



Monitoreo *medioambiental*

Gestión de los recursos, reducción de los impactos y control de los riesgos

El *laboratorio de Ingeniería Industrial y de Riesgos Industriales y Naturales* (UPR LGEI) es uno de los tres laboratorios propios del EMA, con estatuto de establecimiento público nacional, cuyo carácter administrativo depende del Ministerio delegado a la industria. El LGEI orienta sus investigaciones hacia la gestión de recursos, la reducción de los impactos, el control de los riesgos, respondiendo así a las demandas industriales y de la sociedad. Sus ejes de investigación se integran en el ámbito de las ecotecnologías consideradas como tecnologías, procesos, productos y servicios que tienden a disminuir el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente.

Para responder a estos objetivos, el LGEI desarrolla una investigación pluridisciplinar cubriendo un campo de investigación amplio, apoyándose sobre disciplinas complementarias tales como : ingeniería de procesos, química analítica y metrología, microbiología, biología molecular, hidrología, hidrogeología, geomática, métodos geoestadísticos, informática y modelización, herramientas de simulación y ayuda a la decisión.

Las temáticas desarrolladas tratan de la proposición de herramientas de diagnóstico y de monitoreo para evaluar la calidad de recursos (detección y medida de los parámetros físico-químicos o biológicos), la gestión medioambiental integrada de los recursos sobre un territorio o un sitio industrial (flujo contaminante, materia, productos), la gestión y el control del riesgo (análisis de los peligros, de las consecuencias, y de vulnerabilidad).

Relativo a las ecotecnologías, los ejes de desarrollo conciernen a :

- el desarrollo de métodos de medida para cuantificar los contaminantes orgánicos o metales, adentro de diferentes matrices (agua, sedimentos, efluentes líquidos o gaseosos), el desarrollo de un sistema de biodetección o de biopruebas (evaluación de los efectos de los contaminantes) ;
- el desarrollo y el mejoramiento de procesos para tratar los efluentes líquidos o gaseosos. En esta focalización, un eje de mejoramiento trata de la funcionalidad de los

materiales de origen biológico (biopolímeros), mineral o sintético con estructuraciones moleculares varias (compositas, nanoestructuras), o varios acondicionamientos (encapsulación) y de la utilización de procesos biológicos en la depuración ;

- el estudio de sectores de reutilización y de reciclaje de los recursos (*re-use*) enfocada desde el ángulo calidad/uso.

A fin de sostener estas problemáticas, el LGEI dispone de instalaciones de laboratorio (HPLC/MS/MS, GC/MS/MS, ICP, extractores...), y de un galpón de pruebas permitiendo las experimentaciones a escala piloto semi-industrial. Estos equipamientos están disponibles para los equipos académicos e industriales en el marco de plataformas tecnológicas regionales.

Por otro lado, el LGEI está interesado en la plataforma Ecotech-LR (*cf. p. 43*) desde su creación y está involucrado en el polo ELSA (*Environmental Lifecycle & Sustainability Assessment, cf. p. 32*). En el seno de este polo, el LGEI conduce específicamente el eje « Ecología industrial ». En fin, el LGEI forma parte del Instituto Carnot M.I.N.E.S., cuya labelización ha sido renovada, mostrando así el papel privilegiado de las relaciones del LGEI con el sector económico. El laboratorio está involucrado en los polos de competitividad Agua, Trimatec, Riesgos y vulnerabilidad de los territorios (*cf. p. 43*) y Eurobiomed. ■

El equipo principal

UPR LGEI
Laboratorio de Ingeniería del Medio Ambiente Industrial y de los Riesgos Industriales y Naturales
 (EMA)
 29 científicos

Otros equipos relacionados con este tema

UMR ITAP
Información-Tecnologías-Análisis medioambiental – Procesos agrícolas
 (Montpellier SupAgro/IRSTEA)
 27 científicos

UPR Reciclaje y Riesgo
 (CIRAD)
 13 científicos



N. Rabesokotany © CIRAD

▲ Utilización de un espectrómetro infrarrojo cercano de terreno para la calificación agronómica y energética de literas de ave.

Elección del modo de valorización de los residuos a partir de su caracterización por espectrometría infrarroja cercana

En la isla de la Reunión, la producción creciente de residuos orgánicos (lodos de depuración, fracción de fermentación de los residuos domésticos, desechos verdes, efluentes de ganadería y residuos agroalimentarios), calificados materias orgánicas exógenas (MOEx), está relacionada directamente con el aumento de la población y el desarrollo de las actividades de ganadería. La insularidad y el aislamiento de la Reunión impiden la exportación de los MOEx ; su gestión tiene que ser tratada localmente. Desde luego, dos vías importantes de valorización se pueden considerar : ❶ para el mantenimiento y la mejora de la fertilidad los suelos, ❷ para la producción de energía renovable. La elección de valorización más adecuada se puede aclarar por la elaboración de una tipología de los MOEx para juzgar del equilibrio interés vs riesgo (por ej. emisión de gases de efecto invernadero). El desarrollo de herramientas de especificación de los MOEx representa entonces un reto científico para responder a la preocupación de su gestión en un contexto de desarrollo sostenible.

La espectrometría infrarroja cercana (EIRC), técnica cualitativa y cuantitativa, se pone en práctica ; es necesario un proceso de calibración para convertir un espectro en un parámetro de interés (por ej. concentración de un constituyente), gracias a herramientas estadísticas. El modelo elaborado sirve luego para predecir el parámetro considerado a partir de espectros EIRC de muestras comparables con los de la estándares de calibración. El EIRC es utilizado para completar juegos de datos de referencia obtenidos sobre el terreno o en laboratorio : potencial de transformación del nitrógeno y del carbono (potencial « humus »), potencial de combustión, potencial metano. Esta técnica, aplicada a los MOEx brutos o en curso de transformación (por ej. compostaje, metanización), debe permitir la producción rápida, fiable y poco costosa, de datos para la evaluación de varios pautas de utilización de estos recursos.

Contacto : Laurent Thuriès, laurent.thuries@cirad.fr



▲ Vista aérea de Port Camargue (Francia).

© Michel Cavailles

Proyecto ECODREDGE-MED

método y técnica de gestión global y local de los productos de dragado portuario

En Francia, 50 millones de m³ de sedimentos marinos son dragados anualmente, de los cuales 17,5 millones de m³/año se encuentran en los puertos de la costa atlántica mientras el volumen dragado es menor en la costa mediterránea. Los puertos pequeños y las marinas producen cerca de una cuarta parte de los lodos de dragado de sedimentos marinos en Francia. En este contexto, el Grenelle del Mar ha formulado ciertos compromisos para la reducción de contaminaciones marítimas relacionadas con los dragados, entre otros prohibir el rechazo en el mar de los lodos de dragado contaminados y poner en funcionamiento sectores de tratamiento de los lodos.

ECODREDGE-MED, proyecto colaborativo iniciado por la Administración Autónoma que gestiona el puerto de Port-Camargue, propone un enfoque innovador para una gestión sostenible de los sedimentos portuarios. El objetivo es, por un lado desarrollar una tecnología de dragado y de tratamiento de los materiales sin almacenamiento provisorio sobre el suelo y, por otro lado identificar sectores de valorización al nivel local que responden a la demanda de materiales. Este proyecto ha sido labelizado por el Polo de Competitividad EAU y se integra en el eje 2 « Gestión concertada de los recursos y de los usos ».

Tiene como objetivos científicos :

- desarrollar metodologías par evaluar mejor el potencial de valorización de los sedimentos dragados, respetando las limitaciones medioambientales ;
- definir las limitaciones al nivel de la formulación de los materiales con vistas de su valorización ;
- seguir los efectos de las operaciones de dragado sobre la movilización de los metales y compuestos orgánicos, como en su eco-toxicidad ;
- desarrollar herramientas de trazado de los recursos de polución.

ECODREDGE-MED se beneficia con el apoyo de varias empresas privadas calificadas (BEC, BRL-I, SOLS Med), y de laboratorios de investigación LGEI (EMA), UMR Hydrosciences Montpellier (CNRS, IRD, UMI, UM2), UMR Ecología de los sistemas marinos costeros (CNRS, IFREMER, IRD, UMI, UM2). La empresa EMCC, especializada en los trabajos de dragado y perteneciente al Grupo Vinci, viene a completar el consorcio. Este proyecto está financiado por el FUI, el FEDER, OSEO y la Región Languedoc-Roussillon.

Contactos : Michel Cavailles, m.cavailles@portcamargue.com
 Catherine Gonzalez, catherine.gonzalez@mines-ales.fr
 & Éric Garcia-Diaz, eric.garcia-diaz@mines-ales.fr

¿Qué tecnologías para qué contaminaciones ?



© Ingrid Bazin

▲ Maletín para la biodetección de terreno.

Los desarrollos tecnológicos llevados actualmente en el LGEI pretenden elaborar nuevos sistemas de detección dedicados a un contaminante determinado, o a cierto tipo de efecto inducido, y también mejorar la instrumentación desde el punto de vista de la precisión, de la fiabilidad, de la velocidad de medida, de la automatización, de la miniaturización y del costo. Se ha puesto el acento sobre la validación in situ de los nuevos captors (especialmente biocaptors y captors pasivos) a fin de demostrar su potencial para la vigilancia, el diagnóstico, y la gestión de recursos.

Estos captors permiten implementar el screening de los contaminantes orgánicos persistentes (pesticidas, PCB, HAP), para controlar los recursos (agua, sedimento por ejemplo), y evidenciar su nivel de contaminación a fin de prever su reutilización, o no, o su reciclaje. Estos ejes de investigación están directamente relacionados con las preocupaciones del polo de competitividad EAU, entre otros : la miniaturización de captors, el mejoramiento de las redes de captors, la transmisión de datos...

El suelo, segundo almacenamiento de carbono (C), después de las rocas y de los océanos, y muy por delante de la biomasa, representa una de las principales vías de almacenamiento del C. Según el protocolo de Kyoto, los agricultores podrían tener una remuneración por este servicio de almacenamiento, con dos tipos de contrato: remuneración para las buenas prácticas o créditos carbono generados. Esta segunda alternativa, la más eficiente, exige saber medir el carbono secuestrado, de manera precisa y a bajo costo.



Evaluar el secuestro de carbono en los suelos por espectrometría infrarroja cercana

Basado en un consorcio internacional (UMR ITAP, UMR Eco&Sols, INRA Orleans, Universidad de Sydney ; con el apoyo financiero ADEME y ministerio del Medio Ambiente), el proyecto INCA — se ha elaborado durante un intercambio entre investigadores, financiado por la Región vía la plataforma EcoTech-LR, para desarrollar instalaciones y un método de medida de la concentración volumétrica de C en los suelos. Este método, basado sobre la EIRC deberá ponerse en práctica en el campo para evitar los costos de extracción/preparación de muestras y permitir repetir las medidas.

Medida por EIRC sobre suelos en laboratorio : la cabeza de ▲ medida es aplicada sobre muestras de suelos triturados y tamizados para la toma de espectro.

Todavía persisten varios impedimentos metodológicos y tecnológico: ¿Cómo predecir la concentración volumétrica del carbono? ¿Cómo modelizar las interacciones suelo / radiación infrarroja para optimizar el interfaz óptico y mejorar la robustez de la medida? ¿Cuál es la sensibilidad de la medida condicionada a factores externos (temperatura, humedad...) ?

¿Cómo hacer para que la medida sea robusta ? ¿Cómo utilizar una base de datos de espectros medidos sobre muestras secadas y trituradas (sacadas de la colección de la Red nacional de Medida de la Calidad de los Suelos) para aplicarla sobre muestras en el campo ?

¿Cómo mejorar la precisión y la robustez de la calibración, y especialmente reducir el error sistemático construyendo dicha calibración con enfoques quimiométricos alternativos ?

Estas preguntas son estudiadas mediante enfoques experimentales y de modelización en laboratorio. Se construirán bases espectrales, combinando datos existentes con nuevas adquisiciones de espectros y de datos. Este proyecto tendrá que validar un concepto de captor portátil utilizable en el campo.

Contacto : Alexia Gobrecht, alexia.gobrecht@irstea.fr

Actualmente se focaliza sobre dos ejes principales de desarrollo:

- **Desarrollo de captores pasivos** para herbicidas polares (estudio de modelos cinéticos de retención, optimización de las fases receptoras, calibrado en laboratorio y in situ). En el marco de una tesis codirigida con el BRGM de Orleans, estos captores son aplicados para el monitoreo de recursos de agua (aguas de superficie, y aguas subterráneas). Estas herramientas de screening están empleados también para evaluar los recursos de contaminación potenciales sobre el medio acuático durante los trabajos de dragado (proyecto ECODREDGE-MED, cf. más arriba).
- **Desarrollo de biocaptors**, basado en un sistema de reconocimiento molecular (anticuerpo) inmovilizado sobre un soporte original (biopolímero), acoplado con un sistema de transformación de la señal, para cuantificar el nivel de contaminación. Ese sistema está integrado adentro del desarrollo de un instrumento para la medida biológica multiparamétrica de contaminantes en continuo, (ANR COMBITOX). Por último, estos trabajos han permitido desarrollar una maletín de terreno para la detección de toxinas medioambientales.

**Contactos : Catherine Gonzalez, catherine.gonzalez@mines-ales.fr
& Ingrid Bazin, ingrid.bazin@mines-ales.fr**



▲ Captors pasivos empleados sobre el sitio.

© SyWe Spinelli