



## Appel à projet n° 2-15

Date limite d'envoi des réponses : **Mardi 2 octobre 2018**

### **Etat de l'art des procédés innovants d'élimination de la DCO dure et des micropolluants des effluents liquides**

#### **Contexte**

Les différents polluants contenus dans les effluents liquides, suivant leur nature, font classiquement l'objet de traitements à l'aide de procédés conventionnels. Citons par exemple les séparations par résines échangeuses d'ions, par osmose inverse, la précipitation, l'adsorption des composés organiques et tous les procédés biologiques.

Mais des problématiques nouvelles apparaissent avec le besoin de prendre en compte les polluants émergents réfractaires dans les eaux usées et les effluents industriels (composés phénoliques, organochlorés et organofluorés, antibiotiques, etc.). Ces contaminants échappent pour la plupart aux traitements des eaux usées couramment mis en œuvre.

Il est donc nécessaire de développer des procédés d'élimination de la DCO dure (réfractaire), non biodégradable (ou difficilement), à des coûts économiquement acceptables. Les procédés en question sont essentiellement des procédés d'oxydation avancée (POA), basés sur la production d'entités radicalaires, notamment les radicaux hydroxyles ( $\text{HO}^\bullet$ ) qui sont de puissants agents oxydants, susceptibles de réagir avec pratiquement toutes les molécules organiques.

Les POA peuvent être subdivisés en deux groupes principaux :

- les procédés d'oxydation chimiques (réactif de Fenton  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$  et peroxonation  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ ) et d'ozonation sur catalyseur supporté (couple  $\text{O}_3/\text{cat}$ ),
- les procédés photo-catalytiques ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ,  $\text{O}_3/\text{UV}$  et  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ;  $\text{TiO}_2/\text{UV}$ ).

Cependant, ces POA nécessitent une consommation d'énergie spécifique importante (UV,  $\text{O}_3$ ), ainsi que le recours à des quantités importantes de réactifs ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , etc.).

Les procédés d'oxydation électrochimiques et les procédés d'oxydation sonochimiques apparaissent comme des alternatives possibles à ces procédés de traitement par voie chimique et/ou photo-catalytique.

Les POA électrochimiques (POAE) permettent, par génération électrochimique de radicaux HO°, l'oxydation complète d'un grand nombre de molécules organiques. Ces POAE ont l'avantage d'utiliser de l'électricité plutôt que des intrants chimiques, d'offrir une efficacité énergétique élevée, une facilité d'automatisation et de sécurité.

Les POA sonochimiques (POAS), basés sur l'utilisation d'ultrasons, ont l'intérêt d'être non polluants et faciles à automatiser. En milieu aqueux, les ultrasons (US) peuvent agir suivant deux modes, soit par action chimique (indirecte), par rupture homolytique de la molécule d'eau, conduisant à la génération de radicaux libres (HO°, HO<sub>2</sub>° et O°), soit par une action physique (directe) par cavitation.

### **Objectifs**

Réaliser un état de l'art sur les procédés POA alternatifs et innovants, à savoir électrochimiques ou sonochimiques, actuellement en développement dans le monde pour le traitement de la DCO dure et des micropolluants récalcitrants, contenus dans des effluents liquides.

Comparer les avantages/inconvénients (performances, coûts d'équipements et de fonctionnement, impacts environnementaux) de ces nouveaux types de procédés et de leurs éventuels couplages, par rapport aux procédés conventionnels ainsi qu'aux procédés POA chimiques et photochimiques.

### **Contenu de l'étude - Programme de travail**

Le proposant fera, dans un premier temps, un inventaire des polluants émergents dans les eaux usées et effluents industriels, réfractaires aux traitements conventionnels, en précisant l'origine, la nature, la composition, les quantités annuelles à traiter par secteur d'activité (France et Monde).

Il rappellera le principe et les technologies actuellement utilisées, soit de manière conventionnelle, soit pour l'oxydation avancée de cette DCO dure (POA chimiques et photo-catalytiques), en précisant les performances, les limites, les coûts et l'impact environnemental.

Le proposant abordera, dans un deuxième temps, les principes et technologies à mettre en œuvre dans les nouveaux POA (électrochimiques et sonochimiques).

Par le biais d'une revue scientifique, il détaillera les mécanismes réactionnels mis en jeu dans ces procédés, les cinétiques, les conditions réactionnelles à mettre en œuvre, les performances en abattement de polluants récalcitrants, les limites ainsi que les technologies associées.

Il étudiera les aspects de dimensionnement et d'extrapolation de ces procédés.

Il réalisera, pour ces procédés (POA électrochimiques et sonochimiques), l'état de la R&D et des réalisations dans le domaine (pilote, unité commerciale) dans le monde et identifiera les verrous scientifiques et technico-économiques associés (par exemple, nature et coûts des électrodes en POAE, etc.) ainsi que les axes de progrès proposés ou décrits.

Il effectuera une comparaison des performances, impacts environnementaux et coûts prévisibles (équipements et fonctionnement) des POA électrochimiques et sonochimiques et de leurs éventuels couplages, par rapport à ceux des procédés conventionnels et des POA actuellement utilisés (POA chimiques et photo-catalytiques) ou en développement, tels que les procédés membranaires, type nanofiltration.

Enfin, il évaluera le potentiel d'émergence de ces procédés innovants.

-----  
-> *En complément des recherches bibliographiques, des entretiens avec des industriels concernés, des organisations publiques et privés sont à prévoir et à expliciter dans la réponse.*

-> *Les proposant feront preuve d'initiative quant à la structuration du projet et présenteront dans leur réponse une organisation appropriée de la mission ; organisation qui devra permettre de répondre au mieux aux objectifs énoncés, notamment via la réalisation des éléments demandés ci-dessus.*

### **Durée de l'étude**

10 à 12 mois

### **Cadre budgétaire**

30 000 euros hors taxes

### **Déroulement de l'étude et livrables exigés**

- **Déroulement d'une étude et procédures à suivre :**

<https://www.record-net.org/deroulement-etude/>

- Il est à noter qu'en fin de projet, à l'issue des réunions de travail telles que décrites dans la page ci-dessus, l'équipe organisera une réunion de restitution d'une heure environ par web conférence

(système supporté par RECORD). Ce webinar aura pour but de présenter de manière didactique, les résultats détaillés de l'étude à l'ensemble des membres de RECORD et à toute personne que RECORD souhaitera convier.

- **Livrables**

- Au minimum, 1 rapport intermédiaire en français (rapport « rédigé », pas de rendu sous forme de Powerpoint),
- 1 rapport final en français (rapport « rédigé », pas de rendu sous forme de Powerpoint),
- 1 diaporama en français présentant de manière synthétique les principaux enseignements de l'étude (PowerPoint d'une vingtaine de slides),
- 1 diaporama en anglais présentant de manière synthétique les principaux enseignements de l'étude (PowerPoint d'une vingtaine de slides),
- 1 synthèse détaillée des travaux en français et en anglais (environ 3000 mots par langue),
- Animation d'un webinar (comme explicité ci-dessus).

*Des compléments d'information concernant ces livrables (modèles à suivre, diffusion, etc.) sont disponibles via le lien mentionné ci-dessus.*

### **Valorisation**

Si le contenu du travail réalisé le permet, l'équipe retenue sera tenue de participer, à la demande de RECORD, à des actions de valorisation des résultats acquis au terme de ce projet (publication, séminaire). La réponse à cet appel pourra intégrer un développement sur ce point (valorisation envisagée : oui / non, moyens de valorisation adaptés au sujet, etc.).

### **Dépôt des projets**

Les projets devront impérativement être présentés en utilisant le **formulaire** disponible sur le site de RECORD, à la page de parution des appels d'offre.

Les réponses sont à retourner pour le **Mardi 2 octobre 2018** dernier délai (date d'envoi du courriel et du dépôt sur le site).

Chaque dossier doit impérativement être fourni à la fois :

Par dépôt à l'adresse suivante :

<https://record-net.org/appels-d-offres>

ET par courriel à

[contact@record-net.org](mailto:contact@record-net.org)

**Evaluation des réponses**

Au delà de la conformité des réponses aux consignes mentionnées ci-dessus et au modèle de réponse demandé par RECORD, les principaux critères d'évaluation seront la qualité et l'argumentation de la réponse, les compétences de l'équipe candidate (expériences, publications, etc.), la qualité et la disponibilité du personnel mis à disposition pour la réalisation du projet.