opération unitaire)**
 - o **de l'ordre de 25 à 30 % par opération unitaire**
- **technologie de désorption thermique**
 - o **proche de 100%**

Seul le procédé thermique permet une élimination totale des PCB (comme d'ailleurs d'autres procédés thermiques opérant à plus haute température). Les technologies biologiques permettent une déchloration des PCB fortement chlorés en PCB moins chlorés et simultanément une dégradation biologique des PCB peu chlorés. Une durée de 6 mois à un an, n'est pas suffisante pour avoir une élimination totale des PCB. Néanmoins la mise en œuvre d'un stockage avec traitement biologique actif sur 2 à 3 ans devrait permettre une dégradation totale des PCB.

Les exigences de prétraitement stipulées dans le tableau 7 peuvent être atteintes grâce à des technologies de séparation/déshydratation à terre dont les performances à l'échelle pré-industrielle ont été validées dans le cadre de l'action A6 PCB-OPTITRI. Seule l'atteinte d'une siccité de 75%, nécessite une technologie complémentaire de séchage.

Positionnement des filières de traitement

Le positionnement des filières de traitement des sédiments pollués aux PCB dépend d'un certain nombre de critères, les principaux étant :

- les seuils d'intervention
 - o Les seuils relatifs aux opérations de curage
 - o Les seuils environnementaux (points noirs)
- les seuils de gestion à terre
- les seuils des filières de valorisation

A ce jour, en France, seuls des seuils guide des opérations de curage sont définis : seuil réglementaire S1 à 680 µg/kg MS en PCB Totaux (et seuils d'usage à 10 et 60 µg/kg MS en 7PCBi pour le bassin du Rhône).

Il n'existe aucun seuil environnemental contrairement à certains pays européens (Norvège 100µg/kg MS ou Pays-Bas 1 000 µg/kg MS en 7PCBi).

Il est par ailleurs à noter que les seuils des filières de valorisation ne sont pas discriminants sur les concentrations en PCB (sédiments non dangereux avec une teneur inférieure à 1 000 µg/kg MS pour les 7PCBi, sauf pour l'épandage agricole où la teneur maximale est de 800 µg/kg MS). En effet les teneurs en PCB des sédiments pollués sont très rarement supérieures à 1 000 µg/kg MS. Pour les filières de valorisation, ce sont donc essentiellement les critères géotechniques qui sont prépondérants.

Un schéma d'arbre de décision pour une gestion des sédiments dragués contaminés aux PCB est proposé dans le livrable final du projet PCB-AXELERA (voir tableau 8).

Il apparaît que les filières de traitement en particulier celles développées dans le cadre du projet PCB-AXELERA se justifient essentiellement dans deux cas :

- pour la décontamination d'un sédiment non dangereux dont la concentration en PCB est supérieure à 1 000 µg/kg MS afin d'atteindre une concentration inférieure à 1 000 µg/kg MS pour lui ouvrir des filières de valorisation.
- pour la décontamination d'un sédiment non dangereux dont la concentration est inférieure à 1000 µg/kg MS pour lui permettre sa valorisation dans plusieurs filières (mais pas de seuils incitatifs inférieurs à 1 000 µg/kg MS dans la réglementation à ce jour).

Il apparaît néanmoins que quatre éléments d'ordres technique et réglementaire peuvent permettre de structurer une filière sédiment, incluant le curage, le traitement et la valorisation :

- la définition de seuils réglementaires liés aux opérations de curage.
- la définition d'une politique de traitement des **points noirs** avec définition d'un seuil environnemental indicatif pour action (à titre indicatif par exemple 200 µg/kg MS).
- la mise en place d'actions de curage, de criblage et de deshydratation des sédiments leur donnant une valeur géotechnique, leur ouvrant diverses filières de valorisation (avec ou sans traitement spécifique de dégradation des PCB).
- la création d'une réglementation encadrant le stockage des sédiments pollués en alvéole monospécifique éventuellement combinée à un traitement biologique (**alvéole monospécifique active**) (voir figure 17).

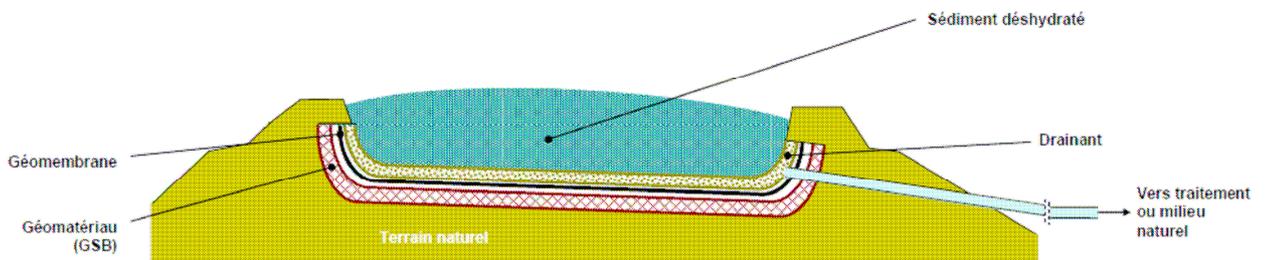


Figure 17 : L'Alvéole monospécifique active pour la gestion des sédiments à terre

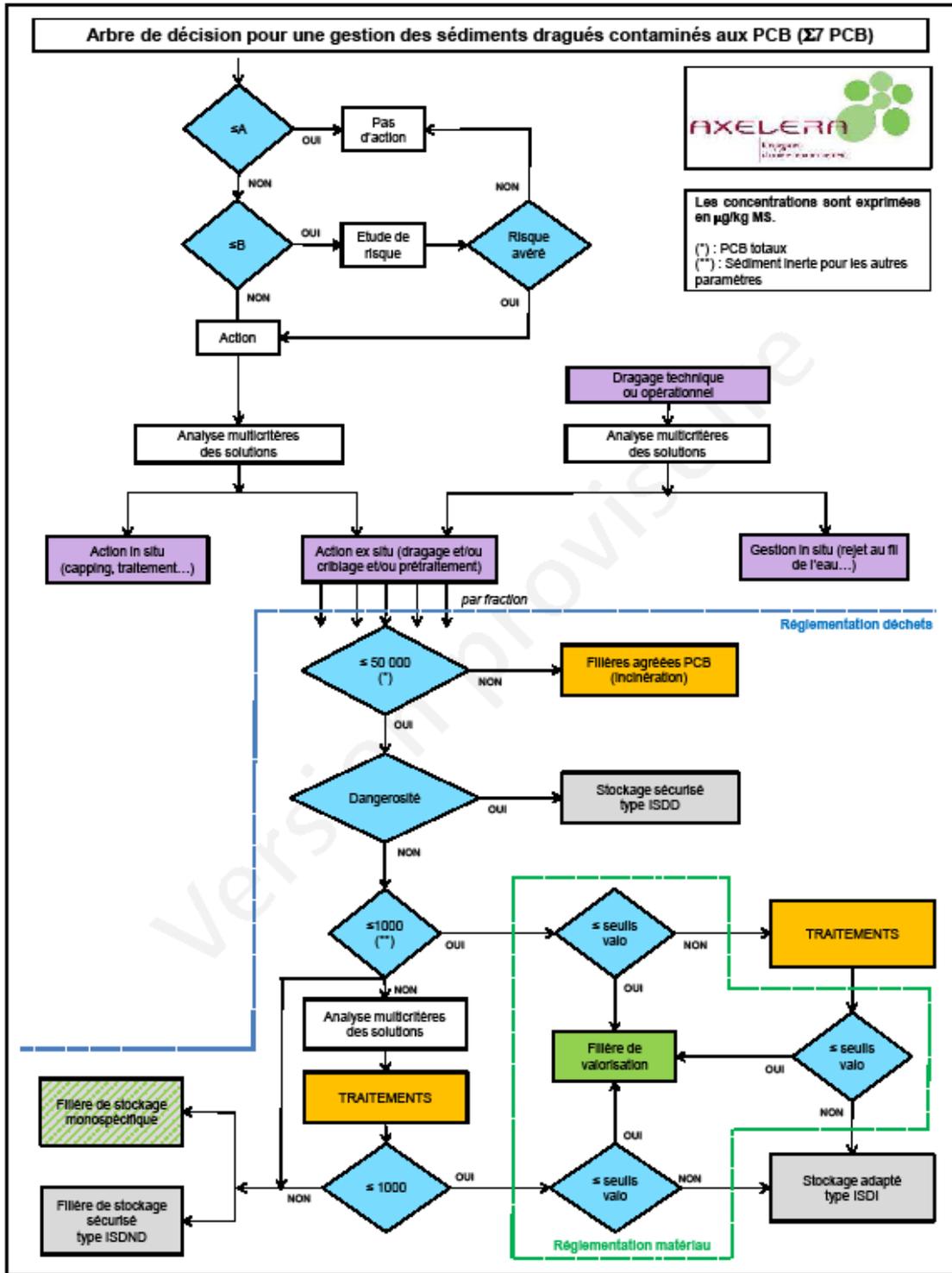


Tableau 8 : Arbre de décision pour une gestion des sédiments dragués contaminés aux PCB

B1.3 Sites de références

Le projet PCB-AXELERA s'est effectué sur un ensemble de 27 sites de références établis principalement en région RHONE-ALPES (18), présentés dans le tableau 9.

Parmi les sites pré-industriels ou industriels, 6 sont pérennes.

SITES DE REFERENCE					
	Action	Site	Département	Nature	Pérenne
A1	PRESED PCB	Gravière des Etournels	Ain (01)	Site de prélèvement	non
		Barrage d'Arras	Drôme (26)	Site de prélèvement	non
		Lône de La Grange Ecrasée	Ardèche (07)	Site de prélèvement	non
		Lac de Paladru	Isère (38)	Site de prélèvement	non
A2	PCB SEP	CIRSEE - Suez Environnement	Yvelines (78)	Etude laboratoire	oui
A3	ECLIPSE PCB	Irstea Lyon (calibration en laboratoire)	Rhône (69)	Etude laboratoire	oui
		Le Rhône à Ternay	Rhône (69)	Site de calibration	oui
		Le Rhône en Arles	Bouches-du-Rhône(13)	Site de calibration	oui
		la Leysse à 50 m en amont de l'embouchure avec le lac du Bourget	Savoie (73)	Site de calibration	oui
A4	AC PCB	BRGM	Loiret (45)	Pilote modélisation	oui
A5	PCB SFR	Artelia	Isère (38)	Etude modélisation	oui
		Site de Méribel-Jonage	Rhône (69)	Site de modélisation	oui
		Site de l' Ile au Beurre	Rhône (69)	Site de modélisation	oui
		Site du Palier d'Arles	Bouches-du-Rhône(13)	Site de modélisation	oui
A6	PCB OPTITRI	BRGM	Loiret (45)	Pilote modélisation	oui
		Site de Drambon	Côte-d'Or (21)	Pilote industriel	non
A7	PCB ECODEPOT	SITA FD	Seine-et-Marne (77)	Etude laboratoire	oui
		Université de Haute Alsace COLMAR	Haut-Rhin (68)	Etude laboratoire	oui
		Insa de Lyon (Provademse)	Rhône (69)	Pilote industriel	oui
		Site de Drambon	Côte-d'Or (21)	Pilote industriel	oui
A8	STAT PCB	SITA Remediation	Rhône (69)	Etude laboratoire	oui
A9	PCB SEDICA	CNRS-MATEIS	Rhône (69)	Etude laboratoire	oui
		BRGM	Loiret (45)	Pilote modélisation	oui
		Site de Montereau-Fault -Yonne (77)	Seine-et-Marne (77)	Site pré-industriel	oui *
		Site de Bonneuil-sur-Marne	Val-de-Marne (94)	Site pré-industriel	oui *
A10	FUNGI EAT PCB	CNRS - LECA	Isère (38)	Etude laboratoire	oui
		Site de Douvaine	Haute-Savoie (74)	Pilote industriel	non
A11	annulée	/	/	/	/
A12	BIODECHLOR PCB	Ecole Centrale de Lyon	Rhône (69)	Etude laboratoire	oui
		Site de Drambon	Côte-d'Or (21)	Pilote industriel	non
A13	DESTHER PCB	Insa de Lyon (Provademse)	Rhône (69)	Pilote industriel	oui
A14	PLATPIL PCB	Lac du Bourget	Savoie (73)	Site de prélèvement	non
		Insa de Lyon (Provademse)	Rhône (69)	Site pré-industriel	oui
A15	SEDIRHÔNE PCB	Etang de Susville	Isère (38)	Site de prélèvement	non
		Site de Drambon	Côte-d'Or (21)	Site industriel	oui
A16	GLOBAL PCB	/	/	/	/

* Pilote mobile

Tableau 9 : Sites de référence des actions du projet PCB-AXELERA

B1.4 Communications et Publications

Le projet PCB-AXELERA a généré un certain nombre de communications (24) et publications scientifiques, (11) synthétisées dans le tableau 10. Ce sont essentiellement les actions avec des partenaires EPIC ou EPST qui ont générées le plus de communications.

	Action	Pilote de l'action	Congrès Séminaires	Publications	Conférences de vulgarisation	Déposés	Publiés	IP
A1	PRESED PCB	ENTPE	6	3	0	1	2	4,752
A2	PCB SEP	SUEZ-ENVIRONNEMENT	1	1	0	1	0	2,777
A3	ECLIPSE PCB	IRSTEA (ex CEMAGREF)	5	1	0	0	1	3,253
A4	AC PCB	BRGM	2	2	0	1	1	4,486
A5	PCB SFR	ARTELIA (ex SOGREAH)	2	0	0	0	0	/
A6	PCB OPTITRI	SITA FD	0	0	0	0	0	/
A7	PCB ECODEPOT	SITA France	3	0	0	0	0	/
A8	STAT PCB	SITA FD	0	0	0	0	0	/
A9	PCB SEDICA	CNRS	3	2	2	1	1	6,968
A10	FUNGI EAT PCB	CNRS	0	2	0	1	1	6,214
A11	annulée	Sans Objet	/	/	/	/	/	/
A12	BIODECHLOR PCB	SITA remédiation	0	0	0	0	0	/
A13	DESTHER PCB	ATANOR	0	0	0	0	0	/
A14	PLATPIL PCB	INSALyon	2	0	0	0	0	/
A15	SEDIRHÔNE PCB	SITA	/	/	/	/	/	/
A16	GLOBAL PCB	SUEZ-ENVIRONNEMENT	/	/	4	/	/	/
			24	11	6	5	6	28,450

Tableau 10 : Communications et publications du projet PCB-AXELERA

Ces communications et publications sont présentées de manière détaillée dans l'Annexe 8 (Communications et publications du projet PCB-AXELERA).

Afin de caractériser l'impact scientifique du projet PCB-AXELERA, l'Impact Factor a été associé à chacune des publications.

Certaines publications ont été réalisées dans des revues à fort impact scientifique comme :

- Water Research	4,355
- Chemosphere	3,253
- Fungal Biology	2,961
- Journal of Chromatography	2,777
- Soil and sediments	2,613

L'Impact Factor cumulé pour l'ensemble du projet est de 28,45 ce qui est assez important.

B2. RETOMBÉES ECONOMIQUES DU PROJET PCB-AXELERA

Les retombées économiques ont été évaluées pour l'ensemble des technologies et produits développés dans le cadre du projet PCB-AXELERA.

Comme le montre clairement la synthèse présentée dans l'outil global d'aide à la décision et résumée dans le chapitre précédent, la réglementation actuelle n'incite pas à un traitement spécifique des sédiments contaminés aux PCB, car les seuils de contamination couramment rencontrés (20 à 200 µg/kg MS et rarement supérieurs à 1000µg/kg MS, sauf pour quelques dizaines de « Points Noirs » en France) sont très largement inférieurs aux seuils existants pour les voies de valorisation (1000µg/kg MS). **Ce sont les technologies de pré-traitement (dragage, criblage, deshydratation) qui donnent de la valeur au sédiment en lui conférant de meilleures caractéristiques géotechniques pour sa réutilisation et sa valorisation.**

En conséquence au-delà des technologies de traitement des sédiments pollués aux PCB, notre étude sur les retombées économiques du projet PCB-AXELERA considère l'ensemble de la gestion sédimentaire intégrant toutes les étapes de traitement (dragage, criblage, déshydratation, traitements in-situ ou ex-situ, valorisation des sédiments). Cette étude intègre les sédiments fluviaux et portuaires ainsi que les sédiments marins.

Hypothèses retenues :

- **Quantité de sédiments curés par an**
 - Sédiments Marins : 50 Mm³/an (situation présente)
 - Sédiments Fluviaux : 5 Mm³/an (situation présente, de l'ordre de 2 Mm³/an)
- **Quantité de sédiments criblés**
 - Sédiments Marins : 2 % (1 Mm³/an) (situation présente de l'ordre de 1%)
 - Sédiments Fluviaux : 20 % (1 Mm³/an) (situation présente inférieur à 10%)
- **Coûts unitaires**
 - Clapage en mer : 6 E/m³ (coût moyen actuel)
 - Traitement à terre : 30 E/m³ (d'après le projet PCB-AXELERA)
 - Criblage : 25 E/m³ (d'après le projet PCB-AXELERA)
 - Déshydratation : 50 E/T (d'après le projet PCB-AXELERA)
 - Traitement : 80 E/T (d'après le projet PCB-AXELERA)
 - Valorisation : 30 E/T

Dans le cadre de ces hypothèses qui sont réalistes, le marché potentiel est de 660 ME/an repartis en :

- Sédiments Marins : 440 ME/an
- Sédiments Fluviaux : 220 ME/an

Avec :

- Clapage : 280 ME /an
- Curage : 40 ME/ an
- Stockage à terre : 150 ME /an
- Criblage : 50 ME /an
- Deshydratation : 35 ME /an
- Traitement : 30 ME /an
- Valorisation : 35 ME /an
- Etudes : 40 ME /an

Le marché correspondant à une action volontariste de dépollution des sédiments (en particulier en dépolluant en priorité les quelques dizaines de « Points Noirs » en France) est de l'ordre de 245 ME/an (80 ME/an pour les sédiments marins et 165 ME/an pour les sédiments fluviaux)

L'évolution de ce marché est évaluée à :

- pour 2015 (2 ans) **50 ME/an (20%)**
- pour 2018 (5 ans) **150 ME/an (60%)**
- pour 2023 (10 ans) **245 ME/an (100%)**

A l'international, ce marché accessible à la majorité des partenaires industriels du projet PCB AXELERA est estimé du même ordre de grandeur.

B3. IMPACTS EN TERME D'EMPLOI DU PROJET PCB-AXELERA

B3.1 Emplois mobilisés et créés durant le projet PCB-AXELERA

Les emplois mobilisés et créés durant le projet PCB-AXELERA sont présentés dans le tableau 11.

NOM PARTENAIRE	FINANCEUR	PERIODE DU 01/12/2008 AU 30/10/2012 (Moyenne ETP : h/an)									
		PERSONNEL PERMANENT				PERSONNEL TEMPORAIRE					TOTAL
		Professeur/Directeur	Ingénieur	Technicien	Post-Doc	Ingénieur	Technicien	Post-Doc	Thésard	Stagiaire	
SUEZ ENVIRONNEMENT	FUI	0,1	0,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0,8
EXTRACT ECOTERRES	FUI	0	0,7	0,6	0	0	0	0	0	0	1,3
SITA	FUI	0	2,95	1,35	0	0	0	0	0	0	4,3
SOGREAH	METRO Grenoble	0,25	1,2	0,15	0	0	0	0	0	0,35	1,95
SOLETANCHE BACHY	FUI	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	1,0
SERPOL	FUI	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0	1,4
ATANOR	FUI	0	0,4	0,9	0	0	0	0	0	0	1,3
RECUPYL	FUI+CG38	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0,5
ECO SOLUTION	FUI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRGM	FUI	0	1,1	0,2	0	0	0	0	0	0	1,3
CEMAGREF	FUI – Rhône Alpes	0	0,75	0	0	0,95	0,25	0	0	0	1,95
CNRS	FEDER	0,2	1	0	0	0,8	0	1,2	0,8	1,2	5,2
ENTPE	FEDER	0,1	0	0	0	1	0	0	0	0	1,1
INSA LYON	FUI – Grand Lyon	0,1	0,1	0	0	0,3	0,5	0	2	0	3,0
TOTAL		0,75	10,25	4,05	0,7	3,05	0,75	1,2	2,8	1,55	25,1 *

Tableau 11 : Emplois mobilisés et créés durant le projet PCB-AXELERA

Le projet PCB-AXELERA a été réalisé grâce à 25,1 emplois par an sur la durée totale du projet. Parmi ces emplois, 9,3 correspondaient à du personnel temporaire.

Parmi ce personnel temporaire 4 personnes ont obtenu un CDD ou un CDI dans le cadre de leur expertise acquise.

B3.2 Thèses soutenues dans le cadre du projet PCB-AXELERA

Les thèses effectuées dans le cadre du projet PCB-AXELERA sont présentées dans le Tableau 12.

Trois thèses étaient prévues et deux ont été réalisées conformément aux objectifs. La troisième a été interrompue et les travaux repris par un ingénieur d'étude.

Action	Acronyme	Intitulé de la thèse	Nom thésard	Organisme	Date de soutenance
A7	PCB ECODEPOT	Mise au point d'un procédé de traitement de sols et sédiments contaminés par des polychlorobiphényles par couplage bioaugmentation/phytoremédiation	Camille SECHER	Université de Haute Alsace	21/06/2012
A7	PCB ECODEPOT	Etude du comportement hydromécanique des sédiments pollués par les PCB en interaction avec les géomatériaux pour un stockage hors site	Hadi CHAHAL	INSA de Lyon	23/07/2013
A10	FUNGI EAT PCB PCB	Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons pour la dégradation des PCB	Claire MOLITOR	LECA, UMR 5553	*

* Thèse abandonnée au bout d'un an (2009-2010). Les travaux ont été repris par un ingénieur d'étude

Tableau 12: Thèses réalisées dans le cadre du projet PCB-AXELERA

B3.3 Emplois industriels pérennisés ou créés à l'issue du projet PCB-AXELERA

Les retombées en matière d'emplois, comme pour la détermination du chiffre d'affaire, ont également été évaluées pour l'ensemble des technologies et produits développés dans le cadre du projet PCB-AXELERA.

Cette étude considère également l'ensemble de la gestion sédimentaire intégrant toutes les étapes de traitement (dragage, criblage, déshydratation, traitements in-situ ou ex-situ, valorisation des sédiments).

Au chiffre d'affaire potentiel de 660 ME/an correspond 2 640 emplois

- Sédiments Marins : 1 760 emplois
- Sédiments Fluviaux : 880 emplois

dont dragage, criblage, deshydratation, traitement et valorisation : 760 emplois

Le marché correspondant à une action volontariste de dépollution des sédiments permettrait de créer de l'ordre de 980 emplois.

L'évolution de cette création d'emplois est évaluée à :

- pour 2015 (2 ans) **200 emplois (20%)**
- pour 2018 (5 ans) **600 emplois (60%)**
- pour 2023 (10 ans) **980 emplois (100%)**

B3.4 Création d'entreprise

Aucune des actions du projet PCB-AXELERA n'a donné lieu à la création spécifique d'une nouvelle entreprise à la date de clôture du projet.

B3.5 Perspectives

Comme indiqué précédemment, certaines actions nécessitent une étape complémentaire de développement ou d'industrialisation pour engendrer des chiffres d'affaires complémentaires et des créations d'emplois. Ces étapes sont les suivantes :

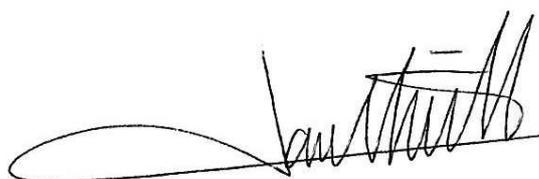
A1 PRESED PCB	Valorisation et diffusion du guide de bonnes pratiques (ENTPE)
A2 PCB SEP	Valorisation et diffusion de la méthode d'analyse et généralisation de son utilisation dans des laboratoires spécialisés (SUEZ ENVIRONNEMENT)
A3 ECLIPSE PCB	Valorisation et diffusion du guide de bonnes pratiques (IRSTEA)
A4 AC PCB	Valorisation et diffusion de l'outil d'aide à la décision (BRGM)
A5 PCB SFR	Valorisation et diffusion de l'outil d'aide à la décision (ARTELIA) Affinage des logiciels sur la dynamique des transferts (ARTELIA)
A6 PCB OPTITRI	En attente de premières applications industrielles (SITA)
A7 PCB ECODEPOT	En attente de premières applications industrielles, notamment en alvéole monospécifique (SITA)
A8 STAB PCB	En attente de premières applications industrielles (SITA)
A9 PCB-SEDICA	En attente de validation en pilote pré-industriel de l'adsorption in-situ (CNRS-MATEIS, BRGM) En attente de premières applications industrielles (SOLETANCHE BACHY, EXTRACT-ECOTERRES) (après validation industrielle de la technologie)
A10 FUNGI EAT PCB	En attente de premières applications industrielles (SERPOL) (après validation industrielle de la technologie)
A12 BIODECHLOR PCB	En attente de premières applications industrielles, notamment en alvéole monospécifique active (SITA) (après validation industrielle de la technologie)

A13 DESTHER PCB	En attente de premières applications industrielles (ATANOR) (après validation industrielle de la technologie)
A14 PLATPIL PCB	Plateforme pilote opérationnelle pour accueillir d'autres projets industriels
A15 SEDIRHONE PCB	Plateforme industrielle opérationnelle pour accueillir des projets de traitement et stockage de sédiments
A16 GLOBAL PCB	Valorisation et diffusion de l'outil d'aide à la décision (SUEZ-ENVIRONNEMENT)

Clôture administrative et financière du projet PCB AXELERA

Page de signatures

Pour SUEZ-ENVIRONNEMENT



Nom : Pascal DAUTHUILLE
Qualité : Coordonnateur du projet PCB AXELERA
Date : 3 Octobre 2013



ANNEXE 1

DESCRIPTION DES 16

ACTIONS DU PROJET PCB-

AXELERA

SP1	PERTINENCE ANALYTIQUE	Leader : CEMAGREF	Durée	M1-M36
Action 1	PRESED PCB Outils et méthodes pour la caractérisation et le PRElèvement des SEDiments		Durée	M1-M36
Action 2	PCB SEP Vers la séparation des 209 congénères de PCB		Durée	M1-M36
Action 3	ECLIPSE PCB Echantillonneurs Intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase disSoute de miliEux aqueux		Durée	M1-M36

Action 1 SP1	PRESED PCB Outils et méthodes pour la caractérisation et le PRElèvement des SEDiments			Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires				
ENTPE	SUEZ Env.	SOGREAH			
<p>Descriptif de l'action. L'action PRESED PCB consiste à définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un protocole incluant les bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments - Des outils et des méthodes permettant de qualifier les caractéristiques sédimentologiques et géochimiques des sédiments étudiés. - Une méthodologie en vue d'une cartographie détaillée à l'échelle du fleuve des stocks et des flux sédimentaires <p>Cette action est déposée au titre de l'ENTPE membre de l'Université de Lyon et de la ZABR (Zone Atelier du Bassin du Rhône) : ce Groupement d'Intérêt Scientifique regroupe plus d'une centaine de chercheurs travaillant sur des problématiques ayant trait au fonctionnement du fleuve Rhône. Parmi les actions en cours de cette Zone Atelier, l'Observatoire des Sédiments du Rhône permet de croiser les thématiques des scientifiques et les attentes des gestionnaires du fleuve, de l'eau et de l'environnement immédiat du fleuve Rhône depuis Genève jusqu'à la Méditerranée.</p> <p>L'action PRESED PCB présente la particularité de se situer en amont des autres actions construites autour du génie des procédés du projet « PCB AXELERA ». L'action proposée porte sur une collecte raisonnée de données existantes ou à constituer, coordonnée par un animateur scientifique, expert en sciences de la Terre et en Sciences de l'Environnement.</p> <p>La collaboration se fera au sein de la ZABR et avec des équipes qui portent d'autres actions du projet « PCB AXELERA ». SOGREAH apportera sa contribution dans le domaine de la connaissance des flux et des transferts hydriques et sédimentaires. SUEZ-Environnement assurera la coordination amont-aval avec les autres actions du projet. La CNR mettra à disposition de nombreuses données (analyse des prélèvements) essentielles pour comprendre les mécanismes et les modalités des transferts de sédiments et de contaminants hydrophobes (expertise scientifique). Enfin, cette action bénéficiera de l'appui scientifique des partenaires institutionnels membres de la ZABR.</p> <p>L'accent sera mis sur la signification de la variabilité spatiale de la contamination par les PCB. Nous nous interrogerons également sur l'écart type de la distribution, si des prélèvements distants de quelques mètres à quelques kilomètres sont effectués. En définitive, il conviendra de préciser la pertinence d'une hétérogénéité entre les sites, via une typologie simplifiée des sédiments fins déposés au fond du fleuve Rhône. Enfin, il faudra discuter des protocoles d'échantillonnage (carottage et autres formes de prélèvement) eu égard aux objectifs (1) de mise au point de modèles scientifiques ou (2) de zones contaminées à circonscrire.</p> <p>Pour conforter l'ancrage de l'action PRESED PCB dans le domaine de la recherche scientifique finalisée, un sujet de thèse de doctorat sera proposé (un financement sera recherché par ailleurs), portant sur la sédimentologie applicable et ses enjeux en termes de ressources, gestion et risque industriel (et/ou urbain).</p>					
<p>Programme de travail</p> <p>L'action PRE-SED est dédiée à l'étude des sédiments du Rhône car tout objectif de dépollution d'une matrice aussi complexe ne peut s'envisager que si celle-ci est connue tant dans sa nature (physique, sédimentologique, géochimique) que dans les modalités de sa distribution à l'échelle du fleuve et de son bassin versant.</p> <p>2 types d'objectifs peuvent être définis :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Préciser les zones de stockage des sédiments fins du Rhône, car ce sont ces réservoirs sédimentaires qui sont susceptibles d'être déstockés à l'occasion de crues exceptionnelles. <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tâche 1.1 Résultats des prélèvements, échantillonnages et analyses sur sédiments ⇒ Tâche 1.2 Synthèse des études géomorphologiques, sédimentologiques et des mesures des stations 					

- Mettre en œuvre des outils pertinents permettant de mesurer les transits sédimentaires actuels via la construction ou la réhabilitation de stations de mesure in situ. En effet, les dépôts sédimentaires sont très complexes, puisque leur texture, leur granulométrie, etc... et donc leur susceptibilité à piéger les polluants peut être très variable au sein d'une même séquence, dont la chronologie reste difficile à déterminer.
 - ⇒ **Tâche 1.3 Guide des bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments du Rhône, en vue de la caractérisation pertinente et détaillée de leur pollution par les PCB**
 - ⇒ **Tâche 1.4 Synthèse, interprétation et bilan des données collectées**

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **transfert de technologie**

- Descriptif de l'état de l'art :

L'état de l'art présente les approches utilisées dans la reconstitution des retombées atmosphériques récentes en métaux lourds et en radionucléides. Des travaux ont démontré l'existence d'une contamination très ancienne des sédiments lacustres de sorte qu'il est primordial de préciser l'état de référence des systèmes naturels dans toute démarche de qualité environnementale.

A ce titre, les travaux de Van Metre (2007) constituent une synthèse unique de la contamination des sédiments en HAP, DDT, PCB, métaux lourds et radionucléides dans plus de 56 lacs et rivières des Etats-Unis. Le National Water Quality Assessment, démarré dans les années 1990, a permis de déterminer l'évolution récente de la qualité des eaux. Nous nous inspirerons largement de ce savoir-faire et nous mettrons en place une collaboration scientifique permettant à notre tour de construire un guide des bonnes pratiques de prélèvement de sédiments rhodaniens en vue de la caractérisation de leur pollution par les PCB.

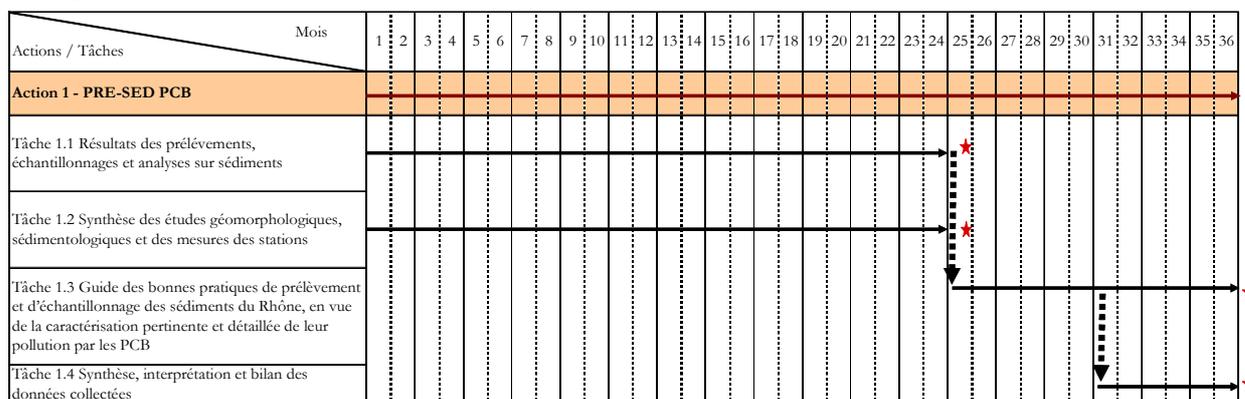
Livrable final :

- Catégorie : Méthodes (M) et Services (S)

- Livrables :

- Méthode : Nouveau « **Guide de Bonnes Pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments** » (diffusion)
- Service : Nouvelle **Offre de Service** s'appuyant sur la méthode développée et permettant une cartographie à l'échelle d'un fleuve ou d'un lac. Normalisation d'une méthode d'analyse

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 1 - PRE-SED PCB						
Tâche 1.1	L1.1-1	Tâche 1.1 Résultats des échantillonnages, prélèvements et analyses expérimentaux	M	ENTPE	Marc Desmet & Yves Perrodin	M24
Tâche 1.2	L1.2-1	Tâche 1.2 - Résultats des études géomorphologiques et des analyses sédimentologiques faites sur carottes, et résultats des mesures dans les stations in situ	M	ENTPE	Marc Desmet & Yves Perrodin	M24
Tâche 1.3	L1.3-1	Tâche 1.3 - Guide des bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments du Rhône, en vue de la caractérisation pertinente et détaillée de leur pollution par les PCB	M	ENTPE	Marc Desmet & Yves Perrodin	M36
Tâche 1.4	L1.4-1	Tâche 1.4 - Synthèse, interprétation et bilan des données collectées	M	ENTPE	Marc Desmet & Yves Perrodin	M36

Action 2 SP1	PCB SEP Vers la séparation des 209 congénères de PCB		Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
SUEZ Env.	CEMAGREF			
Descriptif de l'action				
<p>Il existe 209 congénères de PCB. Suivant les matrices, les législations portent sur 6 ou 7 congénères indicateurs (exemple boues de stations d'épuration : total de 7 congénères <0.8 mg/kg) ou sur les PCB totaux (déchets dangereux pour admission en décharge : 50 mg/kg). Dans ce dernier, une estimation à partir de la mesure de 7 congénères est effectuée, en tenant compte de leur proportion dans des mélanges industriels non altérés. Or le passage des PCB dans l'environnement modifie leur distribution. De même, les procédés de dépollution (procédés biologiques en particulier) vont modifier cette distribution. Il est donc impératif, pour bien appréhender le paramètre 'PCB totaux', de prendre en compte le maximum de congénères. Ce point est également important pour éviter, après tout procédé de décontamination, la présence d'un résiduel de PCB qui ne serait pas pris en compte par la mesure des 7 indicateurs classiques).</p> <p>L'objectif est de tendre vers la séparation des 209 congénères de PCB, selon 2 approches complémentaires :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Une approche conventionnelle (1D) en CG capillaire à une dimension avec une phase spéciale pour séparer les paires critiques de PCB indicateurs ; le meilleur compromis longueur de colonne/séparation du maximum de congénères sera recherché 2) Une approche novatrice (2D) utilisant le pouvoir de séparation décuplé de la séparation bi-dimensionnelle (CG-2D) avec deux types de détecteurs, détecteur à capture d'électrons pour sa relative spécificité par rapport aux composés chlorés, et spectromètre de masse à temps de vol pour sa capacité d'identification des PCB et autres micropolluants. <p>Ces techniques feront l'objet d'un essai interlaboratoire de validation, puis seront appliquées pour définir la composition des congénères dans les sédiments, les matières en suspension et la phase dissoute du Rhône et pour évaluer l'efficacité de divers procédés de dépollution.</p>				
Programme de travail				
<p>L'objectif consiste à mettre en place 2 nouvelles méthodes pour la séparation de la quasi-totalité des congénères de PCB, afin de mieux connaître la spéciation des congénères de PCB présents dans les sédiments et la phase dissoute du Rhône ainsi que leur comportement lors des procédés de dépollution.</p> <p>⇒ Tâche 2.1 - Etat de l'art sur la séparation des PCB</p> <p>⇒ Tâche 2.2 - Optimisation d'une méthode CG-capillaire rapide 1D (A) et mise en place d'une méthode CG-2D-ECD (B1) et GC-2D-TOF pour la séparation de 70-90% des congénères et l'examen d'autres substances prioritaires</p> <p>Il s'agit de séparer les 209 congénères, en comparant deux approches :</p> <p>-Chromatographie capillaire classique (CG-1D). L'objectif visé est de séparer 70% des congénères dans un temps acceptable (inférieur à une heure). Cette méthode (A), développée par le laboratoire CARSO, en utilisant des colonnes chromatiques plus longues que celles utilisées habituellement (>50 m) sera applicable par tous les laboratoires de la région Rhône-Alpes équipés de chromatographes classiques et devant réaliser des audits environnementaux</p> <p>-Chromatographie en deux dimensions (CGXCG ou CG-2D). L'objectif premier sera d'obtenir 85 à 90% de séparation des congénères. Cette méthode sera mise en place à l'IFP de Lyon, avec un détecteur à capture d'électrons (CGXCG-ECD, méthode B1). Ce détecteur qui présente une bonne sélectivité par rapport aux composés chlorés, permet de s'affranchir des interférences par hydrocarbures. En parallèle SUEZ-Environnement mettra en œuvre la même approche (CGXCG) avec un spectromètre de masse à temps de vol (CGXCG-TOF, méthode B2). Outre sa capacité d'identification quasi absolue, ce second détecteur permettra de détecter d'autres polluants prioritaires, tels que Pentachlorobenzène, hexachlorobenzène,</p>				

hexachlorobutadiène, DDT, HAP, endosulfan, DEHP, chlorpyriphos, pesticides de la famille des drines, et tous autres composés indésirables chromatographiables en phase gazeuse.

⇒ **Tâche 2.3. Essai interlaboratoire de validation**

Les méthodes ci-dessus seront comparées entre elles et par rapport à la future norme européenne 15308 sur des matrices environnementales, dans le cas d'un essai inter-laboratoires organisé par SUEZ-Environnement. Dans ce cadre, les échantillons de phase dissoute et de matières en suspension seront préparés par le CEMAGREF, tandis que les échantillons de sédiments seront préparés par CARSO. Pour la technique GC-2D, le laboratoire du Pr Focant, Université de Liège, leader mondial pour la séparation des congénères, a accepté de participer.

⇒ **Tâche 2.4. Application à l'étude de matrices contaminées du Rhône et à quelques procédés de décontamination**

Les méthodes 2D constitueront une référence pour évaluer la spéciation des PCB dans les matrices contaminées du Rhône et l'efficacité des procédés de décontamination. La méthode 1 constituera un bon compromis résolution/efficacité économique.

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation de rupture**

- Descriptif de l'état de l'art : aucun laboratoire n'a réussi à séparer les 209 congénères de PCB et la quasi-totalité des données environnementales publiées porte sur les 7 congénères indicateurs, depuis plus récemment sur les 12 congénères « dioxin-like ». La société Restek propose une colonne de séparation capillaire capable de séparer 110 congénères. La société Varian prétend qu'il est possible en théorie de mesurer les 209 congénères avec une de ses nouvelles phases. Mesurer ne signifie pas avoir tout séparé et ce type d'affirmation commerciale demande à être vérifié. Par opposition, la technique de GC-2D, a récemment permis de séparer 192 congénères dans des mélanges industriels d'arochlors (Focant et al, 2004). La présente action propose d'appliquer pour la première fois cette approche à des matrices environnementales contaminées par des PCB. Cette approche est par ailleurs idéale pour y identifier des dizaines, voire des centaines d'autres contaminants (Semard et al, 2008).

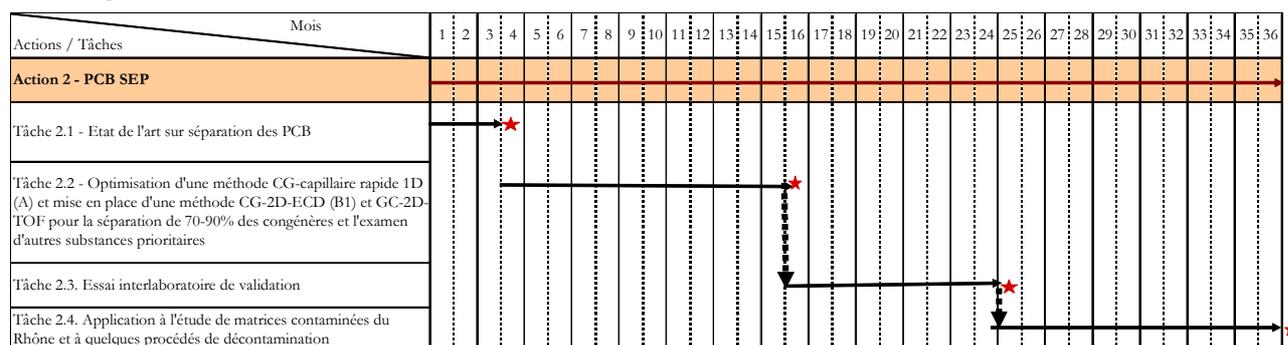
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)

- Livrables:

- Produits : 3 Nouvelles « **Méthodes d'analyse (eau, sédiment) des 209 congénères PCB** »
- Service : Nouvelle **Offre de Service** s'appuyant sur les 3 méthodes développées

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 2 - PCB SEP						
Tâche 2.1	L2.1-1	1 état de l'art sur séparation des PCB	P	SUEZ Env (CIRSEE)	V. Decottignies	M3
Tâche 2.2	L2.2-1	1 protocole analytique validé décrivant les méthodes A, B1 et B2.	P	SUEZ Env (CIRSEE)	V. Decottignies	M15
Tâche 2.3	L2.3-1	1 rapport d'essai interlaboratoires	P	SUEZ Env (CIRSEE)	V. Decottignies	M24
Tâche 2.4	L2.4-1	1 rapport sur spéciation des PCB dans des matrices contaminées du Rhône	P	SUEZ Env (CIRSEE)	V. Decottignies	M36

Action 3 SP1	ECLIPSE PCB Echantillonneurs intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute de milieux aqueux			Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires				
CEMAGREF	SUEZ-Env.	BRGM			
<p>Descriptif de l'action</p> <p>Le développement d'outils permettant la mise en œuvre d'une stratégie de surveillance des teneurs en PCB des eaux de surface et souterraines est nécessaire pour mieux comprendre les processus de transfert des PCB entre les sédiments et la colonne d'eau (phase dissoute et particulaire) des milieux aquatiques et ainsi, évaluer les risques associés et les possibilités de remédiation.</p> <p>Depuis une quinzaine d'années, de nouveaux outils d'échantillonnage, à des stades différents de développement, et prenant en compte l'intégration dans le temps (échantillonneurs intégratifs) ont été développés pour faciliter la détection des micropolluants dans la phase dissoute des eaux naturelles ou anthropisées (en abaissant les seuils de détection) et améliorer la représentativité de leur échantillonnage (concentration moyennée sur une durée d'exposition) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>SPMD</u> (Semi Permeable Membrane Device, étudiée par le Cemagref) - <u>LDPE</u> (lowdensitypolyethylene, étudiée par l'Ifremer) - <u>Membranes silicones</u> (étudiée par Deltares, Pays-Bas) - <u>Chemcatcher</u> (étudié par le BRGM) - <u>Sorbisense</u> (étudiée par Suez-Environnement) - <u>Rotor</u> (développé par Labaqua, Espagne et Suez-Environnement) <p>L'action a pour but de développer et d'évaluer les performances de ces échantillonneurs intégratifs, couplés à des analyses chimiques voire biologiques (pour le couplage des SPMD avec des tests d'effets "dioxinlike") pour le suivi de la contamination en PCB dans des eaux de niveaux de contamination et de caractéristiques physico-chimiques différents.</p> <p>Cette action permettra l'harmonisation des pratiques sur l'utilisation d'outils innovants d'échantillonnage, notamment au travers d'échanges techniques et d'essais de comparaison inter-laboratoires. Leur capacité à permettre de quantifier une concentration moyenne en PCB dans le milieu d'exposition sur la période d'échantillonnage sera évaluée ainsi que leurs domaines de validité. L'édition de guides pratiques d'utilisation permettra d'assurer leur valorisation et leur application pour la surveillance de la qualité des eaux.</p>					
<p>Programme de travail</p> <p>Les travaux menés dans le cadre de l'action ECLIPSE PCB seront organisés en 4 tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tâche 3.1 - Mesure des PCB dans la phase dissoute : outils chimiques ⇒ Tâche 3.2 - Etude de l'occurrence et de la spéciation des PCB dans la colonne d'eau (phase dissoute et particulaire) et les sédiments ⇒ Tâche 3.3 - Mesure des PCB dans la phase dissoute : outils biologiques ⇒ Tâche 3.4 - Organisation de l'assurance qualité des essais <p>Les critères de comparaison des échantillonneurs entre eux seront les suivants : limites de détection et de quantification, facteur de concentration, répétabilité, période d'exposition (domaine), cinétiques d'accumulation des PCB (in situ et en laboratoire), interprétation de résultats de mesure (retour à la concentration dans la phase dissoute ou non, possibilité d'utilisation d'étalons internes ou PRC).</p> <p>La proposition permettra en outre d'acquérir de la donnée d'occurrence en PCB pour les trois sites étudiés</p>					

(stations de mesure sur le Rhône à Ternay (69) et en Arles (13), rivière et/ou nappe souterraine aux alentours d'un site industriel pollué).

Il s'agira de mettre en œuvre et d'évaluer ces outils d'échantillonnages permettant d'améliorer la détection de 18 PCB (i.e. les 18 congénères indicateurs et/ou dioxinlike suivants : 28, 52, 77, 81, 101, 105, 114, 118, 123, 126, 138, 153, 156, 157, 167, 169, 180, 189) dans la phase dissoute de milieux aqueux. Afin de connaître la spéciation des PCB dans chaque site, une analyse des sédiments et de MES est prévue en complément (échantillonnage par centrifugation en continu).

Enfin, l'analyse des 209 congénères est prévue dans certains extraits issus d'échantillonneurs intégratifs dans le cadre de l'action « PCB SEP ».

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **transfert de technologie et innovation**
- Descriptif de l'état de l'art :

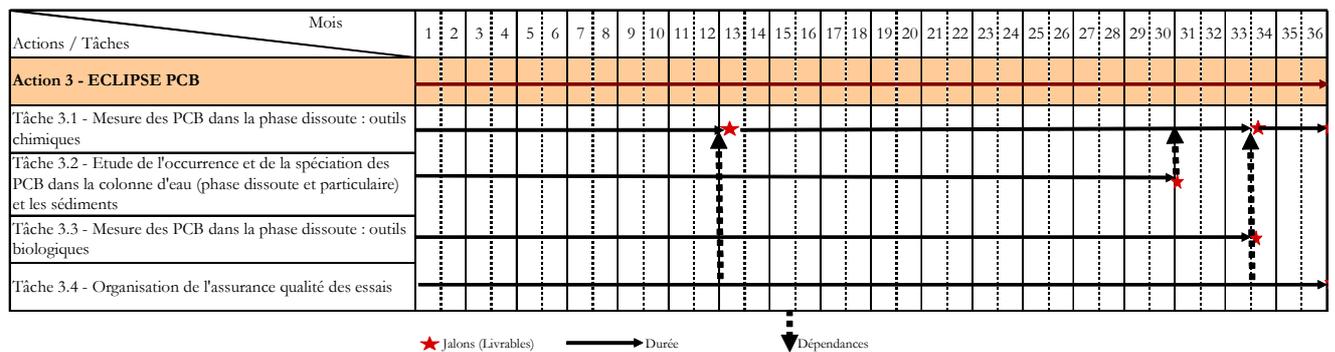
Les outils proposés dans cette action sont applicables pour l'échantillonnage des contaminants hydrophobes dans des matrices aqueuses environnementales pour des durées d'exposition de 1 à 5 semaines. Ils permettent d'atteindre des limites de détection 10 à 100 fois plus faibles qu'avec un échantillonnage classique ponctuel, soit en dessous de 0,1 ng/L voire 0,01 ng/L selon les PCB ; soit des limites de détection 1.10^6 plus faibles que celles obtenues au moyen de capteurs électrochimiques. Pour mémoire les concentrations de PCB dans les eaux de surface sont de l'ordre du ng/L, voire inférieures.

Le couplage des échantillonneurs intégratifs avec les analyses chromatographiques permet une analyse spécifique des 18 PCB étudiés dans cette action.

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P), Méthodes (M) et Services (S)
- Livrables :
 - Produits : 2 nouveaux « **Capteurs Passifs pour l'échantillonnage des PCB dissous** », dont le capteur "Rotor"(commercialisation)
 - Méthode : Nouvel « **Outil d'aide à la décision** » (sous forme de guide de bonne exploitation) pour la mise en œuvre et l'exploitation de capteurs passifs, sur la base de l'évaluation des 6 échantillonneurs
 - Service : Nouvelle « **Offre de Service** » s'appuyant sur les capteurs et la méthode développés

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 3 - ECLIPSE PCB						
Tâche 3.1	L3.1-1	Faisabilité laboratoire validée pour les 6 échantillonneurs	P et M	Cemagref (coordination)	C Miège / M Coquery	M12
	L3.1-2	Faisabilité laboratoire et in situ validée (évaluation des coûts, de l'efficacité et du domaine de validité) pour les 6 échantillonneurs, synthèse comparée	P et M	Cemagref (coordination)	C Miège / M Coquery	M33
	L3.1-3	Evaluation technico-économique de la première application industrielle du Rotor pour PCB en eaux de surface	P	Suez Environnement	S Martin	M33
Tâche 3.2	L3.2-1	Synthèse sur l'occurrence et la spéciation des PCB	M	Cemagref (coordination)	C Miège / M Coquery	M30
Tâche 3.3	L3.3-1	Faisabilité in situ du couplage SPMD avec les tests de toxicité	M	Cemagref (et LPIC)	C Miège / H Budzinski	M33
Tâche 3.4	L3.4-1	Guide de bonne exploitation des 6 échantillonneurs	M	Cemagref (coordination)	C Miège / M Coquery	M36

SP2	PROCESSUS DE TRANSFERT	Leaders : SOGREAH / BRGM	Durée	M1-M36
Action 4	AC PCB Analyse comportementale des PCB		Durée	M1-M36
Action 5	PCB SFR Flux de PCB associés à la dynamique à différentes échelles des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins. Application au Rhône		Durée	M1-M36

Action 4 SP2	AC PCB Analyse comportementale des PCB		Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
BRGM	SOGREAH			
Descriptif de l'action				
<p>La contamination diffuse des sédiments de rivières et de lacs par les PCB, récemment mise sur le devant de la scène, oblige à prioriser les actions qui doivent être entreprises en vue de répondre à la demande des collectivités territoriales et les associations de riverains. Si la première action est de caractériser avec le plus de précisions possibles l'étendue de la contamination, la seconde est de proposer des voies de gestion pour rétablir la qualité chimique des écosystèmes.</p> <p>Pour cette dernière, il est probable que différents cas de figure se présentent. Certains nécessiteront des interventions humaines drastiques comme l'enlèvement des sédiments. Mais, pour la majeure partie des cours d'eau, il est probable que la recherche d'une atténuation naturelle de la contamination soit une approche plus judicieuse. Les PCB et certains polluants organiques peuvent être dégradés par voie biologique dans certaines conditions. Un paramètre important est le temps de résidence en milieu anoxique. Pour juger de la pertinence de cette approche de remédiation, le comportement de ces polluants dans le système aquatique doit donc être mieux connu.</p> <p>Dans le système aquatique, le devenir des polluants associés au sédiment est dépendant de processus chimiques (adsorption/désorption, dégradation et/ou biodégradation) et physiques (dépôt/remise en suspension des particules) qui ont lieu dans le compartiment sédimentaire, la colonne d'eau et à l'interface eau-sédiment. Il s'agit de phénomènes dynamiques interdépendants que les caractérisations ponctuelles lors de campagnes de prélèvement ne permettent pas de mettre en évidence. Il en résulte un manque de connaissance sur le comportement des polluants ce qui limite la formulation de recommandations en matière de gestion des sédiments contaminés et de caractérisation des milieux.</p> <p>Cette action propose d'apprécier l'impact des sédiments contaminés de fond de cours d'eau ou de lac sur la qualité de l'eau en tenant compte des paramètres qui caractérisent et affectent la matrice sédimentaire (pH, Eh, granulométrie, minéralogie, matière organique,...). Différents dispositifs au laboratoire (réacteurs statiques et colonnes) seront mis en place afin de comprendre la dynamique des PCB et autres polluants dans le système sédiment/colonne d'eau et d'approcher au mieux les mécanismes de relargage des polluants, notamment des PCB.</p> <p>Les essais au laboratoire s'appliqueront à simuler les facteurs éventuels de remobilisation ponctuels (opération de curage, dépôt dans les plaines alluviales) et saisonniers (dépôt à la surface du sédiment de matériel issu du développement/mort d'algues photosynthétiques, crues). Les paramètres chimiques (composition de la colonne d'eau), physiques (vitesse de sédimentation, nature et quantité des MES), et biologiques (tests d'activité de biodégradation) seront suivis grâce à des mesures et des prélèvements appropriés. La biodégradation et la volatilisation éventuelles des polluants organiques en fonction des conditions du milieu feront également l'objet de caractérisations.</p> <p>Au final, les travaux permettront d'estimer le potentiel de transfert des PCB vers la colonne d'eau en fonction des conditions locales du cours d'eau ou du lac. Les données recueillies seront notamment utilisées par l'action « PCB SFR », pilotée par SOGREAH, pour modéliser le transfert des PCB à l'échelle d'un tronçon de rivière. Les résultats obtenus seront également interprétés de manière à renseigner un guide de bonnes pratiques pour la gestion des cours d'eau dont les sédiments de fond sont contaminés.</p>				
Programme de travail				
<p>⇒ Tâche 4.1 - Choix, prélèvement et caractérisation du sédiment</p> <p>Bibliographie sur le comportement des PCB et autres polluants dans le système aquatique et sa modélisation</p>				

Analyse exhaustive de la chimie du sédiment

⇒ Tâche 4.2 - Etude du comportement des PCB lors de perturbations

Etude de l'impact de la remise en suspension en colonnes de laboratoire

Etude de l'impact d'une réduction du sédiment sur le devenir des PCB en réacteur fermé

Etude de l'impact d'une oxydation du sédiment sur le devenir des PCB en réacteur fermé

Mesures complémentaires en batch (coefficient de partage solide/solution, constante de dégradation, capacité d'adsorption des MES)

Modélisation du comportement 1D

⇒ Tâche 4.3 - Modélisation des transferts 2D et 3D - Elaboration d'un guide de bonnes pratiques - Rapport final

Collaboration avec SOGREAH / CEMAGREF pour la modélisation 2D et 3D à l'échelle de la rivière ou du lac

Elaboration d'un guide de bonnes pratiques sous forme d'un arbre décisionnel

Rédaction du rapport final (autoporteur)

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation**

L'outil livré se présentera sous la forme d'un arbre décisionnel, pour la gestion des sédiments contenant des PCB et autres polluants. Cet outil à partir de la connaissance des paramètres de suivi du système aquatique (physiques, chimiques et biologiques), permettra aux gestionnaires et donneurs d'ordre, de prendre des décisions rapides face à des cas concrets de pollution et de prévisions d'aménagement.

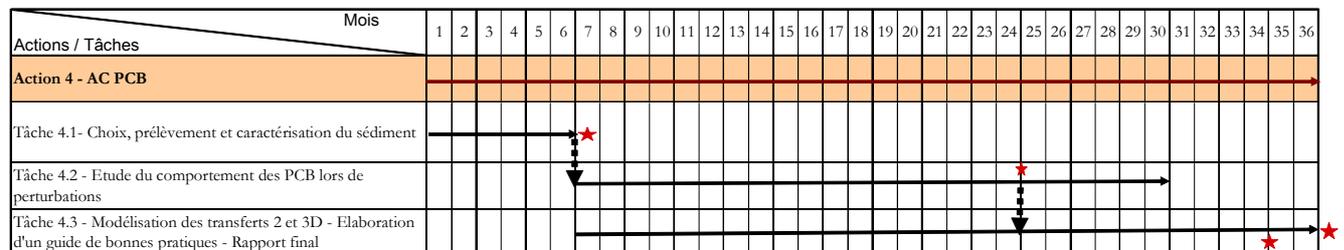
Livrable final :

- Catégorie : Méthodes (M) et Services (S)

- Livrables :

- Méthode : Nouvel « **Outil d'aide à la décision sous forme d'arbre décisionnel pour la gestion des sédiments contaminés** » (diffusion).
- Service : Nouvelle « **Offre de service pour la Prédiction du comportement des PCB et autres polluants issus de sédiments** »

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Actions / Tâches	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Tâche 4.1 - Choix, prélèvement et caractérisation du sédiment	I.4.1-1	Etat de l'art sur le comportement des PCB et sa modélisation dans le système aquatique - Orientation des expérimentations	M	BRGM	Philippe BATAILLARD	M6
Tâche 4.2 - Etude du comportement des PCB lors de perturbations	I.4.2-1	Analyse comportementale des PCB dans les sédiments contaminés sous l'effet d'une perturbation anthropique ou naturelle	M	BRGM/CEA	Philippe BATAILLARD / Xavier VITART	M24
Tâche 4.3 - Modélisation des transferts 2 et 3D - Elaboration d'un guide de bonnes pratiques - Rapport final	I.4.3-1 I.4.3-2	Guide de bonne pratique pour la gestion des sédiments contaminés par des PCB Analyse et modélisation du comportement des PCB dans le système aquatique	M	SOGREAH BRGM	Noëlle DOUCET Philippe BATAILLARD	M34 M36

Action 5 SP2	PCB SFR Flux de PCB associés à la dynamique à différentes échelles des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins. Application au Rhône			Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires				
SOGREAH	CEMAGREF	CNRS (CEREGE)			
Descriptif de l'action					
<p>Le problème de la pollution des eaux du Rhône par les PCB a récemment été mis au sommet de l'actualité. Après le premier diagnostic et les mesures de gestion de crise qui ont immédiatement suivi, il convient de mieux comprendre l'origine de ces pollutions et les mécanismes de leur déplacement, avec des dynamiques souvent lentes, de l'amont vers l'aval d'un bassin versant et entre les différents compartiments du milieu naturel (sol – nappe – cours d'eau – sédiment – benthos / poissons).</p> <p>Cette compréhension des mécanismes de transfert doit être améliorée dans un triple objectif opérationnel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prédiction du devenir / localisation des pollutions à partir des lieux de pollution passée identifiés • Identification / évaluation des avantages / inconvénients de différents scénarii d'actions visant à réduire les niveaux de pollution • Bonnes pratiques pour limiter les effets de ces polluants sur l'environnement et le monde vivant <p>Le transfert progressif des sédiments fins en fonction de l'hydrologie et des mécanismes physiques de transport, dépôt et remise en suspension des sédiments, et le relargage vers la phase aqueuse, constitue l'un des principaux modes de transfert des PCB dans le cours d'eau.</p> <p>Cette action vise à mettre à profit les avancées récentes de la modélisation numérique hydrosédimentaire pour analyser la dynamique des transferts de PCB et autres polluants dans les eaux et les sédiments fins d'un cours d'eau ou d'un lac, à différentes échelles spatiales. Les sites pilotes de l'action seront sélectionnés sur le Rhône. En particulier les modalités de stockage et de reprise des sédiments fins seront examinées (casiers, zones situées entre les épis, îlons) sur la base d'analyses des volumes stockés dans les marges alluviales, et des effets de dépôts/reprises dans les retenues et les casiers. Les échanges de PCB entre les différents compartiments (eau-MES-sédiments du fond) seront représentés par des coefficients de partage et les travaux résultant de l'action analysant les processus d'échange sur la colonne d'eau (action « AC PCB », pilotée par le BRGM). Il s'agira aussi d'obtenir les données nécessaires, en particulier la caractérisation des zones sources, puis des mesures hydrosédimentaires détaillées sur le site (topographie, qualité des sédiments, hydrométrie, concentrations), d'une part pour fournir les données d'entrées et d'autre part pour caler et valider les modèles.</p>					
Programme de travail					
<p>⇒ Tâche 5.1 - Modélisation hydrosédimentaire/PCB grande échelle 1D</p> <p>Le modèle hydraulique et de transport de polluant 1D construit et validé par le Burgeap pour le Rhône avec les codes de calcul du Cemagref entre le lac Léman et Lyon (modèle ROSALY) sera complété. Il sera notamment enrichi d'une gamme de scénarii hydrologiques plus étendue de manière à préciser le fonctionnement de divers systèmes du point de vue de la dynamique des sédiments fins.</p> <p>Un nouveau logiciel 1D pour l'analyse de la dynamique des transferts de sédiments fins sera développé.</p>					
<p>⇒ Tâche 5.2 - Modélisation hydrosédimentaire/PCB échelle fine 2D/3D</p> <p>À une échelle fine (représentation très détaillée de la topo-bathymétrie) la modélisation 2D et 3D permet de bien appréhender les processus physiques de stockage/déstockage, les zones préférentielles de dépôt des sédiments dans la section d'écoulement, qu'il s'agisse du lit mineur (zone de vortex entre épis, de faibles courants dans l'intérieur d'un méandre, ...) ou du lit majeur (annexes hydrauliques ou casiers en connexion occasionnelle avec le lit majeur, ...) et les effets des structures naturelles et artificielles sur la dynamique des</p>					

MES et des PCB.

Un nouveau logiciel 2D/3D pour l'analyse de la dynamique des transferts des sédiments fins sera développé.

⇒ **Tâche 5.3 - Outil d'aide à la décision**

Cet outil portera sur la caractérisation des sites porteurs de pollutions par les PCB et autres polluants (mise en œuvre de sites de piégeage des sédiments fins porteurs de pollution, évaluation de l'impact d'actions de remobilisation des sédiments).

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation**
- Descriptif de l'état de l'art :

La modélisation hydrosédimentaire 1D, même si elle a fait l'objet de travaux de recherche réguliers depuis une vingtaine d'années, est toujours peu utilisée sur des applications d'ingénierie opérationnelle. L'importance du sédiment sur le transfert des PCB la rend ici indispensable. La modélisation hydrosédimentaire 2D et/ou 3D pour des sédiments fins est utilisée couramment pour des environnements marins, plus rarement en milieu fluvial. Sogreah l'a appliquée sur des problématiques estuariennes complexes (Loire, Baie de Somme) et dans des cas fluviaux plus simples. Il reste à adapter ces modèles au transport de sédiments fins dans un cas fluvial complexe.

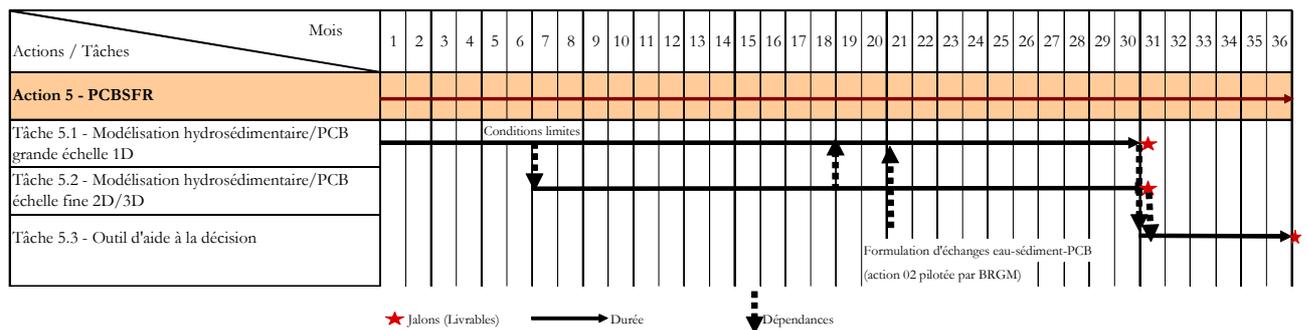
L'enrichissement du code de calcul à grande échelle (1D) par les résultats de la modélisation à une échelle fine (2D ou 3D) est une nouveauté de la proposition d'action.

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P), Méthodes (M) et Services (S)
- Livrables :

- Produits : 2 Nouveaux « **Logiciels** », systèmes informatisés fondés sur des approches 1D et 2D/3D pour l'analyse de la dynamique des transferts de PCB dans les eaux d'un cours d'eau et dans les sédiments fins transportés (commercialisation).
- Méthode : Nouvel « **Outil d'aide à la décision** » pour la caractérisation des sites porteurs de pollution par les PCB et la gestion à différentes échelles du cours d'eau des sédiments porteurs de ces pollutions.
- Service : Nouvelle « **Offre de Service d'ingénierie** », s'appuyant sur les nouveaux logiciels et la nouvelle méthode cités ci-dessus.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 5 - PCBSFR						
Tâche 5.1 - Modélisation hydrosédimentaire/PCB grande échelle 1D	L.5.1-1	Logiciel 1D	P	Cemagref	J-B Faure	M30
Tâche 5.2 - Modélisation hydrosédimentaire/PCB échelle fine 2D/3D	L.5.2-1	Logiciel 2D/3D	P	Sogreah	P. Sauvaget	M30
Tâche 5.3 - Outil d'aide à la décision	L.5.3-1	Outil d'aide à la décision	M	Sogreah	P. Sauvaget	M36

SP3	TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT	Durée	M1-M36
SP3.1	technologies de dragage et criblage Leader : SITA		
Action 6	PCB OPTITRI Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	Durée	M1-M36
SP3.2	technologies de confinement Leader : SITA		
Action 7	PCB ECODEPOT Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués	Durée	M1-M36
Action 8	STAB PCB Développement de technologies de stabilisation / solidification	Durée	M1-M36
SP3.3	technologie d'adsorption Leader : CNRS		
Action 9	PCB SEDICA Traitement des sédiments pollués par les PCB et autres polluants par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux	Durée	M1-M36
SP3.4	technologie par voie fongique Leader : CNRS		
Action 10	FUNGI EAT PCB Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des PCB	Durée	M1-M36
SP3.5	technologie de biorémediation Leader : ECO SOLUTION		
Action 11	PCB ECOBIOREMEDIATION Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par évolution dirigée in vivo	Durée	M1-M36
SP3.6	technologie par voie biologique Leader : SITA		
Action 12	BIODECHLOR PCB Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB	Durée	M1-M36
SP3.7	technologie par voie thermique Leader : ATANOR		
Action 13	DESTHER PCB Destruction thermique des PCB	Durée	M1-M36
SP3.8	Plateformes Leaders: INSA/SITA		
Action 14	PLATPIL PCB Validation et Evaluation au niveau Plateforme Pilote des Procédés de Traitement des PCB	Durée	M1-M36
Action 15	SEDIRHONE PCB Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	Durée	M1-M36

Action 6 SP3	PCB OPTITRI Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués	In / Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
SITA (SITA-FD et SITA Remediation))	BRGM			
Descriptif de l'action				
<p>La gestion hors site de volumes conséquents de sédiments riches en eau nécessite une étape de déshydratation qui peut être couplée à des étapes de séparations granulométriques des fractions sédimentaires. Cette étape de séparation granulométrique a pour intérêt de diminuer les quantités de sédiments les plus pollués à éliminer dans les filières appropriées et de favoriser la production de matériaux valorisables de type sables et graviers.</p> <p>Les technologies mises en œuvre sont connues et matures sur le plan industriel, toutefois, il importe de valider la configuration optimale de l'outil industriel pour coller à des solutions viables et pérennes d'élimination et/ou de valorisation de ces sédiments pollués et ce sur les différentes portions qui auront été mises en évidence au travers des cartographies effectuées par les organismes compétents, dont la DIREN (tous polluants concernés : métaux et organiques).</p>				
Programme de travail				
<p>Une fois que les sédiments ont été extraits de leur milieu au moyen de techniques de dragage, une opération de pré-traitement s'avère utile pour réduire ces volumes par déshydratation.</p> <p>Préalablement à cette étape de déshydratation, des étapes de tri granulométrique sous eau peuvent s'avérer très intéressantes pour extraire des fractions de type graviers ou sables valorisables et concentrer les polluants (PCB, organiques et métalliques) sur les fractions les plus fines pour les orienter vers des filières de valorisation ou d'élimination. En effet, la littérature met en évidence que les polluants organiques et métalliques sont préférentiellement adsorbés sur les particules fines (<63µm) et qu'une coupure granulométrique à ce seuil rend possible les solutions de valorisation des fractions 'propres', situées au-delà de 63 µm.</p> <p>Outre le domaine des sédiments pollués, ces technologies de tri sont applicables aux domaines des boues industrielles, des boues de curage des bassins d'autoroute et des terres polluées qui constituent des marchés potentiels d'application.</p> <p>Cette action, qui a pour vocation la qualification d'une technologie de tri granulométrique adaptée à des solutions (innovantes) de valorisation des fractions propres, et le transfert de technologie de type attrition au domaine des sédiments pollués pour permettre la valorisation des sables (technologie issue du monde des carrières, polluants organiques et métalliques), sera poursuivie sur un programme de travail constitué de 9 tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tâche 6.1 - Réalisation d'un état de l'art des technologies existantes (benchmark) ⇒ Tâche 6.2. Bilan des données disponibles et élaboration des scénarii de zonage et d'études ⇒ Tâche 6.3 - Prélèvement et caractérisation des échantillons au laboratoire ⇒ Tâche 6.4 - Tests d'orientation en laboratoire ⇒ Tâche 6.5. Prélèvement des échantillons pour les essais pilote (2 opérations de dragage) ⇒ Tâche 6.6 - Essais pilotes sur la plateforme industrielle SEDIRHÔNE ⇒ Tâche 6.7- Caractérisation des sortants (eaux, déchets, matériaux) ⇒ Tâche 6.8 - Validation des scénarii d'élimination et/ou de valorisation des sortants ⇒ Tâche 6.9 – Validation du pilote industriel 				

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **transfert de technologie et innovation**

- Descriptif de l'état de l'art :

Les technologies de séparation et de déshydratation existent mais il est important de les comparer et de définir les configurations les plus pertinentes pour les sédiments du Rhône.

Pour cela, il est nécessaire d'effectuer des caractérisations de laboratoire (granulométrie, granulochimie), suivies d'essais à l'échelle pilote industriel qui permettent de valider l'outil.

Couplé à cet outil de tri granulométrique, ce projet a également pour ambition de tester des solutions innovantes de dépollution des matrices au moyen d'adsorbants en Polypropylène qui piègent les polluants organiques. Ce procédé est celui de la société NATURAM technologies qui est partenaire sous-traitant du projet. Ces essais d'adsorption auront lieu à la fois sur les matrices solides et sur les effluents liquides issus du tri granulométrique et qui se seront potentiellement chargés de polluants organiques.

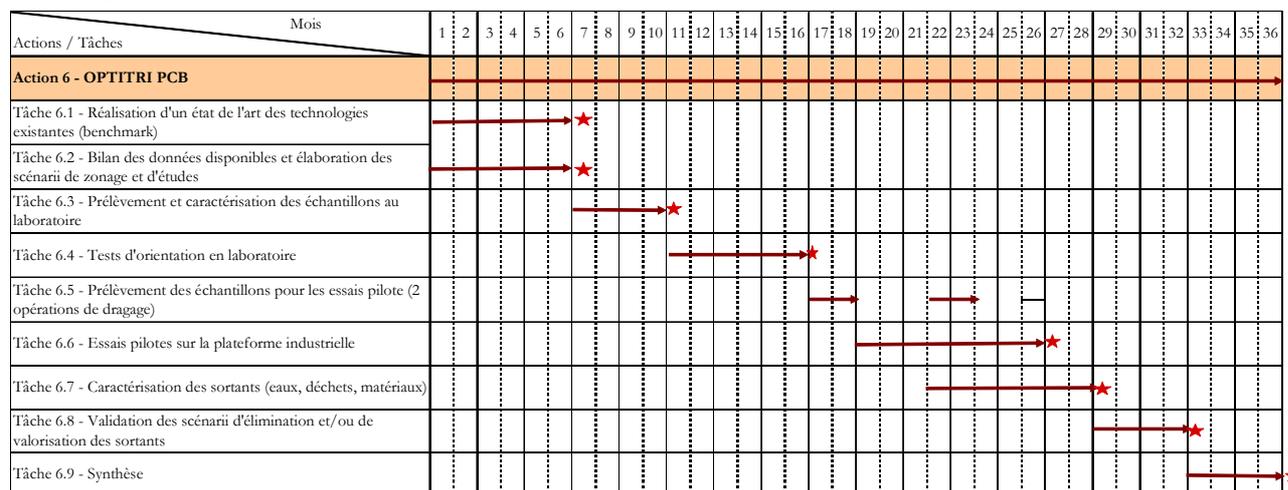
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)

- Livrables :

- Produit : Nouvelle « **Filière de Traitement** », avec un pilote industriel validé, pour prétraiter les sédiments et pour rendre efficace et pérenne les solutions de valorisation et d'élimination.
- Service : Nouvelle « **Offre de Service** », s'appuyant sur la filière développée.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 6 - OPTITRI PCB						
Tâche 6.1 - Réalisation d'un état de l'art des technologies existantes (benchmark)	L 6.1-1			SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M6
Tâche 6.2. Bilan des données disponibles et élaboration des scénarii de zonage et d'études	L 6.2-1	Protocoles d'essais		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M6
Tâche 6.3 - Prélèvement et caractérisation des échantillons au laboratoire	L 6.3-1	Résultats des analyses laboratoire		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M6
Tâche 6.4 - Tests d'orientation en laboratoire	L 6.4-1	Rapport d'essais		BRGM	Solene TOUZE	M16
Tâche 6.5. Prélèvement des échantillons pour les essais pilote (2 opérations de dragage)						
Tâche 6.6 - Essais pilotes sur la plateforme industrielle	L 6.6-1	Compte-rendu d'essai		SITA FD/SITA Remediation	Guillaume LOUCHEZ Jean-Yves RICHARD	M18
Tâche 6.7- Caractérisation des sortants (eaux, déchets, matériaux)	L 6.7-1	Résultats de caractérisations des sortants		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M23
Tâche 6.8 - Validation des scénarii d'élimination et/ou de valorisation des sortants	L 6.8-1	Etude technico-économique de l'application des solutions de 'criblages' aux sédiments du Rhône		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M32
Tâche 6.9 - Synthèse	L 6.9-1	Synthèse du projet	P	SITA France SITA FD	Laurent GALTIER Guillaume LOUCHEZ	M36

Action 7 SP3	PCB ECODEPOT Solution éco-compatible de mise en dépôt de sédiments pollués		In / Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires				
SITA (SITA-FD)	BRGM	INSA Lyon			
Descriptif de l'action					
<p>De nombreux cours d'eau se trouvent exposés à une pollution des sédiments, par rejets d'activités industrielles et urbaines, contenant des substances émergentes tels que les PCB et autres polluants organiques et métalliques, à des degrés de concentrations diverses. Une des solutions de gestion des sédiments pollués consiste à confiner, à plus ou moins long terme, les sédiments dragués et/ou pré-traités. Afin de réaliser des sites respectueux de l'environnement, nous étudierons plusieurs aspects de cette mise en dépôt en s'attachant à évaluer les solutions innovantes pour ce secteur par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'évaluation de l'utilisation de matériaux drainant pour permettre la déshydratation des sédiments avant leur mise en site de dépôt (TENCATE Geosynthetic), - La détermination de géomatériaux innovants pour confiner le site de dépôt : géomatériaux renforcés par des adjuvants organo-chimiques, qui présentent des propriétés d'absorption et de gonflement remarquables et durables liées à leurs caractéristiques microtexturales. Ils peuvent s'intégrer dans un processus curatif grâce à leurs propriétés hydro-chimiques : le géomatériau permet d'assurer un périmètre étanche empêchant le transfert entre le milieu contaminé et son environnement. Le terme « géomatériau » englobe les barrières constituées d'un sol, de caractéristiques mécaniques et hydromécaniques améliorées par ajout d'une argile spécifique, mais également les matériaux multicouches composés d'argiles gonflantes comprises entre deux éléments synthétiques. Nous proposons de caractériser finement ces composants pour des solutions environnementales et de les associer avec des matériaux organiques, comme les polymères, afin de : <ul style="list-style-type: none"> - maintenir leurs performances chemohydromécaniques, - parvenir à capter les polluants et assurer un périmètre étanche - empêcher ainsi un transfert entre le milieu contaminé et son environnement. - L'utilisation d'espèces végétales pour, à minima, stabiliser la partie supérieure du dépôt avec ou sans couverture. L'usage ultérieur du site étant notamment conditionné à l'absence de polluants disponibles (ex. poussières) sur les premiers horizons du sol. Le développement et la mise en œuvre d'une technique innovante par bioaugmentation (apport de micro-organismes) associée à la phytoremédiation pourrait en outre permettre de dépolluer le sédiment en vue de sa valorisation ultérieure. <p>L'objectif de cette action est de concevoir la méthodologie adaptée pour un confinement des sédiments pollués aux PCB (et autres polluants organiques et métalliques) dans un dépôt hors site. Les résultats des expérimentations en laboratoire et en échelle pilote, sur des sédiments du Rhône et avec les dispositifs de confinement proposés, conduiront à assurer les conditions sécuritaires et éco-compatible d'un stockage définitif ou provisoire, suivi de la valorisation potentielle des sédiments.</p>					
Programme de travail					
<p>Etudier le comportement des sédiments et sols pollués en laboratoire et mini pilote afin de prévoir le confinement et la mise en dépôt</p> <p>⇒ Tâche 7.1 - Réalisation d'un état de l'art des technologies existantes</p> <p>⇒ Tâche 7.2 - Etude du comportement des sédiments pollués du Rhône en dépôt (labo)</p> <p>Etudier l'utilisation de matériaux drainant pour permettre la déshydratation des sédiments dans des conditions technico-économiques compatibles au domaine des sédiments pollués (Geotubes)</p> <p>Développer des matériaux de confinement adaptés à la problématique de dépôt</p> <p>⇒ Tâche 7.3 - Essais sur les matériaux de confinement (labo + pilote labo)</p> <p>⇒ Tâche 7.4 - Réalisation des opérations de dragage</p>					

⇒ **Tâche 7.5 - Essais sur les techniques d'essorage des sédiments pour leur mise en dépôt (labo + pilote industriel)**

Etudier la faisabilité d'une couverture végétale du site à partir de plantes capables de fixer ou de traiter les polluants présents en surface du massif.

⇒ **Tâche 7.6 - Identification des espèces végétales appropriées à la couverture du dépôt (phytotechnologies) (biblio + labo + lysimètres)**

Mise en place de la nouvelle filière de traitement par confinement

⇒ **Tâche 7.7 - Bilan essais, définition du concept industriel : cahier des charges des pilotes industriels.**

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **transfert de technologie et innovation de rupture**

- Descriptif de l'état de l'art :

Transfert de technologies de matériaux drainant déjà utilisés aux Etats-Unis, au Canada et aux Pays-Bas pour la gestion de sédiments pollués.

Développement de nouveaux matériaux de confinement de sites de dépôt sur le territoire national, et développement d'une méthode de phytoremédiation éco-compatible et innovante (bioaugmentation – phytoremédiation), associant éventuellement des filières aval de valorisation énergétique (biomasse énergie)

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)

- Livrables :

- Produits : **3** nouvelles « **Filières de Traitement** » (faisabilité laboratoire validée) pour la mise en dépôt de sédiments pollués.
- Service : Nouvelle « **Offre de Service** », s'appuyant sur les 3 filières développées.

Planning des tâches :

Actions / Tâches	Mois																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Action 7 - PCB ECODEPOT	→																																				
Tâche 7.1 - Réalisation d'un état des technologies existantes (benchmark)							★																														
Tâche 7.2 - Etude du comportement des sédiments pollués du Rhône en dépôt (labo)						★																															
Tâche 7.3 - Essais sur les matériaux de confinement (labo + pilote labo)	→																																				
Tâche 7.4 - Réalisation des opérations de dragage																		→																			
Tâche 7.5 - Essais sur les techniques d'essorage des sédiments pour leur mise en dépôt (labo + pilote industriel)																				→																	★
Tâche 7.6 - Identification des espèces végétales appropriées à la couverture du dépôt (phytotechnologies) (biblio + labo + lysimètres)	→																																				
Tâche 7.7 - Bilan des essais et définition du concept industriel																																		→			★

Liste de livrables :

Actions / Tâches	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 7 - PCB ECODEPOT						
Tâche 7.1 - Réalisation d'un état des technologies existantes (benchmark)	L 7.1-1	Etat de l'art		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M6
Tâche 7.2 - Etude du comportement des sédiments pollués du Rhône en dépôt (labo)	L 7.2-1	Résultats de caractérisation des sédiments		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M6
Tâche 7.3 - Essais sur les matériaux de confinement (labo + pilote labo)	L 7.3-1	Résultats des essais géomatériaux		INSA	Irini DJERAN MAIGRE	M36
Tâche 7.4 - Réalisation des opérations de dragage						
Tâche 7.5 - Essais sur les techniques d'essorage des sédiments pour leur mise en dépôt (labo + pilote industriel)	L 7.5-1	Synthèse des essais GEOTUBES		SITA FD	Guillaume LOUCHEZ	M32
Tâche 7.6 - Identification des espèces végétales appropriées à la couverture du dépôt (phytotechnologies) (biblio + labo + lysimètres)	L 7.6-1	Synthèse des essais Phytotechnologies		BRGM	Philippe BATAILLARD	M6 (état de l'art) M36
Tâche 7.7 - Bilan des essais et définition du concept industriel	L 7.7-1	Synthèse du projet	P	SITA FD SITA France	Guillaume LOUCHEZ Laurent GALTIER	M36

Action 8 SP3	STAB PCB Développement de technologies de stabilisation / solidification		In / Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires				
SITA (SITA FD)	CNRS (IRCE LYON)	RECUPYL			
Descriptif de l'action					
<p>Faisant suite à des activités industrielles anciennes, un certain nombre de cours d'eau sont aujourd'hui touchés par une pollution des sédiments par des PCB et divers composés organiques, mais aussi certains polluants métalliques, à des degrés divers de concentration. Cette pollution touche également des sites industriels, à proximité de cours d'eau, pouvant être source de contamination dans le temps.</p> <p>Pour limiter les coûts et les risques liés à une excavation, une des solutions envisageable est un traitement de la pollution in situ par stabilisation / solidification : ce type de technologie permet d'assurer la rétention des polluants et d'éviter leur mobilisation dans l'eau, tout en transformant le matériau traité en une matrice solide et peu perméable. Elle est particulièrement adaptée pour la gestion de points noirs, à proximité de sites industriels. Elle peut également être appliquée sur des sites de dépôts, assurant ainsi une sécurité active complémentaire aux dispositifs de confinement.</p> <p>Les technologies de stabilisation / solidification sont peu utilisées en France pour traiter des polluants organiques, alors qu'elles le sont plus largement aux Etats-Unis. Pouvant être mises en œuvre in situ, elles permettent de traiter rapidement des volumes importants, en évitant les risques de dispersion de pollution liées à une excavation.</p> <p>Il s'agit donc d'étudier dans cette action le développement de nouvelles filières adaptées pour des sédiments fortement pollués par des PCB, de préférence pour une mise en œuvre in situ, au travers d'essais laboratoire de mise au point, puis de valider la performance de ces filières à échelle pilote, notamment vis-à-vis de l'homogénéité de la zone traitée et de la rétention des polluants.</p> <p>En complément, des essais seront effectués pour évaluer la rétention d'éventuels autres composés organiques et métalliques (Cadmium, Mercure), ainsi que sur d'autres matrices (ex. sols pollués).</p>					
Programme de travail					
<p>L'objectif de cette action est de développer un procédé de stabilisation / solidification adapté aux sédiments et sols pollués, passant par :</p> <p>⇒ Tâche 8.1 – Coordination et pilotage de l'action</p> <p>⇒ Tâche 8.2 - Etat de l'art et spécifications générales</p> <p>Des essais de traitement en laboratoire sur des sédiments bruts, la fraction fine de sédiments (issue de procédés de criblage et concentrant à priori la pollution) et des sols pollués</p> <p>⇒ Tâche 8.3 - Essais en laboratoire</p> <p>Une étude approfondie de la rétention des polluants et de l'efficacité de différents adsorbants et autres réactifs dans ce dispositif, afin d'évaluer l'impact environnemental des résidus traités,</p> <p>Des essais pilotes permettant de définir des outils de mise en œuvre industrielle, de vérifier l'homogénéité de la zone traitée (dans le cas d'une mise en œuvre in situ) ainsi que l'obtention des caractéristiques recherchées en fonction du type de matériau traité et des objectifs de rétention de polluants.</p> <p>⇒ Tâche 8.4 - Définition de matériel et essais pilotes</p> <p>⇒ Tâche 8.5 - Suivi du plot d'essais et évaluation des performances</p> <p>⇒ Tâche 8.6 - Evaluation finale du projet et optimisation de l'application industrielle</p>					

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation**

- Descriptif de l'état de l'art :

Une innovation pour les technologies de stabilisation / solidification, déjà appliquées pour le traitement de pollutions minérales, mais très peu pour le traitement de pollutions organiques, et tout spécifiquement des micropolluants,

Une innovation pour la méthodologie d'évaluation de l'efficacité de ce type de traitement appliqué aux PCB et autres polluants organiques et pour la méthodologie de contrôle in situ

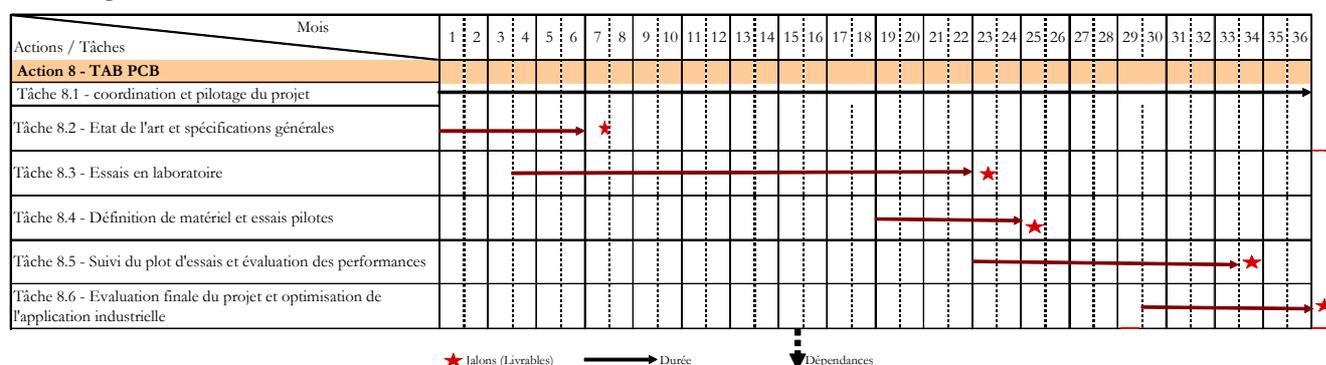
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Service (S)

- Livrables :

- Produit : Nouveau « **Procédé de Traitement par stabilisation/solidification** » (pilote industriel validé) de sédiments et sols pollués par des PCB et autres polluants.
- Service : Nouvelle « **Offre de Service** », s'appuyant sur le procédé développé.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 8 - STAB PCB						
Tâche 8.1 - coordination et pilotage du projet	L.8.1-1			SITA France (DGP) SITA FD INERTEC	L. Galtier G. Louchez MC Magnié	
Tâche 8.2 - Etat de l'art et spécifications générales	L.8.2-1	Etat de l'art sur les techniques de traitement		INERTEC	MC Magnié	M6
	L.8.2-2	Etat de l'art sur les méthodes de contrôle		EDG	P. Frappin	M6
Tâche 8.3 - Essais en laboratoire	L. 8.3-1	Méthodologie d'évaluation laboratoire		RECUPYL	I. Desmuée	M20
	L. 8.3-2	Synthèse des résultats		INERTEC	MC Magnié	M22
Tâche 8.4 - Définition de matériel et essais pilotes	L. 8.4-1	Descriptif et plan d'installation		ACOM Sorace Eng	L. Sorace	M 22
	L. 8.4-2	Protocole d'essais		INERTEC	MC Magnié	M 22
Tâche 8.5 - Suivi du plot d'essais et évaluation des performances	L. 8.5-1	Compte-rendu d'essais		INERTEC	MC Magnié	M 33
Tâche 8.6 - Evaluation finale du projet et optimisation de l'application industrielle	L. 8.6-1	Méthodologie d'évaluation	M	IRCELYON	C. Morlay	M 33
	L. 8.6-2	Méthodologie de contrôle in situ	S	EDG	P. Frappin	M33
	L. 8.6-3	Etude technico-économique	P	INERTEC	MC Magnié	M36

Action 9 SP3	PCB SEDICA Traitement des sédiments pollués par les PCB et autres polluants par la mise en œuvre de charbon actif, couplée à des techniques de tri granulométrique des matériaux			In / Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires					
CNRS - Université Lyon 1 (IRCELYON)	EXTRACT ECOTERRES	SOLETANCE BACHY	BRGM			
Descriptif de l'action						
<p>Le traitement proposé fait appel à la conception et la mise au point d'un procédé innovant de dépollution des sédiments aquatiques contaminés par les PCB basé sur l'utilisation de charbons actifs, qui sont de puissants adsorbants des polluants organiques, particulièrement efficaces pour les composés aromatiques, hydrophobes et lorsque les polluants sont présents à l'état de traces (très faibles concentrations), ce qui correspond particulièrement au cas des PCB dans les sédiments aquatiques. Le traitement proposé s'adresse également à d'autres familles de polluants, de nature organique (HAP, POP, solvants chlorés, pesticides ...) ou inorganique (métalloïdes, espèces métalliques : cations de métaux lourds). L'élimination ultime des polluants concentrés sur le charbon actif est rendue possible par l'incinération de l'adsorbant <i>in fine</i> dans les installations industrielles déjà existantes et sécurisées pour la destruction des PCB.</p> <p>En parallèle de cette action purement physico-chimique, certains charbons actifs sont de très bons supports de colonisation qui favorisent le développement des bactéries (formation d'un biofilm à la surface du charbon actif). Ainsi, il est envisagé d'utiliser cette propriété dans le but de sélectionner des souches naturelles autochtones capables de dégrader les PCB (et d'autres polluants) et de réaliser ainsi l'élimination <i>in situ</i> des PCB concentrés sur le charbon actif. Le développement de biomasse bactérienne (biofilm) à la surface du charbon actif sera observé dans le but d'étudier l'existence d'une possible synergie entre les actions physico-chimique et biologique.</p> <p>Selon le cas, le traitement, consistant à mettre en contact le charbon actif avec le sédiment à dépolluer, pourra être effectué <i>in situ</i> (pour les lacs, retenues d'eau, bras morts) ou sur site (sur la berge des cours d'eau et estuaires). Dans ce dernier cas, le procédé proposé est destiné à s'inscrire dans une nouvelle filière de traitement comprenant : un pré-traitement pour séparer la fraction la plus polluée des sédiments par tri granulométrique et un post-traitement pour séparer le charbon actif concentré en polluants du sédiment décontaminé. Le sédiment correctement dépollué est alors destiné à être restitué à son milieu naturel d'origine, le traitement par charbon actif ne générant pas de sous-produit.</p> <p>Enfin, il est envisageable d'étendre le champ d'application de ce procédé de décontamination par mise en contact avec des charbons actifs au traitement de sols pollués par les PCB et d'autres polluants.</p>						
Programme de travail						
⇒ Tâche 9.1 - Etat de l'art et définition des spécifications générales						
- Etat de l'art sur les nouveaux procédés et les nouvelles filières proposés						
- Cahier des charges pour les études et essais portant sur la caractérisation et la séparation granulométrique des sédiments						
⇒ Tâche 9.2 – Essais en laboratoire						
Etudes de conception et mise au point du procédé en laboratoire, en statique pour la mise en œuvre <i>in situ</i> et en dynamique pour la mise en œuvre sur site (sur berge).						
- Traitement physico-chimique par charbon actif seul (IRCELYON)						
- Traitement combiné : physico-chimique + biologique (biofilm sur charbon actif) (IRCELYON et BRGM)						
- Essais de séparation granulométrique en laboratoire (Soletanche-Bachy)						
⇒ Tâche 9.3 – Essais pilotes et essais industriels sur site						
Association du procédé charbon actif à des techniques de tri granulométrique dans le but, en amont, d'isoler la matrice impactée par les polluants et, en aval, de séparer le charbon actif concentré en polluants des sédiments traités. Les techniques séparatives concernées sont : criblage, tamisage (ExtractEcoterres) et flottation (Soletanche-Bachy). Les essais pilotes à l'échelle pré-industrielle (Soletanche-Bachy) et industrielle						

(ExtractEcoterres) seront prévus et organisés sur site réel à partir des résultats obtenus en laboratoire (IRCELYON et BRGM) après une caractérisation et une analyse granulométrique poussées des sédiments étudiés (IRCELYON). Ils auront pour but d'ajuster les conditions opératoires de traitement de façon à valider la filière à l'échelle pré-industrielle ou industrielle (50 à 200 m³ de sédiments traités lors d'un essai).

- Pilote pré-industriel - séparation aval
- Essais industriels sur site - filière complète

⇒ **Tâche 9.4 – Bilan de l'action** et préconisation des conditions de traitement à l'échelle industrielle

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation de rupture**
- Descriptif de l'état de l'art :

Le procédé visé permet de traiter les PCB *in situ* ou sur site. L'état de l'art fait ressortir i) des points forts particulièrement marqués en ce qui concerne le caractère innovant, la performance et le potentiel de ce procédé et ii) des points particulièrement faibles en ce qui concerne le nombre de publications scientifiques sur le sujet, le développement technologique, l'âge des brevets (2 brevets seulement) et l'industrialisation (un seul pilote pré-industriel identifié à ce jour). L'association charbon actif-biofilm bactérien constitue également une innovation de rupture et permettrait d'atteindre l'élimination des PCB *in situ*.

Pour ce qui est des techniques séparatives appliquées tout particulièrement à la séparation charbon actif-sédiments, i) une innovation incrémentale sera réalisée en ce qui concerne les procédés de tri granulométrique par criblage et tamisage et ii) une innovation de rupture sera obtenue par la mise en œuvre de la flottation.

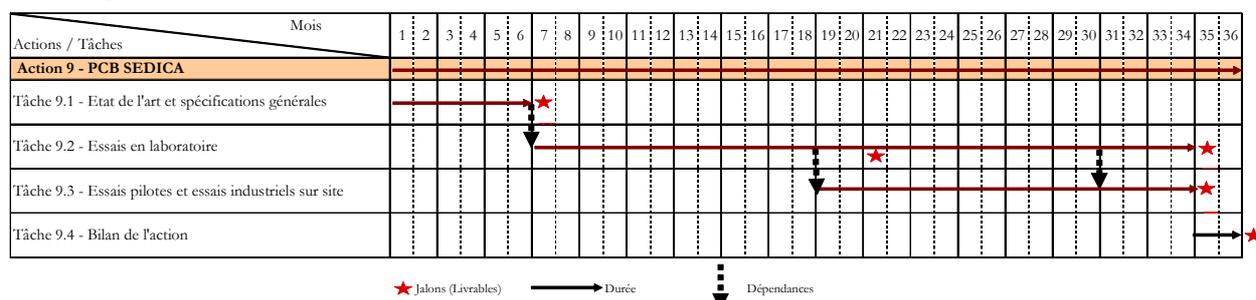
La coordonnatrice de l'action PCB-SEDICA est la secrétaire nationale de la société savante GFEC (Groupe Français d'Etude des Carbones) qui organise le congrès mondial « Carbon 2009 » à Biarritz et fait partie du Comité de Pilotage du congrès « Matériaux 2010 » organisé par la FFM (Fédération Française des Matériaux). Enfin, il est prévu de contacter l'Université de Stanford (USA), spécialiste dans ce domaine.

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Méthodes (M)
- Livrables :

- Produits : 1 Nouveau « **procédé de dépollution par mise en contact avec un charbon actif** », 1 Nouveau « **procédé de séparation par flottation** » et 1 « **Nouvelle filière de traitement originale permettant l'élimination des PCB présents dans les sédiments soit *in situ* soit sur site** » (2 pilotes, pré-industriel et industriel, validés).
- Méthode : Nouveau « **Guide de Bonne Exploitation** d'un produit charbon actif ou d'un ensemble de produits ».
- Services : Nouvelles « **Offres de Service** », s'appuyant sur les procédés développés.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 9 - PCB SEDICA						
Tâche 9.1	L.9.1-1	Nouveaux procédés, Nouveau réactif biologique, Nouvelles filières de traitement - Etat de l'art	P	IRCELYON	Catherine Morlay	M6
	L.9.1-2	Nouveau procédé - Cahier des charges pour les études et essais portant sur la caractérisation et la séparation granulométrique des sédiments	P	IRCELYON	Catherine Morlay	M6
Tâche 9.2	L.9.2-1	Nouveau procédé - Faisabilité laboratoire validée	P	IRCELYON	Catherine Morlay	M34
	L.9.2-2	Nouveau procédé - Faisabilité laboratoire validée	P	BRGM	Fabienne Battaglia-Brunet	M34
	L.9.2-3	Nouveau procédé - Faisabilité laboratoire validée	P	SOLETANCHE BACHY	Annette Esnault Filet	M20
Tâche 9.3	L.9.3-1	Nouveau procédé - Faisabilité pilote pré-industriel validée	P	SOLETANCHE BACHY	Christian Ile	M34
	L.9.3-2	Nouvelle filière de traitement - Pilote industriel validé	P	EXTRACT ECOTERRRES	Caroline Merlin	M34
Tâche 9.4	L.9.4-1	Guide de bonne exploitation d'un produit ou d'un ensemble de produits	M	IRCELYON	Catherine Morlay	M36

Action 10 SP3	FUNGI EAT PCB Caractérisation et utilisation des performances métaboliques de champignons saprophytes du sol pour la dégradation des PCB			In / Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur		Partenaires				
CNRS (LECA-Grenoble)		SERPOL	INSA Lyon	CNRS (CEA – Grenoble)		
Descriptif de l'action						
<p>La pollution des sites par des PCB pose un réel problème de toxicité en raison de la propagation de ces molécules dans l'environnement et leur transfert dans les nappes phréatiques et dans la chaîne alimentaire. L'action FungiEat PCB propose une étude pilote de bioremédiation fongique. En effet, l'une des particularités des champignons est la capacité de produire des enzymes ligninolytiques peu spécifiques qui assurent un grand nombre de réactions chimiques sur des xénobiotiques polluants de structures chimiques variées y compris les plus chlorés comme les PCB, ce qui permettrait de s'affranchir de l'étape préalable de déchloration en milieu anaérobie difficilement applicable sur le terrain. La quasi-totalité des études sur la bioremédiation fongique est limitée aux souches modèles : <i>Phanerochaete</i>, <i>Pleurotus</i>. Ainsi, nous proposons des stratégies de restauration en utilisant des ressources fongiques adaptables aux sites pollués. De plus, l'élimination de ces souches après remédiation est d'implémentation simple.</p> <p>Ce projet vise à étudier les capacités des champignons saprophytes du sol dans la dépollution des sites industriels contaminés par du PCB. Cette étude aura un double intérêt. Sur le plan fondamental, nous proposons de rechercher des mécanismes impliqués dans la dégradation de PCB par la mise en évidence des enzymes ligninolytiques décrites ainsi que par la recherche d'autres systèmes enzymatiques produits dans d'autres compartiments cellulaires. Cette étude sera complétée par la recherche des systèmes d'adaptation mis en place par ces champignons en réponse à la présence de ces composés toxiques. Du point de vue appliqué, nous envisageons d'étudier les paramètres de biodégradation optimale pour les souches fongiques, d'améliorer les performances métaboliques de ces souches par des outils de génomique mitochondriale. Des expériences dans des micro- et mésocosmes et sites industriels pilote seront réalisées et devraient permettre l'utilisation des souches fongiques à grande échelle pour une remédiation efficace et peu coûteuse sur le terrain.</p>						
Programme de travail						
<p>Notre démarche a pour objectif d'apporter des propositions de remédiation d'espaces dégradés par des PCB. Cette démarche s'articule autour de 4 axes :</p> <p>Sélection des souches fongiques isolées à partir de sols contaminés aux PCB</p> <p>⇒ Tâche 10.1 - Etat de l'art détaillé</p> <p>⇒ Tâche 10.2- Prélèvement et caractérisations chimique et microbiologique</p> <p>Etude des mécanismes physiologiques à l'origine de la dégradation des PCB par des champignons telluriques</p> <p>⇒ Tâche 10.3 - Caractérisations moléculaires et criblage enzymatique pour sélection des champignons performants</p> <p>⇒ Tâche 10.4 - Tests de biodégradation des PCB en milieu liquide</p> <p>⇒ Tâche 10.5 - Identification de sous-produits d'oxydation des PCB et isolement de bactéries capables de les minéraliser</p> <p>Définition des conditions optimales de biodégradation de ces composés toxiques y compris la synergie avec des bactéries telluriques (CEA Grenoble)</p> <p>⇒ Tâche 10.6 - Amélioration des souches performantes</p> <p>⇒ Tâche 10.7 - Essais en pilote laboratoire en conditions contrôlées (microcosmes) et suivi des communautés microbiennes</p> <p>Utilisation de ces champignons à grande échelle pour la dépollution de l'environnement.</p> <p>⇒ Tâche 10.8 - Application à grande échelle, pilote industriel et suivi des communautés microbiennes</p>						

Nous disposons dès à présent de 70 souches isolées d'un site pollué par des composés organiques chlorés, ainsi que d'un plateau de suivi des traceurs radioactifs et marqueurs moléculaires. Des expériences dans des micro- et mésocosmes seront réalisées. Les essais de biodégradation des PCBs sur des sols et des boues contaminés seront conduits sur la plate-forme EEDEMS (INSA). L'ensemble des résultats aboutira au développement d'un pilote industriel de traitement sur un site pollué en s'appuyant sur le savoir-faire de SERPOL.

Caractère innovant :

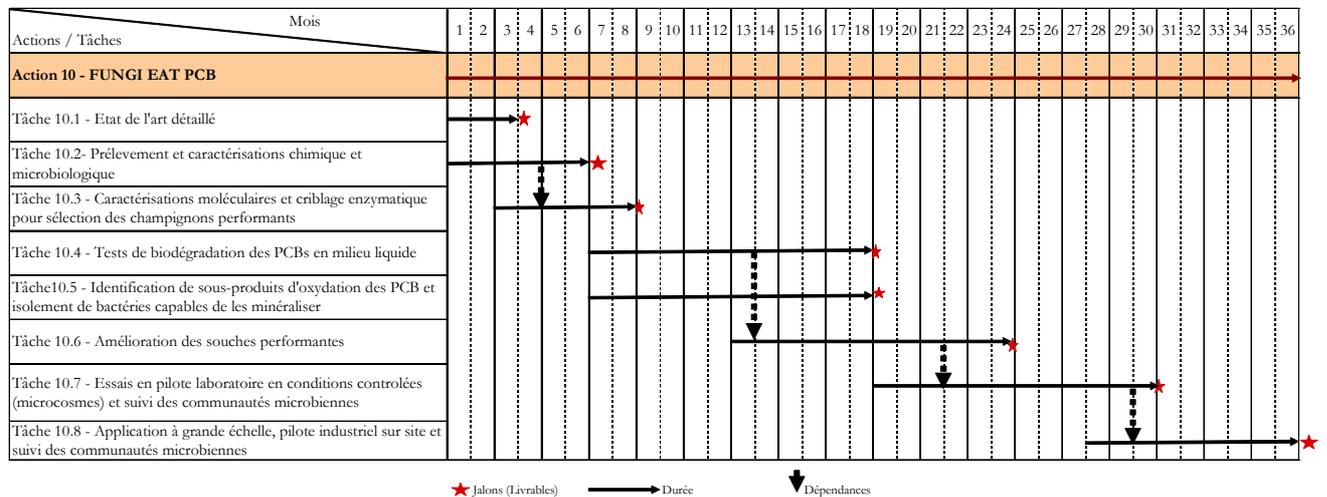
- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation de rupture**
- Descriptif de l'état de l'art :

Les champignons ont la capacité de se développer dans des milieux contenant des teneurs élevées en PCB. Ces composés sont dégradés et/ou minéralisés après une étape réductrice de déchloration aérobie grâce à une nitrate réductase fongique. La capacité de remédiation des PCBs est étudiée chez des champignons du genre *Phanerochaete* pour lesquels un système a été établi à l'échelle du laboratoire capable de transformer environ 90% des PCB. La stratégie vise à franchir l'étape du laboratoire en utilisant un complexe de champignons du sol, encore inexplorés, possédant des activités ligninolytiques et d'oxydo-réduction et capables de s'adapter aux conditions environnementales sans perturber l'équilibre de l'écosystème. De plus, les mitochondries constituant la machinerie énergétique cellulaire, les performances métaboliques des souches dans la dégradation des PCB, leur croissance et leur fructification seront améliorées en ciblant les gènes ou des réarrangements mitochondriaux.

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P), Services (S)
- Livrables :
 - Produits : 1 Nouveau «**Produit Souches Fongiques**» performantes dans la remédiation des PCB et 1 Nouvelle «**Filière de Traitement**» (Pilote industriel validé), basée sur les souches fongiques
 - Service : Nouvelle «**Offre de Service**», s'appuyant sur la filière de traitement développée.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 10 - FUNGI EAT PCB						
Tâche 10.1	L10.1-1	Etat de l'art détaillé	P	LECA4	Roberto Geremia	M3
Tâche 10.2	L10.2-1	Souches fongiques résistantes aux PCBs	P	LECA/SERPOL	Roberto Geremia	M6
Tâche 10.3	L10.3-1	Souches fongiques identifiées	P	LECA	Roberto Geremia	M8
Tâche 10.4	L10.4-1	Souches fongiques minéralisant les PCBs	P	LECA	Roberto Geremia	M18
Tâche 10.5	L10.5-1	Sous produits de dégradation identifiés	M	CEA/LECA	Yves Jouanneau	M18
	L10.5-2	Bactéries dégradant les sous-produits d'oxydation des PCB	P	CEA		M18
Tâche 10.6	L10.6-1	Souches fongiques performantes dans la remédiation des PCBs	P	LECA	Roberto Geremia	M24
Tâche 10.7	L10.7-1	Procédé de bioremédiation fongique	M	INSA	Mohamed Abdelghafour	M30
Tâche 10.8	L10.8-1	Pilote bioremédiation sur sites industriels	S	SERPOL	Alain Dumestre	M36

Action 11 SP3	PCB ECOBIOREMEDIATION Renforcement des capacités de biodégradation des PCB par des souches microbiennes améliorées par Evolution Dirigée <i>in vivo</i>				In / Ex situ	Durée	M1-M27
Coordinateur	Partenaires						
ECO SOLUTION	BRGM						
Descriptif de l'action							
<ul style="list-style-type: none"> • Un grand nombre de polluants issus de l'activité industrielle récente et libérés dans l'environnement disparaissent du fait des mécanismes naturels de biodégradation qui sont en grande partie imputables aux microflores de l'environnement. • Ces activités nouvelles de biodégradation apparaissent au cours du temps au sein des populations microbiennes exposées à ces contaminants. Les mécanismes à l'origine de ces phénomènes d'adaptations évolutives sont connus, ils font cependant appel à la conjonction d'un grand nombre de facteurs et ne se sont pas produits pour un certain nombre de molécules complexes comme les polychlorobiphényles, qui s'accumulent aujourd'hui dans les organismes vivants le long de la chaîne alimentaire. • Les solutions de remédiation mobilisées pour le traitement des pollutions localisées (excavation des matrices contaminées et traitement sur plateformes spécialisées) ne sont pas toujours suffisantes pour répondre à la problématique des PCB du fait de la dimension géographique des zones à traiter et des risques de diffusion de la pollution le long du réseau hydrographique. <p>La persistance dans les milieux naturels de molécules toxiques comme les PCB découle également de l'incapacité des flores microbiennes naturelles à prendre en charge efficacement la dégradation de ces molécules.</p> <p>Le programme proposé vise à rendre aux écosystèmes contaminés les outils biologiques qui leur permettront de prendre en charge eux même la biodégradation des molécules de PCB, comme c'est le cas aujourd'hui pour un grand nombre de molécules que l'industrie chimique a produit et libéré dans l'environnement. L'action vise à l'implantation systématique au sein des écosystèmes contaminés de flores microbiennes qui auront été dotées du savoir-faire métabolique nécessaire pour conduire la biodégradation des PCB et des caractéristiques de robustesse suffisantes pour maintenir leur population au sein des environnements naturels à traiter.</p> <p>Les outils scientifiques mobilisés pour l'amélioration des flores microbiennes sont basés sur l'orientation des processus naturels d'évolution. L'évolution dirigée <i>in vivo</i> ne conduit pas à l'obtention d'organismes génétiquement modifiés (OGM) et représente donc l'unique alternative au génie génétique pour obtenir les caractéristiques métaboliques souhaitées.</p>							
Programme de travail							
<p>L'objectif de ce programme est la disparition progressive des PCB accumulés dans les sédiments des cours d'eau par élimination biologique <i>in situ</i>.</p> <p>Ce programme repose sur le développement du portefeuille de souches microbiennes adaptées à cet enjeu.</p> <p>⇒ Tâche 11.1 - Constitution du soucier anaérobie (souches isolées, consortium)</p> <p>Les outils scientifiques mobilisés pour cette étape sont connus sous le nom d'Evolution Dirigée <i>in vivo</i> (approche non OGM) et se basent sur la reproduction maîtrisée en laboratoire des mécanismes naturels d'évolution adaptative de micro-organismes.</p> <p>La capacité de ce consortium adapté à dégrader les PCB sera évaluée au laboratoire. Cette phase du travail utilisera des moyens techniques similaires à ceux mis en œuvre dans le projet « OSCARh : Organiques dans les Sédiments : analyse et modélisation du Comportement Application au Rhône ». Au cours de cette phase, les conditions optimales de traitement seront déterminées. Un monitoring biologique et des performances de dégradation des PCB seront mis en place tout au long de la phase de validation à l'échelle laboratoire.</p>							

- ⇒ **Tâche 11.2 - Tests d'activité sur PCB ou analogues et constitution du ou des consortiums sur critères de performances**
 - ⇒ **Tâche 11.3 - Evolution Dirigée in vivo, méthodes de monitoring biologique**
 - ⇒ **Tâche 11.4 - Validation des performances sur pilote de laboratoire**
- Ces outils de suivi pourront être utilisés à l'échelle industrielle.
- ⇒ **Tâche 11.5 - Design de la solution industrielle et cahier des charges pilote**

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation de rupture**
- Descriptif de l'état de l'art :

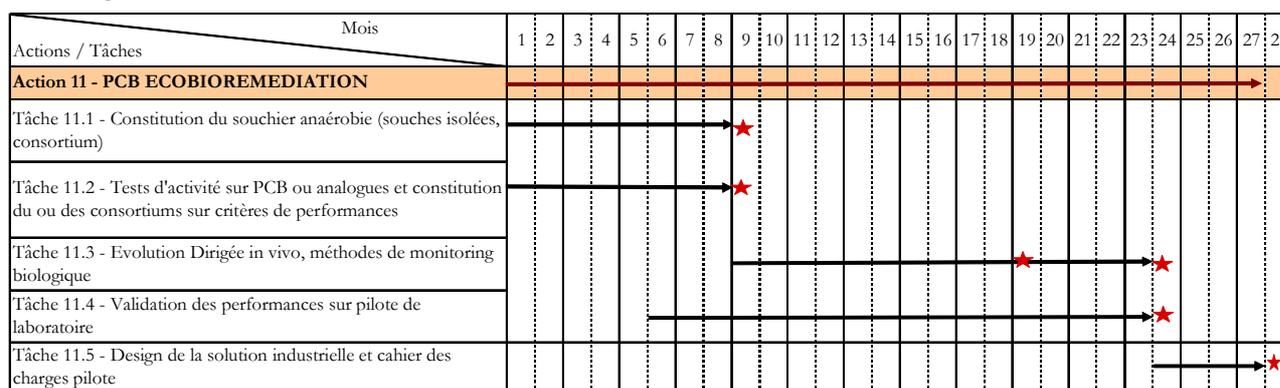
Procédé de remédiation biologique *in situ* de sédiments contaminés par des PCB, économique et respectueux de l'environnement qui repose sur l'utilisation de microorganismes anaérobies dont les performances métaboliques de dégradation des PCB sont améliorées par Evolution Dirigée *in vivo*.

Ce type de procédé, nommé bio-augmentation (bio-traitement par ajout de bactéries sélectionnées et actives), est prometteur pour le traitement des sédiments pollués par des PCB (Winchell et Novak, 2008). Le développement et la simulation au laboratoire du traitement in-situ par bio-augmentation seront mis en œuvre dans un dispositif expérimental (colonnes) mis au point par le BRGM afin d'étudier la dynamique des transferts de polluants du compartiment sédimentaire vers la colonne d'eau. A partir d'échantillons de sédiments et d'eau prélevés sur site, ce dispositif permet de reproduire à l'échelle du laboratoire les conditions rencontrées *in situ* et de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et biogéochimiques au cours de phénomènes de dépôt, de remise en suspension ou de consolidation des sédiments (Bataillard et al., 2008).

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services(S)
- Livrables :
 - Produit : Nouvelle « **Filière de traitement** », validée en pilote laboratoire, intégrant un portefeuille de souches microbiennes aux caractéristiques améliorées (par Evolution Dirigée *in vivo*) validées vis-à-vis de leur capacité de prolifération en milieu contaminé et de la dégradation des molécules de PCB.
 - Service : Nouvelle « **Offre de Service** » de fourniture de ces souches microbiennes.

Planning des tâches :



★ Livrables

Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 11 - PCB ECOBIOREMEDIATION						
Tâche 11.1	L11.1-1	Souchier	P	ECO-SOLUTION	MARC LANGE	M8
Tâche 11.2	L11.2-1	Performances initiales de dégradation des consortiums	S	ECO-SOLUTION	MARC LANGE	M8
Tâche 11.3	L11.3-1	Portefeuille de souches améliorées	P	ECO-SOLUTION	MARC LANGE	M18
	L11.3-2	Monitoring biologique	S	BRGM	FABIENNE BATTAGLIA	M23
Tâche 11.4	L11.4-1	Faisabilité laboratoire : Performances validées	S	BRGM	FABIENNE BATTAGLIA	M23
Tâche 11.5	L11.5-1	Design de la solution industrielle et cahier des charges (pilote industriel)	M	TOURNAUD	THIERRY MOREL	M27

Action 12 SP3	BIODECHLOR PCB Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB.	Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
SITA (SITA Remediation)	INSA Lyon			
Descriptif de l'action				
<p>Aujourd'hui, pour les PCB, le seuil de 50 mg/kg marque fortement la réglementation Française des sites et sols pollués. Ce seuil est la valeur maximale d'acceptation en centre d'enfouissement technique (CET) de classe 1 et de classe 2 et en centre d'incinération et de co incinération (couvrant les installations de désorption thermique). La directive Européenne sur les décharges fixe à 1 mg/kg le seuil d'acceptation en CET3. Par ailleurs, il existe aujourd'hui très peu de solution pour le traitement des sols ou sédiments pollués à des concentrations supérieures à 50 mg/kg.</p> <p>Les PCB comme de nombreux polluants organiques fortement chlorés peuvent être déchlorés par des consortiums bactériens anaérobies.</p> <p>Les traitements biologiques présentent souvent un très bon rapport qualité/prix, car ils sont respectueux de l'environnement ; ils détruisent le polluant, ne génèrent donc pas de coût d'élimination ultérieur et utilisent souvent des produits de base peu coûteux (oxygène, dérivés de l'agroalimentaire, ...).</p> <p>Le développement d'un traitement biologique à l'échelle industrielle se heurte à 2 problèmes majeurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluation rapide des compétences de la microflore naturelle du déchet pour estimer rapidement la faisabilité du traitement. Ce problème est lié au manque de connaissance sur les communautés microbiennes impliquées dans le processus et au manque d'outils de diagnostic rapide (biologie moléculaire) - Procédé de mise en œuvre d'un biotertre « anaérobie » sous saturation partielle en eau. <p>L'objectif de cette action est de mettre au point un procédé biologique de traitement de sol/sédiment pollué par PCB. Les verrous technologiques à lever sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identification des facteurs clés du traitement dont le potentiel microbiologique du sédiment et sols et les paramètres d'environnement optimum pour le traitement biologique des PCB (redox, additifs, source de carbone, humidité, ...) - Conception d'une biopile hors sol permettant d'atteindre et de maintenir les conditions d'anaérobiose optimum pour le traitement biologique recherché <p>Ce projet permettra la mise au point d'un procédé simple et peu coûteux de sol et/ou sédiments pollués par PCB. Il sera directement transposable au traitement des sédiments du Rhône les plus fortement pollués (> 1mg/kg).</p>				
Programme de travail				
<p>L'objectif de l'action est de mettre au point un procédé de traitement biologique des sols/sédiments pollués par PCB en anaérobiose. Pour cela, nous visons les 3 objectifs suivants :</p> <p>1 – Evaluation rapide des compétences de la microflore indigène pour déchlorer les PCB ⇒ Tâche 12.3 - Benchmark - Analyse technico-économique</p> <p>2 – Mise au point d'un procédé simple permettant le maintien en anaérobiose du sédiment disposé en andain (et non saturé en eau) ⇒ Tâche 12.1 - Essais Pilote Laboratoire Biologique ⇒ Tâche 12.2 - Essais Pilote Physico-chimique ⇒ Tâche 12.4 - Application sur site ⇒ Tâche 12.5 - Rapport final et documents contractuels</p> <p>3 – Le coût de traitement à la tonne devra être compétitif par rapport aux filières actuelles ⇒ Tâche 12.3 - Benchmark - Analyse technico-économique</p>				

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation de rupture**

- Descriptif de l'état de l'art :

Le projet vise à associer des compétences en biologie moléculaire, microbiologie, génie des procédés et géotechnique pour développer le nouveau procédé attendu.

Les PCB les plus fortement chlorés sont biodégradables en anaérobiose, condition permettant leur déchloration (remplacement des chlores par les hydrogènes). Lorsqu'ils sont plus faiblement chlorés (mono et dichlorobiphényle), ils peuvent être totalement biodégradés par de nombreux microorganismes telluriques en présence d'oxygène moléculaire (en aérobiose). Ces deux phénomènes biologiques ont été observés dans l'environnement, mais n'ont jamais encore été valorisés sous forme d'un procédé de traitement ex situ.

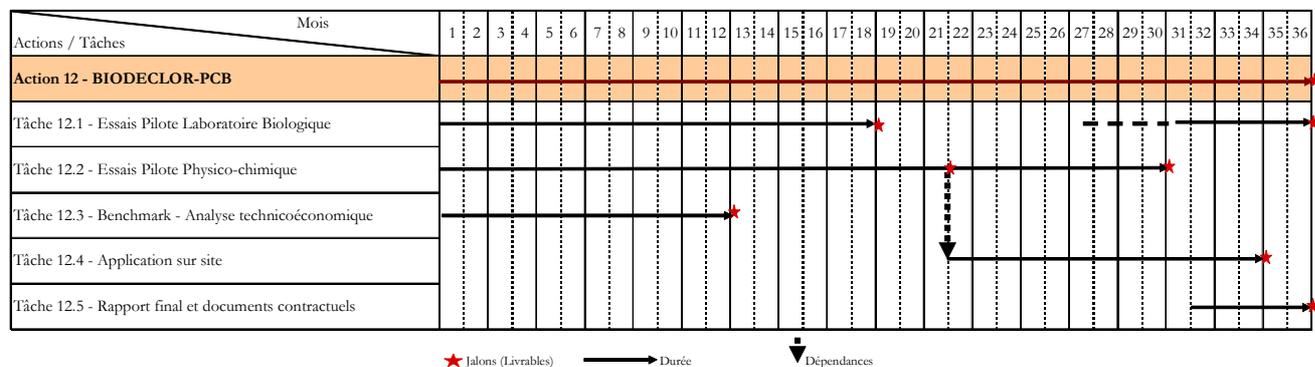
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)

- Livrables :

- Produit : Nouveau « **Procédé de dépollution biologique** » des sols et sédiments contaminés par les PCB, avec un pilote industriel validé.
- Service : Nouvelle « **Offre de Service** », s'appuyant sur le procédé développé.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 12 - BIODECLOR-PCB						
Tâche 12.1	L.12.1-1	Rapport d'essais sur le pilote laboratoire	P	Ecole Centrale Lyon	Pr. Timothy M. VOGEL	M18
	L.12.1-2	Guide de suivi biologique du procédé	M	Ecole Centrale Lyon	Pr. Timothy M. VOGEL	M36
Tâche 12.2	L.12.2-1	Guide de réalisation du traitement sur site	M	INSA Lyon	M. Jacques MEHU	M21
	L.12.2-2	Rapport d'essais sur le pilote physico-chimique	P	INSA Lyon	M. Jacques MEHU	M30
Tâche 12.3	L.12.3-1	Analyse technico-économique	P	SITA Remediation	M. Jean-Yves RICHARD	M12
Tâche 12.4	L.12.4-1	Rapport d'essais sur site	P	SITA Remediation	M. Jean-Yves RICHARD	M34
Tâche 12.5	L.12.5-1	Rapport final et documents contractuels	P	SITA Remediation	M. Jean-Yves RICHARD	M36

Action 13 SP3	DESTHER PCB Destruction thermique des PCB	Ex situ	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
ATANOR	INSA Lyon			
Descriptif de l'action				
<p>La décontamination des matrices polluées (sols et sédiments) a pour objectif de limiter leur impact environnemental, mais aussi de permettre la valorisation de certaines d'entre elles. Elle doit se faire en ayant les consommations d'énergie et les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) associées les plus faibles possibles.</p> <p>En matière de traitement thermique, 3 types de procédé sont distingués :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'incinération est l'approche la plus courante. Elle peut être conduite avec diverses technologies : four rotatif, incinérateur à injection liquide, lit fluidisé, four statique, etc. - La désorption thermique consiste à vaporiser les substances toxiques par chauffage, puis à les brûler. Les 2 opérations peuvent être réalisées dans une même enceinte avec un chauffage direct (enceinte équipée d'un brûleur par exemple), ou avec une 1^{ère} enceinte à chauffage indirect, suivie d'une 2^{nde} enceinte dans laquelle les gaz issus de la 1^{ère} enceinte sont oxydés. - La pyrolyse est une opération réalisée à l'abri de l'oxygène, par chauffage indirect de l'enceinte dans laquelle sont traités les sédiments contaminés aux PCB. La température de traitement et le temps de séjour sont ajustés de façon à produire, d'une part un gaz qui est ensuite brûlé dans une chambre de combustion, et d'autre part, une phase solide carbonée résiduelle, inerte. <p>La vitrification est aussi proposée par quelques acteurs. Elle est conduite à très haute température, le plus souvent avec des torches à plasma.</p> <p>L'action DESTHER PCB inclut la conception, la mise en place et la validation d'une unité pilote aussi représentative que possible des principaux procédés d'élimination thermique des PCB : l'incinération, la désorption thermique et la pyrolyse. Elle doit aussi contribuer à définir des schémas de procédés qui minimisent les consommations d'énergie, en favorisant l'usage de déchets énergétiques et/ou d'ENR comme source calorifique. A l'issue du projet, les partenaires seront en mesure d'offrir aux industriels, à la fois des services pour effectuer des diagnostics sur les traitements ad hoc à mobiliser, ainsi que de nouvelles approches du traitement des PCB sans impact sur l'environnement, y compris en évitant les émissions de GES.</p>				
Programme de travail				
<p>L'objectif de l'action DESTHER PCB est d'acquérir des données sur les caractéristiques des produits obtenus à la suite des différents traitements, ainsi que des données de dimensionnement pour des installations industrielles. L'action s'efforcera aussi de concevoir et valider des solutions minimisant les consommations d'énergie et les émissions de GES, et présentant des synergies avec d'autres types de traitement.</p> <p>⇒ Tâche 13.1 - Sélection procédés par analyse des traitements thermiques pertinents pour la destruction des PCB dans les sols et sédiments (ATANOR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise à jour de l'état de l'Art sur le traitement thermique des PCB ou des déchets comparables en termes de texture et de composition chimique - Sélection des procédés les plus pertinents pour la destruction des PCB <p>⇒ Tâche 13.2 - Conception préétude pilote (ATANOR, INSA Lyon)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etablissement du cahier des charges fonctionnel - Conception et prédimensionnement d'un appareil représentant au mieux les procédés retenus - Préchiffrage de l'installation <p>⇒ Tâche 13.3 - Fabrication unité pilote (MAILLOT, ATANOR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rédaction du cahier des charges technique 				

- Réalisation et réception de l'unité, démarrage et mise au point de l'unité, formation des opérateurs, rédaction d'un guide d'utilisation de l'appareil

⇒ **Tâche 13.4 - Réalisation test** sur les matrices polluées aux PCB (INSA Lyon, ATANOR)

Il est prévu de tester 15 matrices : 5 matrices correspondant à des cas réels et 12 matrices polluées artificiellement. Dans ce dernier cas, nous ferons varier la nature de la matrice et les mélanges de PCB. Au total, 17 matrices. Les prélèvements et la préparation des matrices ne sont pas pris en compte dans le projet DESTHER PCB. Ils sont faits dans le cadre de l'action « PLATPIL PCB ».

- Approvisionnement/caractérisation (sur le plan de la combustion) des charges, réalisation des tests, exploitation des résultats, établissement de règles à inclure dans le guide général

⇒ **Tâche 13.5, 13.6 et 13.7 - Dissémination résultats** (ATANOR), **APS** avant-projet simplifié d'une unité industrielle (ATANOR), **Management action** (ATANOR)

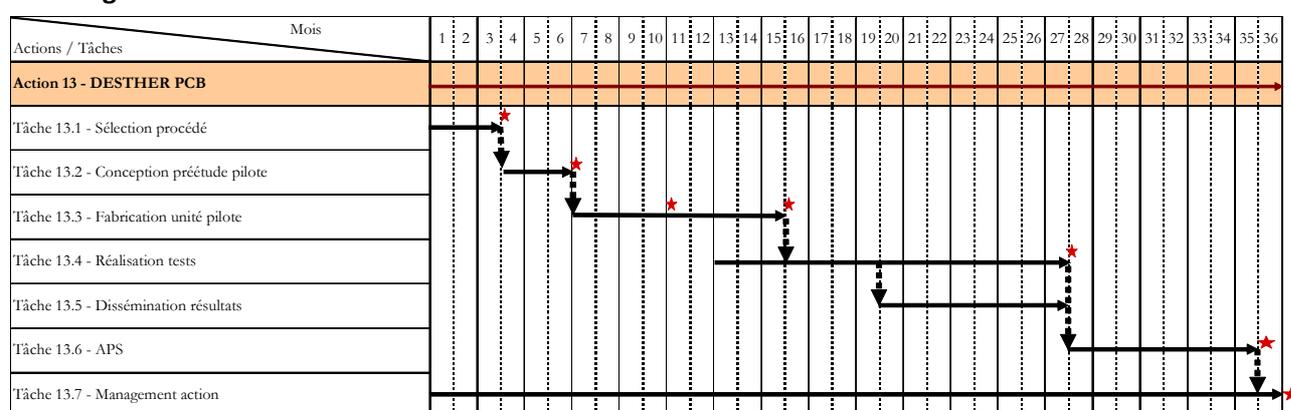
Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation**
- Descriptif de l'état de l'art :
 - Adaptation des procédés thermiques utilisés pour le traitement des sols pollués aux spécificités des PCB.
 - Constitution d'une base de données sur le traitement thermique des sols et sédiments contaminés aux PCB.
 - Identification et validation de solutions de traitement des PCB à faible consommation énergétique.

Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)
- Livrables :
 - Produit : Nouveau « **Procédé de traitement thermique** » des sols et sédiments pollués, avec un pilote industriel validé.
 - Service : Nouvelle « **Offre de Service** », s'appuyant sur le procédé développé.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 13 - DESTHER PCB						
Tâche 13.1	L13.1-1	Etude bibliographique	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M3
Tâche 13.2	L13.2-1	Cahier des charges fonctionnel	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M6
Tâche 13.3	L13.3-1	Cahier des charges technique	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M10
	L13.3-2	Pilote mis à disposition	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M15
Tâche 13.4	L13.4-1	Pilote validé	P	INSA de Lyon	Jacques MÉHU	M27
	L13.4-2	Ebauche base de données	P	INSA de Lyon	Jacques MÉHU	M27
Tâche 13.5	L13.5-1	Etude marché	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M27
Tâche 13.6	L13.6-1	APS	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M35
Tâche 13.7	L13.7-1	Rapport final du projet	P	ATANOR	Gerard MARTIN	M36

Action 14 SP3	PLATPIL PCB Validation et Evaluation au niveau Plateforme Pilote des Procédés de Traitement des PCB	Plateforme	Durée	M1-M40
Coordinateur	Partenaires			
INSA Lyon	BRGM			
Descriptif de l'action				
<p>Cette action combine trois sous actions horizontales de soutien aux actions de traitement des PCB:</p> <p>1/ Fournir à certaines actions du Projet PCB AXELERA, les échantillons de sols et sédiments pollués (demande d'AXELERA à l'INSA de Lyon). La responsabilité de l'INSA de Lyon comprend l'excavation ou dragage, l'homogénéisation, la séparation mécanique et l'expédition des quantités demandées aux différents partenaires. La caractérisation granulo-chimique des échantillons est mutualisée et sera réalisée conjointement par le BRGM et l'INSA.</p> <p>2/ Accueil sur la plateforme EEDEMS de l'INSA de Lyon (labellisée par le Pôle de Compétitivité AXELERA le 7 février 2008), sur surfaces dédiées et environnées, des « pilotes de plateforme » qui vont servir pour la validation de certaines actions du projet PCB-AXELERA jusqu'à ce stade. La conduite scientifique des pilotes reste sous la responsabilité des porteurs des actions. Un soutien logistique et technique est fourni aux porteurs de ces actions de traitements.</p> <p>3/ Conception et mise en œuvre d'une analyse multicritères des performances techniques, économiques, environnementales locales (devenir des polluants : destruction, modification, mobilisation ou immobilisation des PCB et des autres polluants, impacts évités,...) et globales (ACV, bilan énergétique dont énergie non renouvelable, production de gaz à effet de serre, , matières premières utilisées ou produites,...). Ces indicateurs globaux seront appliqués aux actions développées dans le projet PCB -AXELERA et ayant un pilote sur la plateforme EEDEMS et en option aux procédés développés dans certaines des autres actions du projet PCB-AXELERA.</p>				
Programme de travail				
<p>1/.Mutualisation des opérations de dragage, homogénéisation, caractérisation et mise à disposition des échantillons de matrices polluées à traiter pour permettre de ne réaliser qu'une seule caractérisation poussée pour l'ensemble des actions concernées et de faire travailler tous les partenaires sur de mêmes échantillons.</p> <p>⇒ Tâche 14.1 - Dragage, homogénéisation et échantillonnage</p> <p>⇒ Tâche 14.2 - Analyse granulo-chimique</p> <p>⇒ Tâche 14.3 - Constitution des lots par séparation physique</p> <p>2/ Mise à disposition de la plateforme EEDEMS à l'INSA de Lyon pour la réalisation des pilotes pour permettre d'effectuer leur suivi simultané et d'avoir un recueil de données efficace et indépendant des modalités de fonctionnement des procédés (mise en œuvre, conduite des procédés, difficultés rencontrées et risques éventuels), ce qui facilitera le renseignement de l'outil d'analyse multicritères.</p> <p>⇒ Tâche 14.4 - Accueil des "Pilotes Plateforme" sur la plateforme EEDEMS</p> <p>3/Mise au point d'indicateurs permettant de comparer les actions de traitement vis-à-vis des performances techniques, économiques, environnementales locales (abattement ou transfert de pollution notamment, impacts évités) et globales (ACV, énergie non renouvelable, effet de serre,...)</p> <p>⇒ Tâche 14.5 - Extraction et analyse des PCB</p> <p>⇒ Tâche 14.6 - Cahier des charges techniques et environnementales de valorisation en BTP</p> <p>Cette plateforme accueillerait les essais suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - traitement des PCB par charbon actif (Action « PCB SEDICA ») - traitement des PCB par champignons saprophytes (Action « FUNGI EAT PCB ») - destruction thermique des PCB (Action « DESTHER PCB ») 				

- traitement des PCB par bio-remédiation (Action « BIODEChLOR PCB »)
- Solution écocompatible de mise en dépôt de sédiments pollués (Action « ECODEPOT PCB »)

4/ Fourniture de diagnostic et méthode : La méthode d'analyse multicritères sera d'une part appliquée dans le cadre de cette mission sur les procédés testés, et d'autre part délivrée aux membres impliqués dans le projet PCB-AXELERA.

⇒ **Tâche 14.7 - Analyse multicritères pour valider le choix des procédés et filières de traitement**

Caractère innovant :

- Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : **innovation**

- Descriptif de l'état de l'art :

Le caractère innovant de la Plateforme Pilote vient de la mise en commun de facilités permettant la mise en œuvre de différents procédés et filières de traitement, à partir de mêmes échantillons et une comparaison objective des performances techniques et environnementales.

Le caractère innovant de la méthode d'analyse multicritères garantit la transparence des données et indicateurs utilisés à tout moment ainsi que dans son interactivité: l'utilisateur dispose de plusieurs paramètres à ajuster selon la hiérarchie des critères de son cahier des charges, ainsi que selon les notes d'experts indépendants pour une situation donnée (nature du site à traiter, implantation de l'unité industrielle, sensibilité des populations et milieux naturels environnants,...). Les critères et les familles sont munis de facteurs de pondération. Les paramètres positifs et négatifs sont gardés indépendants (pas d'effet masquant de compensation).

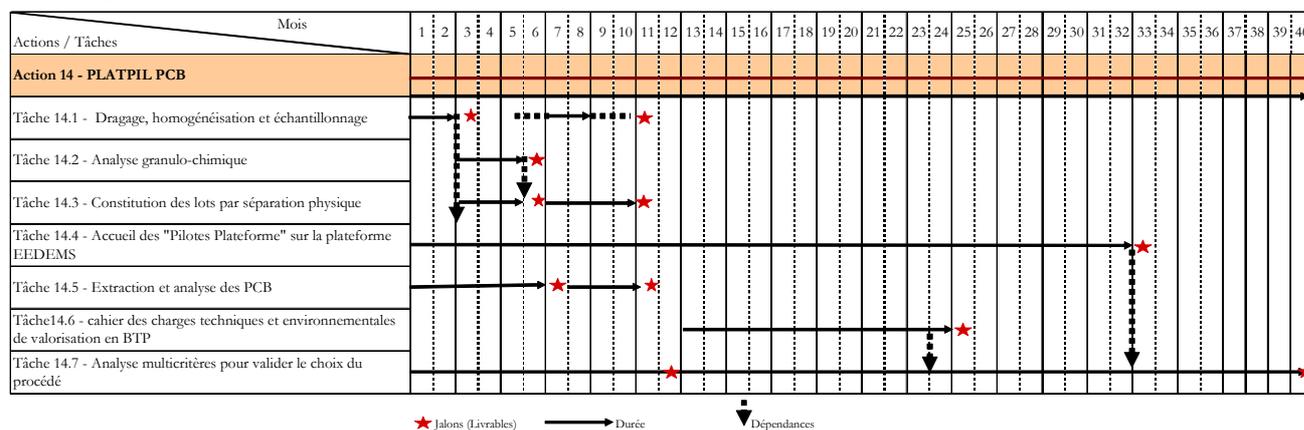
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) , Méthodes (M) et Services (S)

- Livrables :

- Produit : Nouvelle « **Plateforme laboratoire avec système de pilotage / surveillance** »
- Méthode : Nouvelle « **Méthode d'évaluation des performances techniques, économiques et environnementales** », des procédés et filières de traitement des PCB et autres polluants.
- Service : Mise à disposition de la Plateforme Pilote pour le développement et la validation de technologies.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 14 - PLATPIL PCB						
Tâche 14.1	L14.1-1	Dragage homogénéisation		INSA-EEDEMS	Robert MORETTO	M1
	L14.1-2	Constitution des lots de sols ou sédiment bruts	P	INSA-EEDEMS	Mohamed ABDELGHAFOUR	M2
Tâche 14.2	L14.2-1	Caractérisation granulo-chimique		BRGM	Solène TOUZÉ	M2
Tâche 14.3	L14.3-1	Constitution des lots par séparation mécanique		INSA-EEDEMS	Mohamed ABDELGHAFOUR	M5
Tâche 14.4	L14.4-1	Accueil des "Pilotes Plateforme" et suivi	P	INSA-EEDEMS	Mohamed ABDELGHAFOUR	M30
Tâche 14.5	L14.5-1	Extraction et analyse des PCB		INSA-LGCIE	Nathalie DUMONT	M34
Tâche 14.6	L14.6-1	Cahier des charges technique et environnemental		INSA-EEDEMS	Jacques MÉHU	M12
Tâche 14.7	L14.7-1	indicateurs de performances environnementales	M	SETEMIP-Environnement	Jérôme PAYET	M12
	L14.7-2	Analyse multicritères et un outil d'aide à la décision	M	INSA-EEDEMS	Jacques MÉHU	M40

Action 15 SP3	SEDIRHONE PCB Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône	Plateforme	Durée	M1-M36
Coordinateur	Partenaires			
SITA (SITA-FD)				
Descriptif de l'action				
<p>Dans le cadre du développement de ses activités, SITA FD a l'opportunité de déployer une plateforme industrielle de traitement et de transit de terres et sédiments pollués sur un terrain au sud de Lyon qui dispose d'un accès au Rhône.</p> <p>Cette future plateforme sera à même d'accueillir des pilotes de traitement des différents acteurs qui souhaitent réaliser des essais à une échelle semi industrielle (voire industrielle) dans le cadre du projet PCB-AXELERA.</p> <p>Outre la présence des utilités nécessaires à la réalisation de ces essais (électricité, eau, bassins,...), cette plateforme étant connectée au Rhône, l'approvisionnement se ferait par barge et les sédiments pompés seront stockés dans des bassins prévus à cet effet pour permettre de réguler les apports sur les différents pilotes.</p> <p>Cette plateforme de 5 000 m² prévoit d'accueillir les pilotes industriels 'clients' sur une zone dédiée à leurs essais.</p> <p>Cette plateforme est en cours de labellisation par le pôle de compétitivité Axelera.</p>				
Programme de travail				
<p>La gestion des sédiments du Rhône et de ses affluents suite à une opération de dragage nécessite l'existence d'un point de chute (bord à fleuve) et des barges qui servent à la fois de point de collecte, de traitement et de transit de ces sédiments vers leur lieu d'élimination ou de valorisation.</p> <p>La finalité de cette action est triple :</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. la création d'une plateforme adaptée aux besoins des partenaires scientifiques et industriels qui souhaitent tester leurs nouvelles solutions de traitement à une échelle pilote voire industrielle <ul style="list-style-type: none"> - Tâche 15.1 - Construction et aménagement de la plateforme 3. une mise à disposition de cette plateforme à ces mêmes partenaires avec un accompagnement de nos équipes pour s'assurer du bon fonctionnement de ces essais <ul style="list-style-type: none"> - Tâche 15.2 - Accueil et suivi des essais pilotes 4. cette plateforme centralisée pourra être un bon support de communication pour le projet dans son ensemble (panneaux de communication, plaquettes, visites ...) – plateforme 'SEDIRHONE' <ul style="list-style-type: none"> - Tâche 15.3 - Communication plateforme <p>Cette plateforme accueillera les essais suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - techniques de séparations granulométriques (Action « PCB OPTITRI ») - techniques de ressuyage des sédiments avant leur mise en dépôt (Action « PCB ECODEPOT ») - techniques de stabilisation in situ/off site des sédiments pollués (Action « STAB PCB ») - traitement biologique anaérobie des sédiments pollués (Action « PCB BIODECHLOR ») 				
Caractère innovant :				
<ul style="list-style-type: none"> - Transfert de technologie / innovation / innovation de rupture : innovation - Descriptif de l'état de l'art : <p>Il s'agit de réaliser la première plateforme industrielle de démonstration de procédés de traitement de sédiments pollués d'origine fluviale en France.</p>				

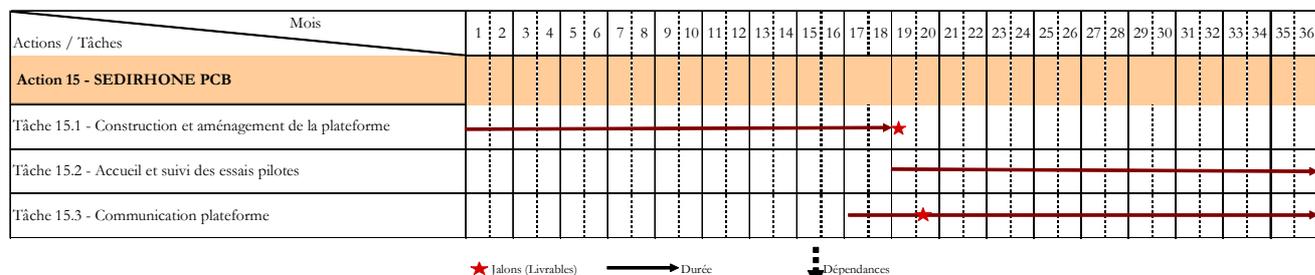
Livrable final :

- Catégorie : Produits (P) et Services (S)

- Livrable :

- Produit : Nouvelle « **Plateforme industrielle** », disposant de l'ensemble des utilités nécessaires à la réalisation des essais de validation de procédés et filières de traitement des PCB et autres polluants.
- Service : Mise à disposition de la Plateforme Industrielle pour le développement et la validation de technologies.

Planning des tâches :



Liste de livrables :

Tâche associée	# livrable	Titre livrable	Catégorie *	Partenaire responsable		Date prévue
				Organisation	Nom du Contact	
Action 15 - SEDIRHONE PCB						
Tâche 15.1 - Construction et aménagement de la plateforme	L15.1-1	Plateforme viabilisée	P	SITA FD	Franck ELOI	M18
Tâche 15.2 - Accueil et suivi des essais pilotes	L15.2-1	Suivi des essais pilotes		SITA FD	Franck ELOI	M18
Tâche 15.3 - Communication plateforme	L15.3-1	Plaquettes de communication		SITA FD	Franck ELOI	M20

SP4	OUTIL GLOBAL D'AIDE A LA DECISION	Leader : SUEZ Environnement	Durée	M1-M40
Action 16	GLOBAL PCB Outil global d'aide à la décision (analyse, transfert, performances technologiques et environnementales, risques)		Durée	M1-M40

ANNEXE 4

FICHES DE SYNTHÈSE DES 16 ACTIONS DU PROJET PCB-AXELERA



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA

Développer des techniques de traitement des sédiments pollués aux PCB à mettre en œuvre dans les zones les plus contaminées

Consortium : Leader SUEZ-ENVIRONNEMENT et 12 partenaires contractuels + 16 partenaires associés



Objectifs :

L'enjeu du projet PCB-AXELERA est de mener des travaux de recherche visant à développer des technologies de traitement des sédiments pollués aux PCB, permettant en particulier de lutter contre la pollution du Rhône et de ses affluents.

Cette ambition est transversale et se décline des sources d'émission jusqu'au milieu récepteur, intégrant toutes les étapes de traitement (dragage, criblage, déshydratation, traitements in-situ ou ex-situ, valorisation des sédiments).

Dans ce cadre, les nouvelles technologies de traitement sont développées en association avec de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de caractérisation des PCB suivant 4 axes :

- Savoir mesurer
- Comprendre les transferts
- Savoir traiter
- Décider et agir



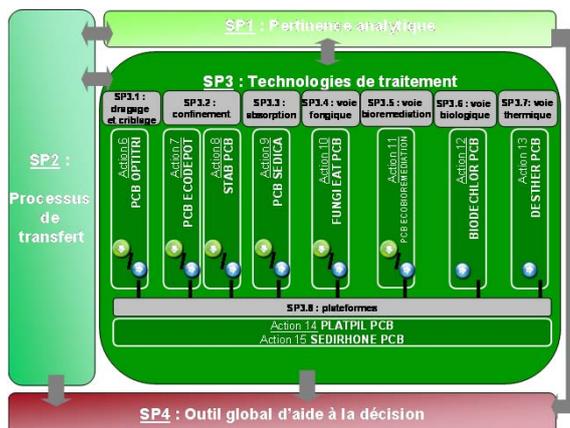
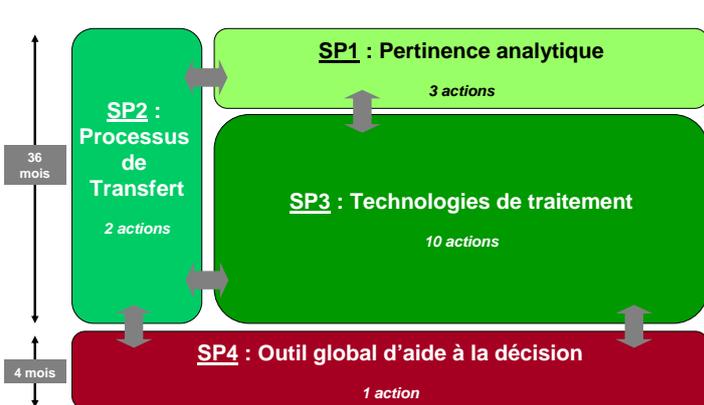
Figure 9 - Le concept du Projet PCB-AXELERA

Notre vision est de contribuer à constituer une équipe de renommée nationale et internationale pour la caractérisation et le traitement des PCB présents dans les sédiments et sols pollués.

Notre ambition est de développer de nouveaux outils, procédés et filières de traitement, avec une forte assise en région Rhône-Alpes et des visées européennes en termes de marché et d'application.

Ce projet a permis de fédérer autour du Pôle AXELERA, les éco-acteurs de la région (industriels, PME, centres de recherche, collectivités territoriales) pour répondre aux enjeux de la dépollution des sédiments (et des sols) pollués par les PCB (et autres polluants) et de leur valorisation.

Organisation du Projet

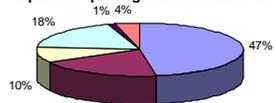


Financement - Livrables

Financement

• Assiette globale du projet	9 839 397 Euros
• Montant total des subventions	5 489 765 Euros

Répartition par organismes financeurs



FUI	FEDER	REGION
GRAND LYON	CG38	METRO

15 livrables de type « technologies de traitement »

- o 1 produit
- o 5 procédés de traitement
- o 7 filières de traitement
- o 2 plateformes

13 livrables de type « outils et méthodes pour la maîtrise des PCB dans l'environnement »

- o 8 outils
- o 5 méthodes



PCB – AXELERA Action A1 – PRESED Outils et méthodes pour la caractérisation et le PRÉlèvement des SEDiments

Consortium : ENTPE (LEHNA-IPE), SUEZ Environnement, ARTELIA.

Gwénaelle ROUX ^a, Marc DESMET ^b, Pascal DAUTHUILLE ^c, Eric DAVID ^d, Brice MOURIER ^a, Yves PERRODIN ^a

^a UMR CNRS 5023 – LEHNA-IPE, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, 2 rue Maurice Audin, 69518 Vaulx-en-Velin, France
^b UMR CNRS 6113 – ISTO, Université François Rabelais, Parc de Grandmont, 37200 Tours, France
^c Suez Environnement – 16 Place de l'Iris, Paris La Défense, France
^d Antelia Group – Eau et Environnement, 6 rue de Lorraine, 38130 Echirolles, France



Objectifs

Introduction / Contexte

Dans cadre global du programme PCB AXELERA, l'action PRE-SED poursuit les trois objectifs liés suivants :

- ✓ définir un protocole incluant les bonnes pratiques de prélèvement et d'échantillonnage des sédiments,
- ✓ mettre au point des outils et méthodes permettant de qualifier les caractéristiques sédimentologiques et géochimiques des sédiments étudiés,
- ✓ définir une méthodologie en vue d'une cartographie détaillée à l'échelle du fleuve des stocks sédimentaires.



Campagne de carottage sur le site d'Arnas

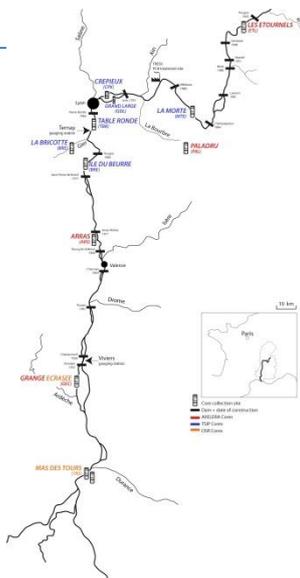


Archive sédimentaire prélevée à l'aide du casier girardon UITEC



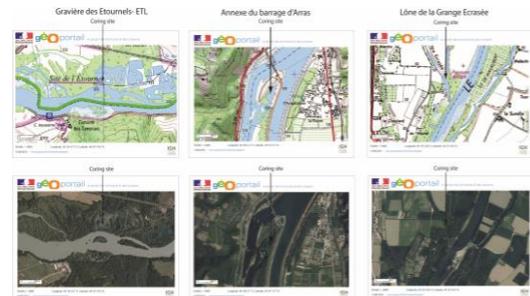
Campagne de carottage sur le site de La Grange Ecraasée

Les sites prélevés et analysés dans le cadre du programme PRE-SED sont la gravière des Etourelles, le barrage d'Arnas, la île de la Grange Ecraasée (en partenariat avec l'OSR) et le site de référence du lac de Paladru. Les protocoles établis en termes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyses ont permis une synergie des résultats obtenus avec ceux d'autres programme de recherche à l'échelle du Rhône: les programmes TSP et OSR.



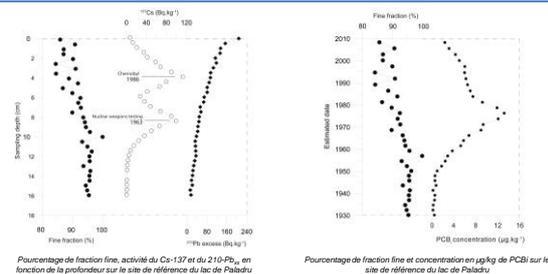
Reconstituer la chronique de contamination dans les sédiments du Rhône a nécessité:

- des prélèvements dans des environnements fluviaux où les dépôts sont stockés et archivés,
- une mise en eau permanente de l'annexe,
- une connexion au Rhône par l'aval,
- une très bonne documentation historiques des aménagements à proximité ou sur le site de prélèvement.



Sites de prélèvement du programme PRE-SED le long du corridor rhodanien

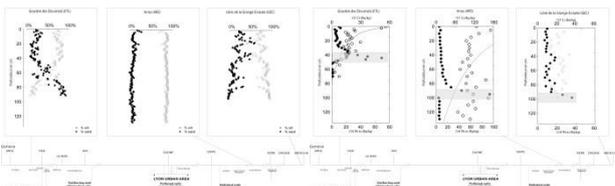
Résultats



Pourcentage de fraction fine, activité du Cs-137 et du 210-Pb_{ex} en fonction de la profondeur sur le site de référence du lac de Paladru

Pourcentage de fraction fine et concentration en µg/kg de PCB_i sur le site de référence du lac de Paladru

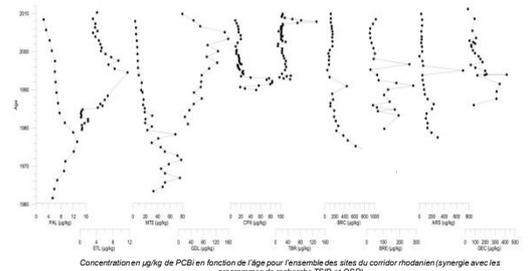
Une étude détaillée à haute résolution de l'archive sédimentaire permet de relier les caractéristiques de remplissage d'un site au fonctionnement hydrosédimentaire du fleuve sur un tronçon hydrologique donné. C'est ce fonctionnement hydrosédimentaire (surimposition aménagement/crue) qui pilote la distribution des contaminants.



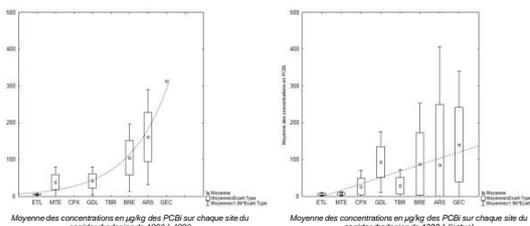
Pourcentage de silt et de sable en fonction de la profondeur sur les trois sites du corridor rhodanien: Etourelles, Arnas et Grange Ecraasée

Activité du 137-Cs et du 210-Pb_{ex} en fonction de la profondeur sur les trois sites du corridor rhodanien: Etourelles, Arnas et Grange Ecraasée

L'étude des concentrations en PCB_i selon différentes fenêtres temporelles (ici 1960-1990 et 1990-actuel) met en évidence un gradient amont-aval le long du fleuve Rhône.



Concentration en µg/kg de PCB_i en fonction de l'âge pour l'ensemble des sites du corridor rhodanien (synergie avec les programmes de recherche TSP et OSR)



Moyenne des concentrations en µg/kg de PCB_i sur chaque site du corridor rhodanien de 1960 à 1990

Moyenne des concentrations en µg/kg de PCB_i sur chaque site du corridor rhodanien de 1990 à l'actuel

Conclusions - Perspectives

Dans le cadre de l'action PRE-SED nous avons développé un protocole optimisé de caractérisation des sédiments fluviaux. Cette action a montré la nécessité de coupler de manière systématique des mesures sédimentologiques aux analyses chimiques de polluants ainsi que l'établissement d'un modèle d'âge. En résumé, et pour caractériser l'état de contamination d'un site, l'action PRE-SED a démontré la nécessité de :

- adapter le taux d'échantillonnage au taux de sédimentation a priori estimé,
- établir un modèle d'âge en croisant des techniques de spectrométrie gamma et de marqueurs temporels tels que les crues,
- dépouiller les mesures granulométriques en les associant systématiquement à un processus hydrosédimentaire,
- interpréter un profil de PCB en prenant en compte le cadre réglementaire conduisant à une diminution des apports,
- conclure sur l'état de contamination d'un site en l'intégrant à l'échelle du fleuve selon sa position au sein du tronçon hydrologique étudié et selon le gradient amont/aval attendu.

Différents programmes de recherche (OSR, ...) sont en cours au laboratoire LEHNA-IPE afin de raffiner le gradient amont-aval de pollution et de tester des techniques de prospection (radar géologique) pour permettre une estimation précise des volumes des stocks potentiels de sédiments contaminés à l'échelle d'un ouvrage (casier Girardon).



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A2 PCB SEP

Vers une analyse exhaustive des 209 congénères de PCB

Consortium : CIRSEE-SUEZ ENVIRONNEMENT, Irstea



Objectifs: Vers une analyse exhaustive des 209 congénères de PCB

Les difficultés observées lors de l'analyse des PCB dans les sédiments sont dues :

- ✓ à la structure chimique qui rend difficile la séparation des congénères
 - ✓ aux matrices sédimentaires complexes (problèmes d'interférences possibles)
- Les méthodes normalisées préconisent l'analyse de 6 ou 7 congénères indicateurs et une estimation par calcul est ensuite réalisée pour déterminer la teneur en PCB totaux. Or, un grand nombre de procédés de décontamination font intervenir des réactions de déchloration qui peuvent entraîner :

- ✓ Un changement de distribution des PCB
- ✓ Une estimation faussée de la teneur globale en PCB
- ✓ Une variation de la toxicité de l'échantillon

D'où l'importance d'une analyse la plus exhaustive possible des PCB.

L'utilisation de la chromatographie bidimensionnelle couplée à un détecteur de masse à temps de vol (GCxGC-TOFMS) permet d'augmenter considérablement le pouvoir de séparation et de détection. Une méthode analytique basée sur cette technique a été développée au CIRSEE, intégrant la **séparation de 192 congénères et la quantification complète des 209 PCB**. Cette méthode a été mise en œuvre sur des sédiments contaminés du Rhône avant et après différents traitements physiques et biologiques.

Résultats scientifiques et technologiques



FIG 1 :Pegasus 4D de LECO

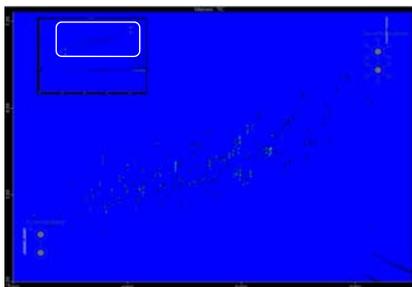


FIG 2 : Exemple de chromatogramme obtenu pour un étalon

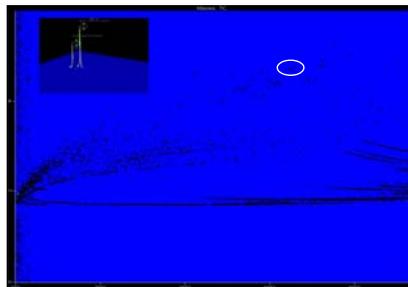
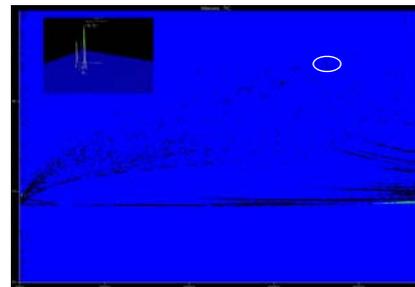


FIG 3 et 4 : Chromatogrammes d'un échantillon de sédiment témoin (3) et traité par voie biologique (4)



• Technologie innovante capable de démultiplier le pouvoir de séparation chromatographique

- Séparation de 192 PCB en 168 min
- Quantification automatique des 209 PCB

- Nombre de congénères quantifiés : 56
- Concentration totale des PCB : 6,6 mg/kg de sédiment
- Estimation de la concentration en PCB totaux basée sur les 7 indicateurs : 7,9 mg/kg de sédiment
- Somme des concentrations des PCB « dioxine -like »: 0,3mg/kg de sédiment

- Nombre de congénères quantifiés : 49
- Concentration totale des PCB : 4,7 mg/kg de sédiment
- Estimation de la concentration en PCB totaux basée sur les 7 indicateurs : 7,1 mg/kg de sédiment
- Somme des concentrations des PCB « dioxine like »: 0,2 mg/kg de sédiment

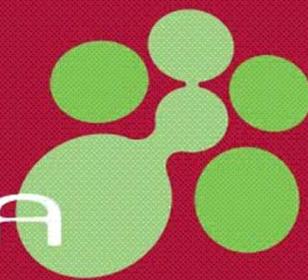
Conclusions - Perspectives

- Développement d'une méthode d'analyse quantitative éprouvée et validée des 209 congénères de PCB dans des matrices sédimentaires
- Estimation plus précise de l'efficacité d'un procédé de décontamination
- Changement de distribution des PCB observé lors de certains traitements biologiques
- Validation de l'estimation de la teneur globale en PCB à partir des 6 ou 7 PCB indicateurs
- Identification possible de familles de composés autres que les PCB lors d'une même analyse grâce à la GCxGC -TOFMS



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA - ECLIPSE

Echantillonneurs Intégratifs pour la mesure de PCB dans la phase dissoute de milieux aqueux

Consortium : Irstea, Deltares Ifremer, BRGM, LABAQUA, SUEZ-Env



Objectifs : Comparer et évaluer les performances de 5 échantillonneurs intégratifs (EI) pour la surveillance des PCBs dans les milieux aquatiques

Méthode :

-> 1 campagne en laboratoire (3 mois)

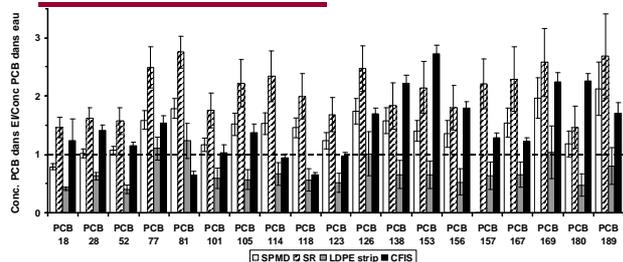
-> 3 campagnes *in situ* (1 mois chacune), dans le Rhône à Arles et Ternay, et dans le lac du Bourget

SPMD (semi-permeable membrane device)	Silicone membrane	LDPE strip (low density polyethylene)	Chemcatcher	CFIS (continuous-flow integrative sampler)
				
Irstea	Deltares	Ifremer	BRGM	LABAQUA (Suez Environnement)

-> Obtention d'une concentration dans l'eau moyennée sur la durée d'exposition (4 semaines) et abaissement des seuils de détection analytique

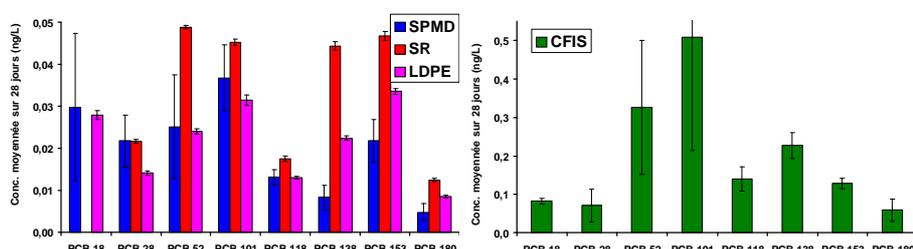
Résultats scientifiques

En laboratoire -> conditions contrôlées



- Chemcatcher : concentrations jusqu'à 12 fois plus hautes que celles des autres échantillonneurs
- SPMD, Silicone, LDPE, CFIS : concentrations équivalentes et cohérentes avec la concentration de référence (mesure directe dans l'eau)

Dans le Rhône à Ternay (69) -> conditions réelles



- Des concentrations équivalentes, entre 10 et 50 pg/L, pour SPMD, Silicone et LDPE avec une bonne répétabilité
- Des concentrations significativement plus élevées (d'un facteur 10) mesurées avec les CFIS
- Pas d'échantillonnage de PCB avec les Chemcatcher (<seuils de détection)

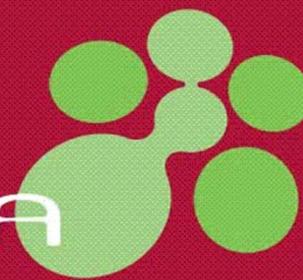
Conclusions – Perspectives

Les acquis (fiches méthodes) de l'action ECLIPSE-AXELERA-PCB sont diffusés sur le site d'AQUAREF (www.aquaref.fr) afin de favoriser l'application des échantillonneurs intégratifs pour la surveillance des eaux



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A4 AC PCB

Analyse Comportementale des PCB

Consortium : BRGM, ARTELIA, CEA

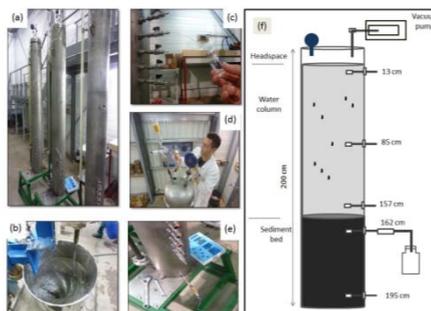


Objectifs: Estimer le potentiel de transfert des PCB vers la colonne d'eau lors de la remise en suspension des sédiments. Traduire ces résultats en recommandations pour la gestion des sédiments contaminés.

Introduction / Contexte

Des événements naturels tels que les crues, mais aussi et surtout, les travaux d'entretiens des ouvrages hydrauliques des voies d'eau, peuvent être à l'origine d'une remobilisation de sédiments contaminés, notamment par les PCB. La question du **devenir de ces polluants lors de la remise en suspension** est encore mal renseignée. Une meilleure connaissance des processus impliqués dans la solubilisation des PCB permettrait la formulation de recommandations pour appréhender et limiter, si possible, l'impact environnemental du dragage.

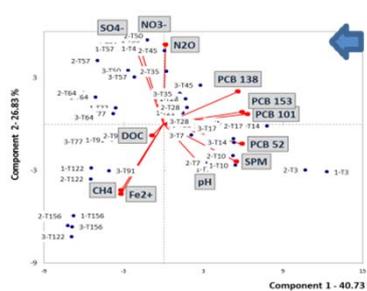
Innovation / Verrous technologiques



Elaboration d'un dispositif expérimental pour le suivi des PCB et autres paramètres physico-chimiques au cours d'un événement de remise en suspension.

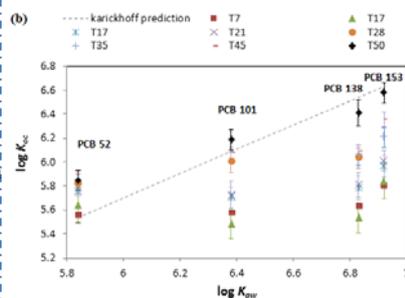
(a) vue d'ensemble des colonnes, (b) préparation de la boue avant injection dans les colonnes, (c) prélèvement des eaux, (d) prélèvement des gaz, (e) mesure du pH par cell-flow, (f) schéma d'ensemble du dispositif.

Résultats scientifiques et technologiques



Résultats d'analyse en composante principale des données d'analyses d'eaux disponibles (DOC = carbone organique dissous, SPM = matière en suspension).

Cette figure montre que MES et teneurs en PCB dissous sont liées. **La concentration en PCB diminue au cours du temps en raison du processus de re-sorption progressive sur les MES, elles-mêmes en cours de sédimentation.**



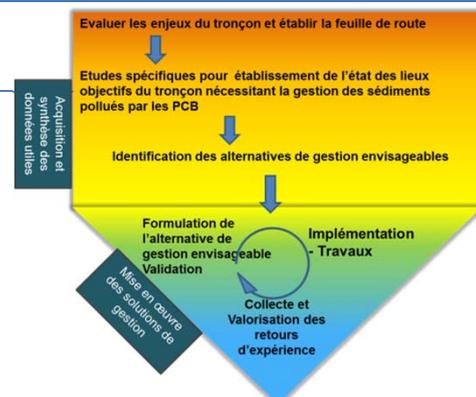
Comparaison des $\text{Log}K_{oc}$ calculés avec la droite théorique de Karickhoff (1981).

Au début de l'expérience (T7), les points sont éloignés de la droite théorique. Ils s'en rapprochent progressivement ce qui montre le retour à l'équilibre lent du processus de sorption: **pendant 40 jours les PCB sont plus solubles qu'attendu.**

Conclusions - Perspectives

Cette étude met en évidence des limitations sévères concernant l'approche basée sur des coefficients de partage, type K_{oc} , déterminés à l'équilibre, qui sous-estime la dissolution des PCB d'un facteur 10, suite à un événement de remise en suspension des sédiments.

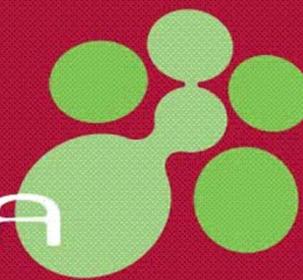
En amont du processus décisionnel (figure ci-contre), **la phase de diagnostic est prépondérante en vue d'assortir à une situation problématique, une solution de gestion appropriée.** Les taux et les cinétiques de sorption/désorption, doivent être explicitement considérés lors de l'estimation des risques écosystémiques en lien avec les opérations d'entretien des cours d'eau.





AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A5 PCB SFR

Flux de PCB associés à la dynamique à différentes échelles des phénomènes de transport, de dépôts et de remise en suspension des sédiments fins.

Application au Rhône

Consortium : ARTELIA, IRSTEA, CEREGE



Action soutenue par :

- ❖ METRO
- ❖ Région Rhône Alpes
- ❖ FEDER



Objectifs

Dans l'eau, les PCB sont principalement adsorbés sur les matières en suspension. Leur devenir est donc essentiellement contrôlé par les processus de transport, de dépôt et de remise en suspension des sédiments fins. L'étude cherche ainsi à caractériser les flux et les processus sédimentaires (vecteur principal de polluants de type PCB) à différentes échelles spatiales, spécifiquement sur le Rhône.

Deux approches distinctes mais complémentaires :

- ❖ Un modèle **1D** du Rhône global (du Lac Léman à Valence) développé afin de caractériser les flux de matières en suspension (MES) à l'échelle du fleuve et à long terme pour pouvoir étudier des évolutions sur de longues périodes (code ADIS-TS)
- ❖ Un modèle **3D** simulant finement hydrodynamique et transport de sédiments afin d'étudier sur deux sites du Rhône les modalités de transfert et de stockage des sédiments fins (Palier d'Arles et Ile du Beurre)

Et un modèle simplifié de l'interaction entre les PCB et les sédiments du Rhône (site : Ile du Beurre).

Résultats scientifiques et technologiques

Modèle 1D

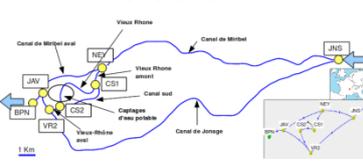
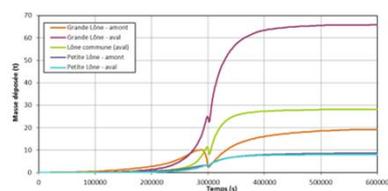


Schéma du réseau hydraulique de Miribel-Jonage modélisé avec Mage

Risque de dépôt de MES et de pollution dans le bras du Vieux-Rhône (captage eau potable). Scénarios proposés pour minimiser les dépôts (lessivage du site, variation des débits, ...).

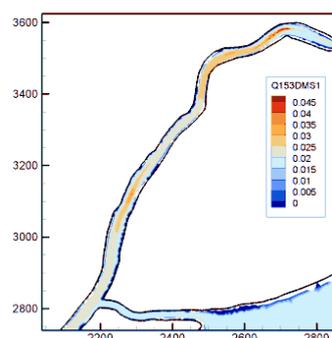
Modèle 3D - sédimento

Le dépôt dans les îlons se produit principalement pour les débits moyens et les crues modérées. L'érosion du sédiment a lieu en début de crue, tandis que la fin de la crue est plutôt une période de stockage dans les îlons.



Masse déposée par zone dans la îlon

Modèle 3D - PCB



Fraction de PCB dans le sédiment dans la couche de dépôt du fond en mg /kg ms au pic de crue

Les teneurs en PCB dans les sédiments du fonds sont les plus élevées au niveau des zones de sédimentation préférentielle, pour tous les débits. Dans le chenal principal du Rhône, la sédimentation se produit majoritairement durant les périodes d'étiage, et sur les berges. Les teneurs en PCB des sédiments déposés dans la couche de fond sont élevées en période d'étiage, et diminuent durant la période de crue.

Conclusions - Perspectives

Les outils de modélisation mis en place ont permis d'apporter des éléments nouveaux concernant le transport des sédiments fins qui sont le vecteur principal de polluants de type PCB. Le recours à la modélisation 3D fine est utile pour caractériser, en complément de campagnes détaillées de mesures, le comportement hydrosédimentaire de sites identifiés, et les zones de dépôt préférentielles potentiellement chargées en PCB.

La modélisation 1D est opérationnelle d'un point de vue purement technique. Un travail d'acquisition supplémentaire des données est nécessaire pour lever les nombreuses incertitudes sur les forçages sédimentaires, sur le volume et la nature des stocks sédimentaires en place, et enfin sur les quantités et la localisation des sédiments pollués.

Le modèle simplifié de PCB utilisé au niveau de l'Ile du Beurre permet de prendre en compte les échanges en PCB entre l'eau et le sédiment, sur la base d'une loi de partitionnement de la fraction dissoute et particulaire de PCB. Il aide à comprendre les variations, en fonction du temps et de la localisation, au cours d'une crue simulée, de la répartition verticale des PCB dissous et fixés aux sédiments.



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA

Action A6 PCB OPTITRI

Optimisation de l'application de techniques séparatives en vue de solutions de valorisation et/ou d'élimination de sédiments pollués

Consortium : SITA FD, SITA France, SITA Remediation, BRGM



Objectifs

Introduction / Contexte

La gestion hors site de volumes conséquents de sédiments riches en eau nécessite une étape de déshydratation qui peut être couplée à des étapes de séparation qui ont pour intérêt de diminuer les quantités de sédiments les plus pollués à éliminer dans les filières appropriées et de favoriser la production de matériaux valorisables de type silt, sables et graviers.

L'action PCB OPTITRI a pour objectif de valider la configuration industrielle de ces techniques de séparation et déshydratation appliquées aux déblais de curage des sédiments du Rhône pollués par les PCB.

3 étapes ont été nécessaires pour définir le procédé le plus adapté : une étude bibliographique, des essais laboratoire et des essais industriels.

Innovation / Verrous technologiques

La littérature met en évidence que les polluants organiques et métalliques sont préférentiellement adsorbés sur les particules fines (<63µm) et qu'une coupure granulométrique à ce seuil rend possible les solutions de valorisation des fractions 'propres', situées au-delà de 63 µm.

Outre la qualification des technologies de tri et déshydratation traditionnelles, cette action a pour but d'étudier les points suivants :

- La qualification d'une technologie de tri granulométrique adaptée
- Le transfert de technologie de type attrition au domaine des sédiments pollués pour permettre la valorisation des sables
- Le couplage à des solutions de dépollution innovantes (adsorbants) sur matrices solides et liquides

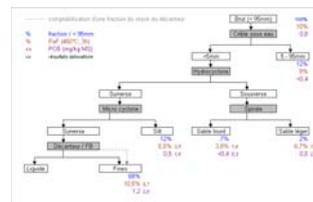
Résultats scientifiques et technologiques



Essais pilotes en laboratoire



Chaîne de traitement semi-industrielle



Bilan matière du traitement du sédiment de l'étang des Moutières



Sable lourd valorisable extrait du sédiment de l'étang des Moutières

Cette étape a permis une caractérisation des sédiments par granulochimie et des essais de séparation et de déshydratation réalisés à l'aide d'équipements proches des équipements industriels : criblage sous eau, hydrocyclone.

Réalisés sur la plate-forme d'essai SEDIRHONE PCB, ces essais ont mis en œuvre une unité composée d'équipements de différents prestataires. Ces essais ont été menés sur des sédiments issus de l'étang des Moutières à Susville (38). Ces essais industriels ont permis d'isoler 32% de la masse initiale dans 4 sortants appauvris en polluant, dont les teneurs étaient inférieures à celle de l'entrant : environ 0,5mg/kgMS en PCB7. L'« abattement » maximal est de 50% ; il est obtenu pour les graviers et le sable trié par gravi-densimétrie en spirale. De plus, les opérations d'essorage et de déshydratation incluses dans ce procédé réduisent de 38% le tonnage global entrant.

Conclusions - Perspectives

Les essais industriels et les essais complémentaires, notamment sur le tri gravi-densimétrique en spirale, ont permis de confirmer un schéma de procédé mature sur le plan industriel. Ces essais ont également démontré le faible intérêt de certaines opérations unitaires de traitement dans le cas étudié : attrition des sables, second tri par hydrocyclone.

Certains sortants appauvris en contaminants ont été considérés comme des Matières Premières Secondaires potentielles. Leurs acceptations environnementale et technique dans 2 filières de valorisation ont été testées. Finalement, seul le sable lourd peut être réutilisé en techniques routières (couche de remblai). Les autres filières de valorisation testées n'ont pas pu être validées.

Au niveau mondial, l'intérêt d'un prétraitement par séparation – déshydratation n'est plus à démontrer : de nombreuses références de séparation – déshydratation existent dans le monde, pour le prétraitement des terres et des sédiments notamment pollués aux PCB. Cela est particulièrement vrai aux USA.

Une offre globale de tri valorisation peut donc être envisagée, associant un outil de séparation-déshydratation et des filières de valorisation, d'élimination ou de traitement acceptant les sortants de cet outil. Cet outil devra se différencier par sa polyvalence, son taux de récupération de fractions faiblement polluées et sa capacité à produire des matériaux de qualité élevée.



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA

Action A7 PCB ECODEPOT

Solution éco-compatible de mise en dépôt des sédiments pollués

Consortium : SITA FD, SITA France, INSA Lyon, BRGM, Université de Haute Alsace



Objectifs

Introduction / Contexte

L'action ECODEPOT a pour but de concevoir la méthodologie adaptée pour un confinement des sédiments pollués par les PCB dans un dépôt spécifique hors site. Elle cible principalement les sédiments non dangereux et non inertes (PCB « totaux » < 50 mg/kg et PCB indicateurs (Σ7) > 1 mg/kg).

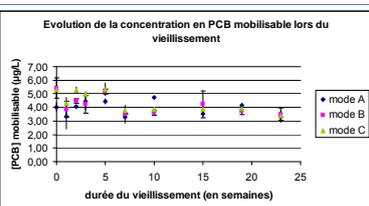
Elle comprend :

- Une partie d'état de l'art des pratiques et réglementations en France et en Europe concernant les sédiments et notamment leurs modes de déshydratation et de mise en dépôt ;
- Des essais visant à apporter des connaissances et lever des verrous technologiques relatifs aux conditions de mise en dépôt des sédiments pollués par les PCB.

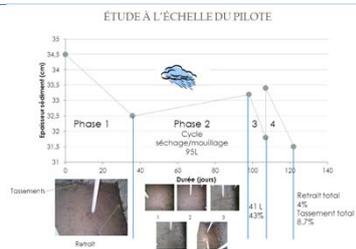
Innovation / Verrous technologiques

- 1/ Caractérisation du comportement du sédiment en mode stockage : relargage, augmentation de la disponibilité éventuels des PCB;
- 2/ Identification de géomatériaux compatibles avec le stockage de sédiments pollués par les PCB ;
- 3/ Développement d'une solution de biodégradation aérobie des PCB, couplée aux espèces végétales utilisées en végétalisation des sédiments stockés ;
- 4/ Essai de géosynthétiques drainants pour permettre la déshydratation des sédiments avant leur mise en stockage.

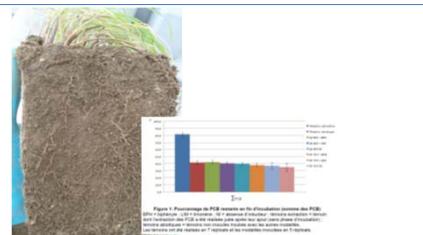
Résultats scientifiques et technologiques



Lors du vieillissement les PCB sont stables et les HAP sont moins disponibles. Les essais de vieillissement ont permis de montrer l'absence de migration au cours du temps des PCB et des HAP dans les sédiments testés.



Les essais de GSB ont confirmé la compatibilité des géosynthétiques bentonitiques traditionnels avec les sédiments pollués par les PCB et ont également précisé le comportement géotechnique du sédiment en stockage.



- Sélection d'une bactérie (LB400) et d'une plante (Festuca arundinacea).
- Couplage bactérie / plante : pas de dégradation de PCB
Les essais de traitement biologique aérobie n'ont pas permis de conclure à la faisabilité de ce traitement.



- En 3 semaines, siccité : 10% → + de 50%
- Texture, obtention d'un matériau pelletable
Les essais de déshydratation ont montré la possibilité d'atteindre aisément un seuil de siccité compatible avec la mise en stockage de ce type de déchet (50%).

Conclusions - Perspectives

Concept de l'ECODEPOT : alvéole monospécifique conçue pour les sédiments

localisation : proche des cours d'eau → faibles coûts de transfert.

Idéalement, quasiment située bord à voie d'eau, mais à l'abri des crues

- **profil du fond de forme** : les eaux s'écoulent gravitairement vers le point bas des casiers. Un massif drainant est disposé en fond de stockage

- **barrière active** en fond de stockage : GSB + membrane PEHD (efficacité PCB, elle assure la collecte des eaux de ressuyage (lors exploitation du centre)

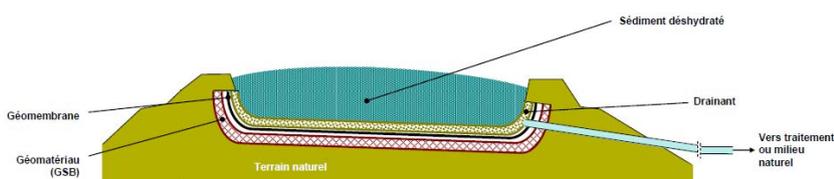
- **comportement géotechnique** : siccité > 50%, pour garantir une tenue satisfaisante des sédiments, Géotube® par exemple

- **comportement** des sédiments : l'absence de migration d'éléments polluants, métaux ou organiques, à l'extérieur du stockage.

- **intégration paysagère** : ensemencement par des espèces végétales afin d'éviter la dissémination de micropolluants par envol de poussières

- **possibilité de développer une microflore bactérienne anaérobie** apte à dégrader les PCB (cf action A12, BIODECHLOR PCB)

- **possibilité de mettre en place un système de filtration naturelle des eaux** si besoin d'épurer les eaux ayant des MES ou des micropolluants





AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A8 STAB PCB

Développement de technologies de stabilisation / solidification

Consortium : SITA FD, SITA France, MATEIS, Recupyl



Objectifs

Introduction / Contexte

L'action STAB PCB du projet PCB AXELERA a pour objectif l'étude de l'application des techniques de stabilisation-solidification par liants hydrauliques au traitement des sédiments, sols et boues industrielles pollués par les PCB (PolyChloroByphényles).

La gestion des matériaux pollués par les PCB est marquée par deux seuils de concentration réglementaires : 50 mg/kg en PCB totaux d'une part, valeur maximale de réception en ISDD (Installation de Stockage pour Déchets Dangereux) et 1 mg/kg en PCB Σ7 d'autre part, seuil d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage pour Déchets Inertes).

Innovation / Verrous technologiques

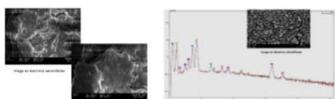
Après une étude bibliographique, l'approche scientifique et technique retenue pour ce projet est la suivante :

- Etude approfondie de **caractérisation de différents additifs sorbants** pouvant présenter un intérêt afin d'améliorer la capacité de rétention des polluants dans la matrice finale. Additifs testés : charbons actifs et argiles organophiles.
- **Essais en laboratoire** associant des formulations de **stabilisation-solidification** à des **additifs sorbants** sélectionnés au préalable. Matrices testées : un sédiment, un sol et une boue industrielle.
- **Caractérisation analytique poussée des échantillons** avant et après traitement, de façon à comprendre les mécanismes en jeu et à investiguer des techniques analytiques de terrain alliant la fiabilité des méthodes traditionnelles de laboratoire à la facilité d'utilisation des kits de terrain.

Résultats scientifiques et technologiques

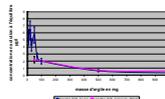


Essais de stabilisation-solidification
Préparation d'un coulis de sédiments stabilisés, moulage d'une éprouvette de ce coulis, Essais de résistance mécanique

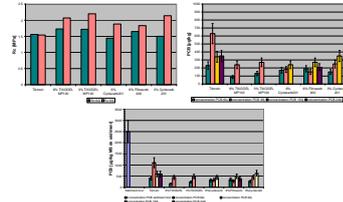


Caractérisation spécifique des différentes phases minérales, réalisée par les techniques complémentaires suivantes :
- Etude texturale et morphologique par FEG ;
- Etude par microanalyse couplage FEG et EDS ;
- Etude de structure cristallographique et de caractérisation de phase par DR X sur poudres ;

Enfin cette étude a été complétée par une analyse thermogravimétrique.



Evaluation de la fixation des PCB sur les argiles :
courbes d'équilibre eau chargée en PCB – argiles
Les PCB sont effectivement fixés sur les argiles, avec des performances variables selon le type d'argile.



Mesures de **résistance mécanique sur éprouvettes** à 60 et 90 jours de maturation (en haut à gauche) – **Concentration en PCB lixiviables dans l'acétone pur** à 60, 90, 150 et 240 jours de maturation (en haut à droite) – Valeurs ramenées à la masse de sédiment brut (en bas).
La S/S permet d'abattre significativement la quantité de PCB lixiviables.

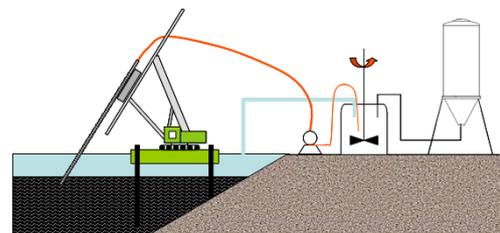
Conclusions - Perspectives

La stabilisation/solidification (S/S) est adaptée au traitement des sédiments ou des sols pollués par les PCB. Au regard de la réglementation actuelle, pour que le sédiment ne soit pas considéré comme un déchet (ce qui limite considérablement les possibilités de valorisation après S/S), la mise en application in-situ de la S/S est la plus appropriée (selon la méthode « deep soil mixing » - cf. schéma ci-contre).

La S/S permet de diminuer la mobilité des polluants présents dans les sédiments et de transformer le caractère granulaire des sédiments vers un caractère massif ce qui a pour conséquence la diminution de la quantité des particules en suspension.

Le procédé génère une nouvelle matrice solide monolithique qui a un volume plus important que la matrice initiale (environ 25 à 30%).

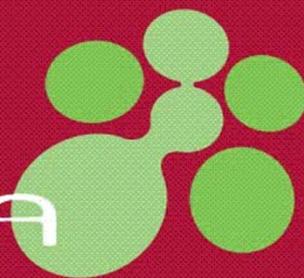
Le coût de traitement varie entre 50 et 200 €/m3.





AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A9 PCB SEDICA

Traitement des sédiments pollués par les PCB et autres polluants par la mise en œuvre de charbon actif

Consortium

Porteur du projet :

Catherine MORLAY

(MATEIS : INSA-Lyon – Univ. Lyon 1 – CNRS)

Partenaires contractuels :

Fabienne BATTAGLIA-BRUNET

(BRGM)

Annette ESNAULT-FILET

(Solétanche Bachy – Sol Environment)

Julien BERTRAND

(Extract Ecoterres)

Partenaire associé :

Pascal GINISTY

(IFTS)



Objectifs

Introduction / Contexte

Décontamination du sédiment par mise en contact avec du charbon actif (CA)

- Traitement CA par voie biologique aérobie : Traitement *in situ*

⇒ Evaluer l'association CAG-bactéries dans le but de combiner l'adsorption des PCB et leur biodégradation aérobie par le biofilm supporté sur CAG, ceci afin de réduire la biodisponibilité des PCB ainsi que leur concentration totale

- Traitement CA par voie physico-chimique : Traitement à terre

- ⇒ Proposer un **procédé industriel** de traitement par CA
- ⇒ Proposer une **filière industrielle** de traitement par CA combinant :
 - 1 – Tri granulométrique du sédiment à traiter
 - 2 – Mise en contact du sédiment à traiter avec le CA
 - 3 – Séparation sédiment traité / CA

Innovation / Verrous technologiques

A l'échelle laboratoire :

- ⇒ Sélection du CAG le mieux adapté
- ⇒ Evaluation de possibles effets antagonistes entre adsorption des PCB et développement d'un biofilm bactérien

A l'échelle laboratoire puis à l'échelle pré-industrielle :

- ⇒ Définition des conditions d'opération du **procédé industriel** : choix du CA, dose de CA et temps de contact avec le sédiment
- ⇒ Définition des conditions de **séparation sédiment traité / CA** :
 - par aérofloculation
 - par hydrocyclonage

Résultats scientifiques et technologiques

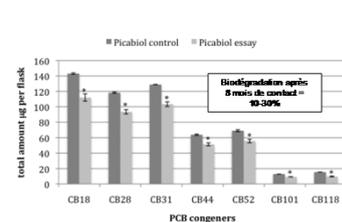


Fig. 1 : Biodégradation des PCB, par un « biofilm naturel » supporté sur CAG
BRGM

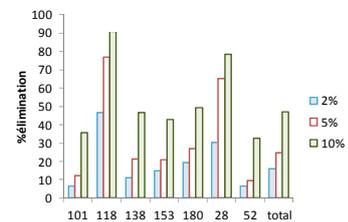


Fig. 2 : % d'élimination des PCB, en fonction de la dose de CAG (% massique sur sédiment sec) (cction tot. PCB_i = 1,55 mg/kg MS)
MATEIS



Fig. 3 : Plateforme d'essais de séparation sédiment / CA par aérofloculation à l'échelle pré-industrielle

Solétanche Bachy – Sol Environment – IFTS



Fig. 4 : Séparation sédiment / CA par hydrocyclonage à l'échelle pré-industrielle

Extract Ecoterres

Conclusions - Perspectives

- Toutes les expérimentations prévues ont été réalisées, de l'échelle laboratoire à l'échelle pré-industrielle

- La faisabilité des traitements par CA a été démontrée à l'échelle laboratoire :

- pour la **voie biologique aérobie**

(≈ 30 % / an)

- pour la **voie physico-chimique**

(≈ 50 % pour 7h)

- Pour la **voie physico-chimique**, la faisabilité technique à l'échelle pré-industrielle a été démontrée pour la filière complète :

⇒ Pour la 1^{ère} série d'essais :

de l'ordre de 25 % pour 5h

Perspectives scientifiques :

- **Voie biologique aérobie :**

optimiser la biodégradation par l'association CA – biofilm bactérien aérobie

- **Voie physico-chimique :**

optimiser la désorption des PCB de la matrice à décontaminer

Perspectives industrielles :

- **Voie biologique aérobie :**

valider *in situ* le procédé par association CA-biofilm

- **Voie physico-chimique :**

valider et optimiser, à l'échelle industrielle, les performances obtenues à l'échelle pré-industrielle



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A10 FUNGI EAT PCB

Mycoremédiation des PCB par des souches isolées d'habitats pollués

Mouhamadou B, Sage L, Geremia R, Mehu J, Abdelghafour M, Jouanneau Y, Joubert A, Dumestre A



Objectifs

Introduction / Contexte

La pollution des sols et sédiments par les PCB engendre un dysfonctionnement de l'écosystème et pose un réel problème de toxicité dès lors que ces polluants se retrouvent dans la chaîne alimentaire, percolent vers les nappes phréatiques ou entrent en contact direct avec l'homme. Face à des situations environnementales chimiquement dégradées, de nombreuses méthodes physico-chimiques sont utilisées pour la dépollution.

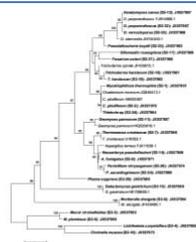
Cependant l'utilisation de microorganismes vivants capables de dégrader les éléments toxiques peut constituer une alternative rentable et efficace. Les microorganismes du sol et notamment les champignons ont la capacité de s'adapter avec une grande plasticité à la présence de molécules organiques et de les utiliser comme sources de nutriments. Ainsi, nous proposons une stratégie de restauration de sites pollués par les PCB en utilisant leurs ressources fongiques natives.

Innovation / Verrous technologiques

De nombreux travaux ont démontré les capacités de souches fongiques à dégrader divers congénères de PCB en milieu liquide, en conditions de laboratoire.

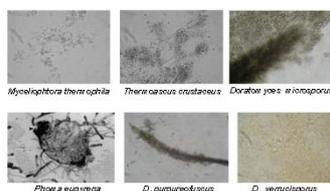
Toutefois, l'application *in situ* reste insatisfaisante en raison de l'origine non tellurique des souches modèles étudiées en laboratoire, difficiles à utiliser en bioaugmentation des sols pollués, du manque d'informations concernant les bases enzymatiques de la dégradation des PCB et de la faible accessibilité des PCB, en raison de leur lipophilie. Ces limites constituent des verrous technologiques à lever tant du point de vue fondamental pour mieux appréhender les mécanismes de biodégradation que du point de vue appliqué pour contribuer à l'amélioration des biotechnologies environnementales.

Résultats scientifiques et technologiques



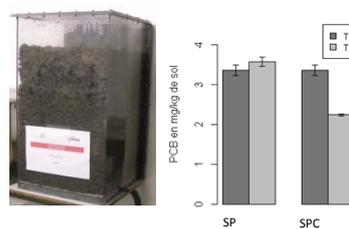
Phylogénie des souches isolées d'un sol

94 souches ont été isolées d'un sol et d'un sédiment. Elles ont été identifiées par une double approche: systématique et biologie moléculaire (ITS).



Souches performantes

Six souches non pathogènes dégradant les PCB à plus de 70% ont été sélectionnées. Des métabolites sont mis en évidence dans les milieux de culture, de nature benzénique et/ou de structures non apparentées aux PCB.



Pilotes laboratoires

Sédiment

- 33% des 24 PCB
- 45% des 12 PBC-DL
- 31 % des 7 PCBi

Sol

- 18 % des 24 PCB
- 25 % des 12 PBC-DL
- 16 % des 7 PCBi



Pilote industriel

Sol

- 24 PCB: 0-10%
- 84 PCB: 31%

Conclusions - Perspectives

Notre étude montre que les souches isolées d'habitats pollués appartenant au phylum des Ascomycètes sont capables de dégrader de façon significative les PCB contaminant les sédiments après six mois de traitement. Cette dégradation est de l'ordre de 30% pour les 7 PCBi et les 24 PCB et de 45% pour les PCB-DL. Il s'agit à notre connaissance des plus forts taux de dégradation des PCB-DL obtenus par voie fongique pour des matrices historiquement polluées aux PCB. Cependant, cette dégradation partielle semble ne concerner que la fraction biodisponible, la fraction liée à l'humus étant difficilement accessible. Le traitement a été étendu sur le sol et des réductions moins importantes mais significatives des PCB ont été obtenues.

Ce projet n'a pas pu permettre un développement industriel abouti en raison du laps de temps trop court accordé à cette application, de la grande hétérogénéité du sol à traiter (argile + roches) et de l'imprécision des dosages qui n'a pas permis d'apprécier l'efficacité du protocole mis en œuvre.

Le procédé pourrait être optimisé en utilisant le système de « slurries »; les matrices contaminées sont alors traitées sous agitation en bioréacteurs, en présence de tensioactifs qui présentent le double avantage de stimuler la pousse des champignons (augmentant ainsi la biomasse fongique efficace) et d'améliorer la biodisponibilité des PCB.



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A12 BIODECHLOR PCB Développement d'un procédé de traitement biologique des sédiments et/ou sols pollués par PCB

Consortium : SITA Remediation, SITA France, INSA de Lyon, Ecole Centrale de Lyon



Objectifs

Introduction / Contexte

L'action BIODECHLOR a pour objectif l'étude de la faisabilité microbiologique et géotechnique d'un procédé de traitement anaérobie de sols et sédiments pollués par les PCB (Polychlorobiphényles), dans un contexte réglementaire de 50 mg/kg -seuil d'acceptation en ISDD- et de 1 mg/kg (Σ7) -seuil ISD1.

Elle comprend :

- une partie « microbiologie » en laboratoire, pour étude du potentiel microbien via des outils de biologie moléculaire, et définition des conditions d'environnement optimales
- une partie « procédé » géotechnique en laboratoire (définition des quantités d'eau admissibles sans perturber la stabilité d'une biopile)
- la conception et réalisation d'une biopile hors-sol anaérobie à l'échelle industrielle.

Innovation / Verrous technologiques

Cette étude permet de sélectionner une formulation adaptée au développement des bactéries compétentes pour la dégradation des PCB en anaérobie, à partir d'échantillons placés en microcosmes puis analysés pendant 1 an par approche RISA (Ribosomal Intergenic Spacer Analysis) et par biopuces phylogénétiques.

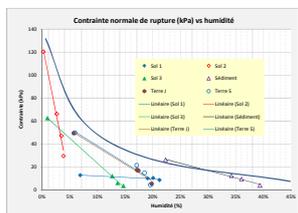
L'approche conjointe de la géotechnique et des besoins microbiologiques permet d'appréhender la difficulté à concilier la stabilité de l'andain avec l'apport d'eau indispensable pour maintenir le milieu en anaérobie.

Résultats scientifiques et technologiques



Echantillons en microcosmes

L'apport d'une source de carbone et la mise en anaérobie permet de dégrader les PCB. La mélasse constitue la stimulation la plus rapide et efficace (36% d'abattement).



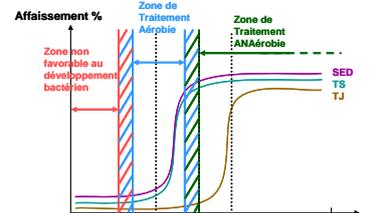
Contrainte normale de rupture pour les six matériaux testés

Plus le matériau est fin (sédiment par exemple), plus il peut accepter des teneurs en eau élevées et moins il peut supporter des contraintes de compression.



Biopiles anaérobies. A droite, en limite géotechnique

A l'échelle industrielle, le comportement des matrices est très sensible –notamment à la teneur en eau. La limite de stabilité est souvent atteinte avant d'avoir pu ajouter la quantité d'eau nécessaire au traitement anaérobie (au-delà de 80% de la capacité au champ Cp).



Relation entre teneur en eau et % d'affaissement pour les 3 matrices testées

Conclusions - Perspectives

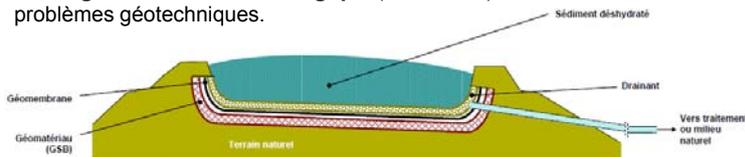
L'étude microbiologique montre que les bactéries capables de déchlorer les PCB en absence d'oxygène sont relativement ubiquistes dans l'environnement. Au cours de cette étude, **des bactéries compétentes ont été détectées dans tous les échantillons** après une période de biostimulation par ajout d'une source de carbone.

L'étude géotechnique permet de conclure que **le concept de biopile anaérobie** visé initialement par le projet **n'est pas viable**, au moins pour certains matériaux (incompatibilité des teneurs en eau entre stabilité et conditions d'anaérobie).

Les essais industriels ont permis de **valider la faisabilité du traitement biologique** de sédiments faiblement pollués par PCB jusqu'à une teneur

inférieure à 1 mg/kg. La cinétique est lente (durée d'un traitement à l'échelle industrielle estimé à 2 ou 3 ans).

Ce traitement ne pourra être réalisé en biopile (hors sol) mais est envisageable en alvéole biologique (ci-dessous) où l'on s'affranchit des problèmes géotechniques.





AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A13 DESTHER PCB Destruction thermique des PCB

Consortium



Coordinateur du projet DESTHER



Partenaire

Objectifs

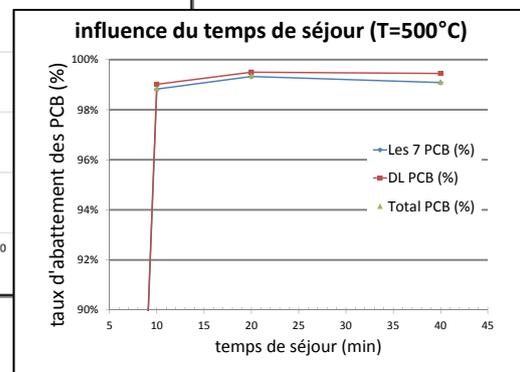
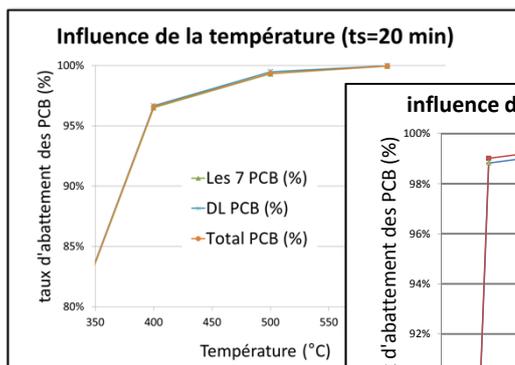
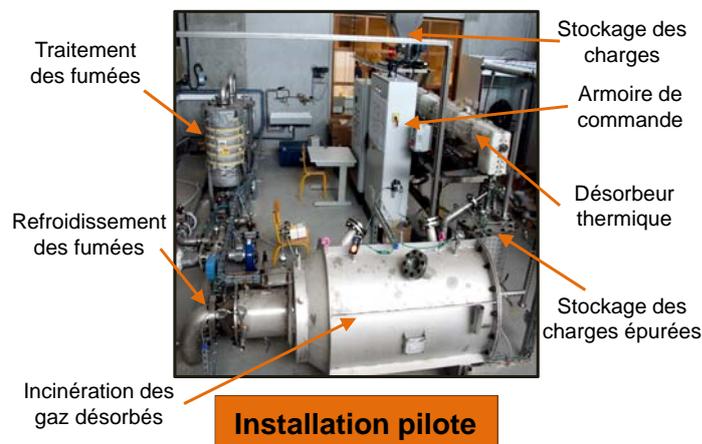
L'objectif du projet était d'acquérir des données sur le traitement thermique des terres et des sédiments contaminés aux PCB grâce à une installation pilote.

Cette unité pilote a également permis de définir les caractéristiques finales d'un procédé de traitement à l'échelle industrielle.

Les enjeux du projet DESTHER étaient de:

- Définir un procédé de traitement adaptable à différentes échelles (de quelques centaines de kg/h à plusieurs t/h).
- Obtenir des performances de destruction des PCB très élevées tout en minimisant la consommation d'énergie.
- Limiter les émissions de gaz à effet de serre.
- Garantir une combustion propre et efficace des substances désorbées pour réduire la sollicitation des équipements d'épuration.

Résultats scientifiques et technologiques



Conclusions - Perspectives

Les principales conclusions du projet sont :

- Les taux d'abattement des PCB sont supérieurs à 99,3 % à 500°C et 99,99 % à 600°C.
- Il n'y a pas de limite haute sur la teneur en PCB des sédiments à traiter.
- Des coûts de traitement ont été évalués dans une fourchette comprise entre 75 et 115 €/t.

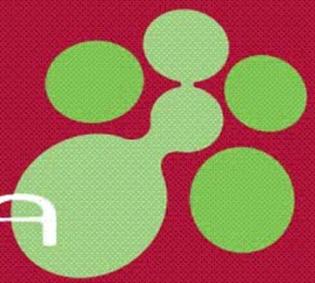
Les actions engagées et les perspectives à l'issue du projet sont :

- Mise en place d'un partenariat d'exploitation du pilote entre ATANOR et PROVADEMSE (INSA Lyon).
- Prestations pour les industriels et les collectivités : analyses, essais, avant-projet, ingénierie,...
- Prospection d'autres marchés où le procédé pourrait s'appliquer.
- Construction d'unités de traitement de terres contaminées.



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A14 PlatPil

Validation et Evaluation au niveau Plateforme Pilote des Procédés de Traitement des PCB

Consortium : INSA de Lyon, SETEMIP Environnement, BRGM Orléans



Objectifs

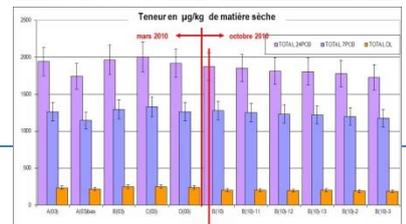
Cette action combine trois sous actions horizontales :

- 1/ Mettre à disposition des sédiments pollués (dragage, homogénéisation et caractérisation) aux équipes et industriels du projet PCB AXELERA.
- 2/ Accueil sur la plateforme PROVADEMSE, des pilotes des actions FUNGI, BIODECHLOR, DESTHER et ECODEPOT
- 3/ Conception et mise en œuvre d'une analyse multicritères des performances techniques, économiques, environnementales et sanitaires des différentes stratégies de développement.

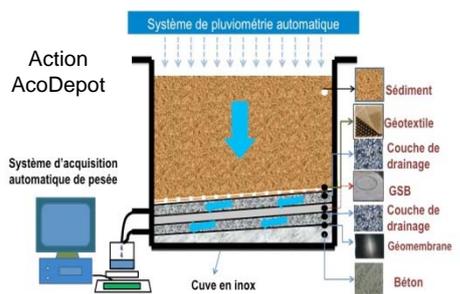
Opérations d'échantillonnage et d'homogénéisation des sédiments prélevés pour répartition vers les différents partenaires.



Reproductibilité des analyses effectuées à PROVADEMSE. Résultats des analyses de PCB dans différents échantillons et à différentes périodes.



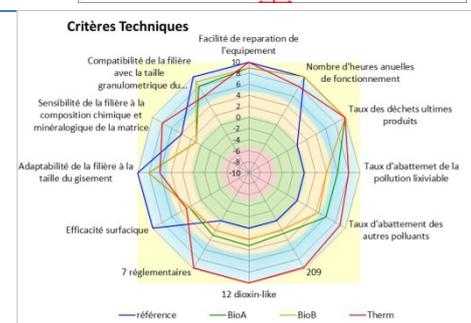
Résultats scientifiques et technologiques



L'action EcoDépot a permis de mettre en évidence le comportement hydromécanique des sédiments en interaction avec les géomatériaux utilisés dans les centres de stockage (voir le poster de l'action A7 PCB ECODEPOT)



Le procédé de désorption thermique /incinération mis en œuvre à l'échelle pilote sur PROVADEMSE présente l'intérêt d'une destruction des PCB à hauteur de 99,9% (voir le poster de l'action A13 DESTHER PCB)



Dans le cadre de PLATPIL PCB un outil d'aide à la décision multicritères a été mis au point afin de permettre aux décideurs la prise en compte de l'ensemble des performances des stratégies de traitements testées.

Conclusions - Perspectives

Dans le cadre du projet PCB-AXELERA, l'INSA de Lyon s'est engagé dans 4 actions de traitement (FUNGI, BIODECHLOR, DESTHER et ECODEPOT). Par ailleurs, l'action PLATPIL mise en œuvre sur la plateforme PROVADEMSE, a permis de mettre à disposition de ses partenaires (industriels et laboratoires) les supports techniques et scientifiques nécessaires (un hall d'essais, des moyens humains (ingénieurs et techniciens), des moyens analytiques) dans le but de concrétiser le passage de l'échelle laboratoire à l'échelle pilote (conception, réalisation et validation à l'échelle pilote étape nécessaire avant la phase industrielle), ainsi qu'une évaluation multicritères des performances.

Au delà de ce programme, la plate-forme PROVADEMSE a pour but de mettre tous ces moyens à la disposition des industriels (PME et Grands Groupes) pour valider et développer les écotecnologies de remédiation, production de matières premières secondaires et d'énergies ainsi que des démarches d'aide à la décision autour des projets de développement de filières et d'écologie territoriale.



AXELERA

Conjuguons
chimie et environnement



PCB – AXELERA Action A15 SEDIRHONE PCB

Plateforme industrielle d'évaluation des technologies de traitement des sédiments pollués du Rhône

Consortium : SITA FD, SITA Remediation, SITA France



Opération de prélèvement de sédiments dans l'étang des Moutières à Susville (38)

L'**opération de curage** réalisée dans le cadre des essais industriels des actions A6, A7 et A12 a pour but de montrer les **conditions opérationnelles de réalisation** d'une opération de curage de sédiments pollués et de **maîtrise des impacts environnementaux** associés.

Il s'agit de constituer un **lot de 200 à 500 m³** de sédiments pollués à **plus de 1 mg/kg en PCB**, pour la réalisation des essais industriels des actions A6-PCB Optitri, A7-Ecodépôt PCB et A12-Biodechlor PCB.

Critères de choix de l'étang des Moutières à Susville (38) :

- **pollution** des sédiments en PCB à plus de 1 mg/kg ;
- **quantité** de sédiments pollués suffisante pour les essais ;
- **impacts environnementaux** de l'opération aisément maîtrisables ;
- site situé dans le **bassin versant du Rhône**.

Un **barrage flottant** a été installé afin de **circonscrire la turbidité** à la seule zone de curage. La surverse de l'étang a été obturée.

Ces deux ouvrages ont été maintenus pendant près de 5 mois après l'opération. Un suivi environnemental a été réalisé pendant cette période afin d'évaluer l'impact de l'opération sur la qualité de l'eau de l'étang (prélèvement ponctuel et échantillonnage passif). Retour aux conditions initiales constatées au bout de 30 jours.

CALENDRIER DES OPERATIONS

- **Février – mars 2011** : échantillonnages, repérages ;
- **Mars – juin 2011** : processus d'information et d'autorisation associant la commune de Susville, les associations locales, la DREAL et le BRGM ;
- **4 – 7 juillet 2011** : réalisation des opérations de prélèvement
- **Juillet – novembre 2011** : suivi environnemental

Illustration des opérations à Susville et de la plate-forme SEDIRHONE



Opérations de curage par barge équipée d'une benne preneuse, **chargement** des chalands et **rotation**



Barge de curage et benne preneuse



Points de prélèvement (suivi environnemental)



Vue d'ensemble de la plate-forme SEDIRHONE et plan général d'implantation

En haut à gauche : **dépôtage** de sédiments d'une benne étanche en provenance de l'étang de Susville

Conception, réalisation et exploitation d'une plate-forme d'essai industrielle

La gestion des sédiments du Rhône et de ses affluents suite à une opération de dragage nécessite l'existence d'un point de chute qui serve à la fois de point de collecte, de traitement et de transit de ces sédiments vers leur lieu d'élimination ou de valorisation.

La plate-forme SEDIRHONE est entièrement conçue pour accueillir des sédiments, recevoir et exploiter des installations de taille industrielle en vue des essais suivants :

- techniques de séparations granulométriques (Action A6 « PCB OPTITRI »)
- techniques de ressuyage des sédiments avant leur mise en dépôt (Action A7 « PCB ECODEPOT »)
- traitement biologique anaérobie des sédiments pollués (Action A12 « PCB BIODECHLOR »)

L'action SEDIRHONE PCB vise ainsi à **montrer la configuration d'une plate-forme industrielle** de réception et de traitement de sédiment pollués d'origine fluviale.

L'action SEDIRHONE PCB permet également d'**accroître le retour d'expérience de l'exploitation de ce type de plate-forme**.

L'action SEDIRHONE PCB a nécessité la **conception géotechnique complète de la plate-forme**, la constitution d'un **dossier d'autorisation** pour son exploitation et son **équipement complet** afin d'accueillir les essais industriels (réseaux d'utilités : eau process, électricité, collecte des eaux usées...).

D'une superficie d'environ **6 000 m²**, la plate-forme SEDIRHONE est dotée d'une **lagune de 300 m³** dédiée à la réception et à la manipulation de sédiments pollués.

Elle est **totalemant étanche** et pourvue de deux bassins pour la **gestion des eaux** :
- un bassin de 300 m3 pour la collecte des eaux de pluie ;
- un bassin de 100 m3 pour la collecte des eaux de process.

Elle est entièrement équipée afin d'accueillir des unités industrielles et de permettre la **manœuvre des camions** et leur **dépôtage dans la lagune** de réception des sédiments.

Au total, la plate-forme a réceptionné et traité **200 m³ de sédiments** et **100 t de terres polluées**. Les opérations se sont étalées sur une durée de **12 mois**, dont 6 mois pour les opérations les plus importantes.

