# Production photo-assistée d'hydrogène à partir de l'oxydation de l'urée

Christine Cachet-Vivier– Stéphane Bastide
Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est
UMR 7182 CNRS – UPEC - Thiais

**Comité d'Orientation et de Stratégie Partenariale,** Université Paris-Est Créteil

Jeudi 14 novembre 2019

# Les partenaires du projet

C. Cachet-Vivier, S. Bastide, D. Muller-Bouvet, R. Bensimon, M. Latroche

photo/électrochimie appliquée, matériaux, stockage de $H_2$

Industriel de bien public, Colombes (92)
Traitement des eaux usées de 9 millions de Franciliens

Plateforme analytique

Laboratoire des Interfaces et Systèmes Electrochimiques
UMR 8285 Paris, Sorbonne Université CNRS

Électrochimie fondamentale

UMR
Université Paul Sabatier – INPT-CNRS

Génie électrochimique

# Qui sommes-nous?

**Département**
**Matériaux Métalliques et Inorganiques**
**Equipe Chimie Métallurgique des Terres Rares**

**Groupe : Photo/Électrocatalyse pour l'Énergie et l'Environnement**

C. Cachet-Vivier
PR UPEC

S. Bastide
CR CNRS

D. Muller-Bouvet
MCF UPEC

E. Torralba
CR CNRS

R. Bensimon
AI UPEC

Dépollution de l'eau et de l'air + Production de combustibles solaires (Solar fuels) par photoélectrochimie (électron + énergie solaire)

↓

**2 thématiques principales:**

- Photo-électro-réduction du $CO_2$ pour produire $CH_3OH$, $CH_4$, $C_2H_5OH$ ….
- Production photo-assistée de $H_2$ par oxydation de l'urée provenant des urines

# Nos compétences

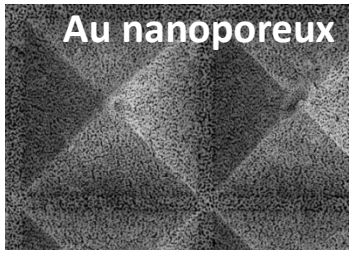
***Électrochimie appliquée*** ***Photoélectrochimie***

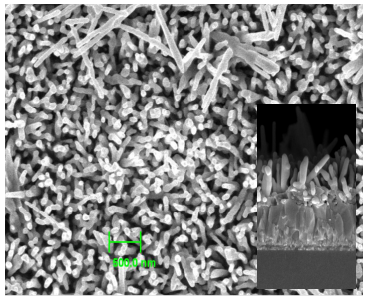
***Synthèse de semiconducteurs et métaux nanostructurés***

***Caractérisations morphologique et structurale***

***Plateformes technologiques de l'ICMPE***

***"Techniques de caractérisation et d'analyse" et " Microscopie électronique "***



**Nanofils de $Fe_2O_3$**

# Origine du projet

**Thèse P. Mirzaei (2015-2018):** électro-réduction des nitrates et électro-oxydation de l'urée

**Publication:** Étude de composites Carbone + Nanoparticules de Ni et Ni-Rh pour l'électro-oxydation de l'urée,
P. Mirzaei, S. Bastide, A. Dassy, R. Bensimon, J. Bourgon, A. Aghajani, C. Zlotea, D. Muller-Bouvet, C. Cachet-Vivier,
***Electrochimica Acta 297 (2019) 715***

$$CO(NH_2)_2 + 6\ OH^- \rightarrow N_2 + CO_2 + 5\ H_2O + 6\ e^-$$

**Ni/C**
**$Ni_{91}Rh_9/C$**
**$Ni_{79}Rh_{21}/C$**
**$Ni_{49}Rh_{51}/C$**
**$Ni_{24}Rh_{76}/C$**
**Rh/C**

Analyse élémentaire ICP-EDX

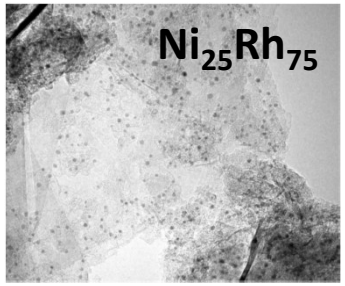
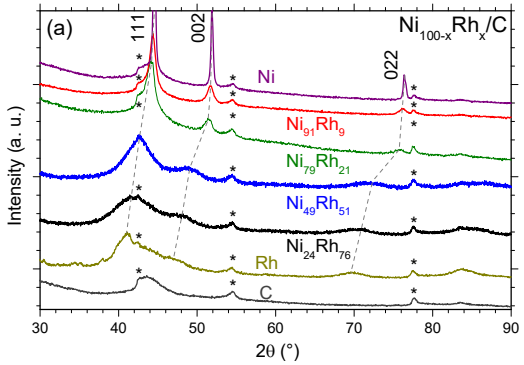
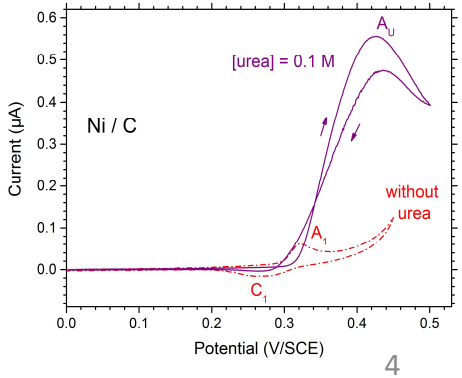



Image de Microscopie électronique en transmission




Diffraction des rayons X




Electrochimie

# Production de $H_2$ à partir de l'électro-oxydation de l'urée: PRINCIPE

*Boggs, King, Botte, Chem. Comm. 2009*

**Électrolyse de l'urée en milieu alcalin** $CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow N_2 + CO_2 + 3\ H_2$ **$\Delta E°' = 0{,}37$ V**

**Électrolyse de l'eau (water splitting)** $H_2O \rightarrow ½\ H_{2(g)} + O_2$ **$\Delta E° = 1{,}23$ V**

**Avantages :**
- **en théorie 3 fois moins d'énergie**
- **procédé électrolytique $\Rightarrow$ $H_2$ ultra-pur**
- **procédé photo-assisté $\Rightarrow$ énergie solaire**

## Pourquoi l'hydrogène ?

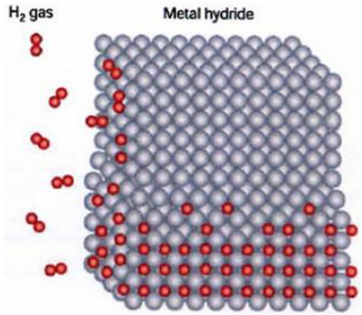
**Pile à combustible (Fuel cells)**

$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ + électricité

**Stockage sous pression**

4 stations à $H_2$ en IdF: Roissy, Orly, Pont de l'Alma et Loges-en-Josas.

**ICMPE**
**Stockage solide de $H_2$ : hydrures**




M. Latroche / F. Cuevas

# Valorisation des urines après une collecte sélective

**Urée = déchet humain valorisable**

↓

**collecte séparée des urines**

**20 g/pers.jour**

Énorme ressource inexploitée : 60 Mt/an mondial

- **Travail déjà engagé sur Paris-Est : Programme OCAPI**
  (Optimisation des cycles Carbone, Azote et Phosphore en ville)
  Fabien Esculier (LEESU, Marne) – SIAAP, https://www.leesu.fr/ocapi/
  *L'urine comme engrais en alternative aux engrais produits par la chimie*

- **Traitement photoélectrochimique à la source de l'urée en $H_2$**
  **Elimination de l'urée et valorisation de son énergie**
  Urée très concentrée dans l'urine [urée] = 0,33 mol $L^{-1}$
  → adapté pour les procédés photo/électrochimiques

# Historique du projet

**M2 Matériaux Avancés et Nano-Matériaux**
**UPEC-UPEM**
**Elaboration / Caractérisation des matériaux / Energie**

**Doctorant: EC urée sur catalyseurs NPs bimétalliques /C**

**M2 SIAAP** | **M2 SIAAP** | **M2 SIAAP**

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

**Electrochimie de l'urée**

**Photoélectrochimie de l'urée**

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

**Partenariat Industriel SIAAP**
*Programme MOCOPÉE (MOdélisation, Contrôle et Optimisation des Procédés d'Epuration des Eaux*
*Axe "Concepts innovants"*

***Dépôt ANR 2017***
***ICMPE – LISE -LGC***

***Dépôt ANR 2018***
***ICMPE – SIAAP –LISE -LGC***

***PROJET ANR HYUREA financé***
***ICMPE – SIAAP – LISE - LGC***

# Merci à l'ensemble des partenaires du projet

SIAAP
Service public de l'assainissement francilien

LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE
TOULOUSE • UMR 5503

**Equipe Chimie Métallurgique des Terres Rares**

## Merci de votre attention