

Des mousses de carbone à partir d'un résidu papetier

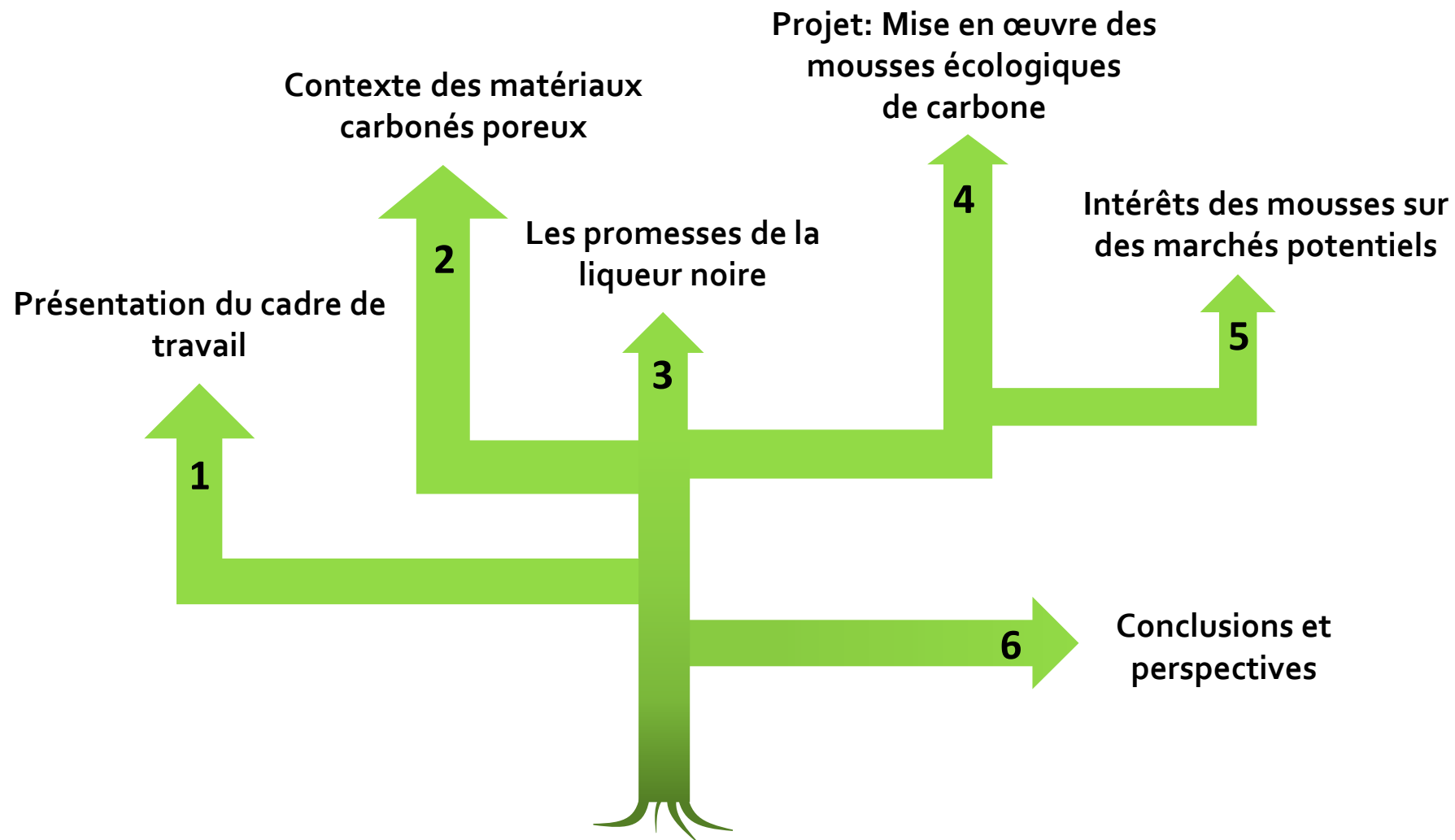
- Stratégie de synthèse par l'analyse du cycle de vie

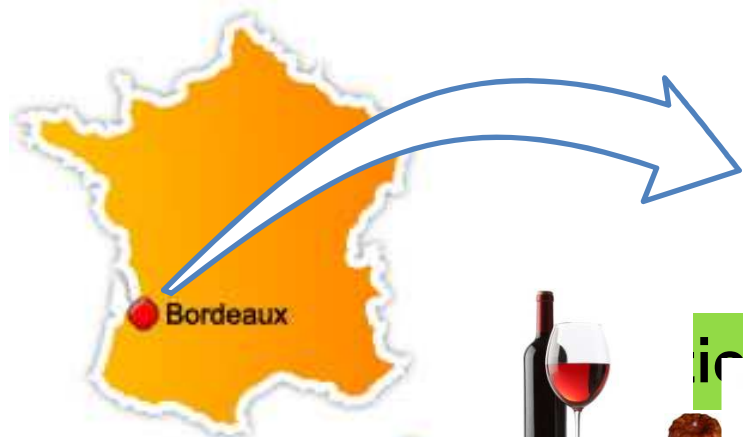
Amandine Foulet, Marc Birot, Hervé Deleuze & Guido Sonnemann
Institut des Sciences Moléculaires (ISM) – Université de Bordeaux - France



Journée nationale Thèses des Bois

PLAN DE LA PRÉSENTATION:





environnement du cadre de travail

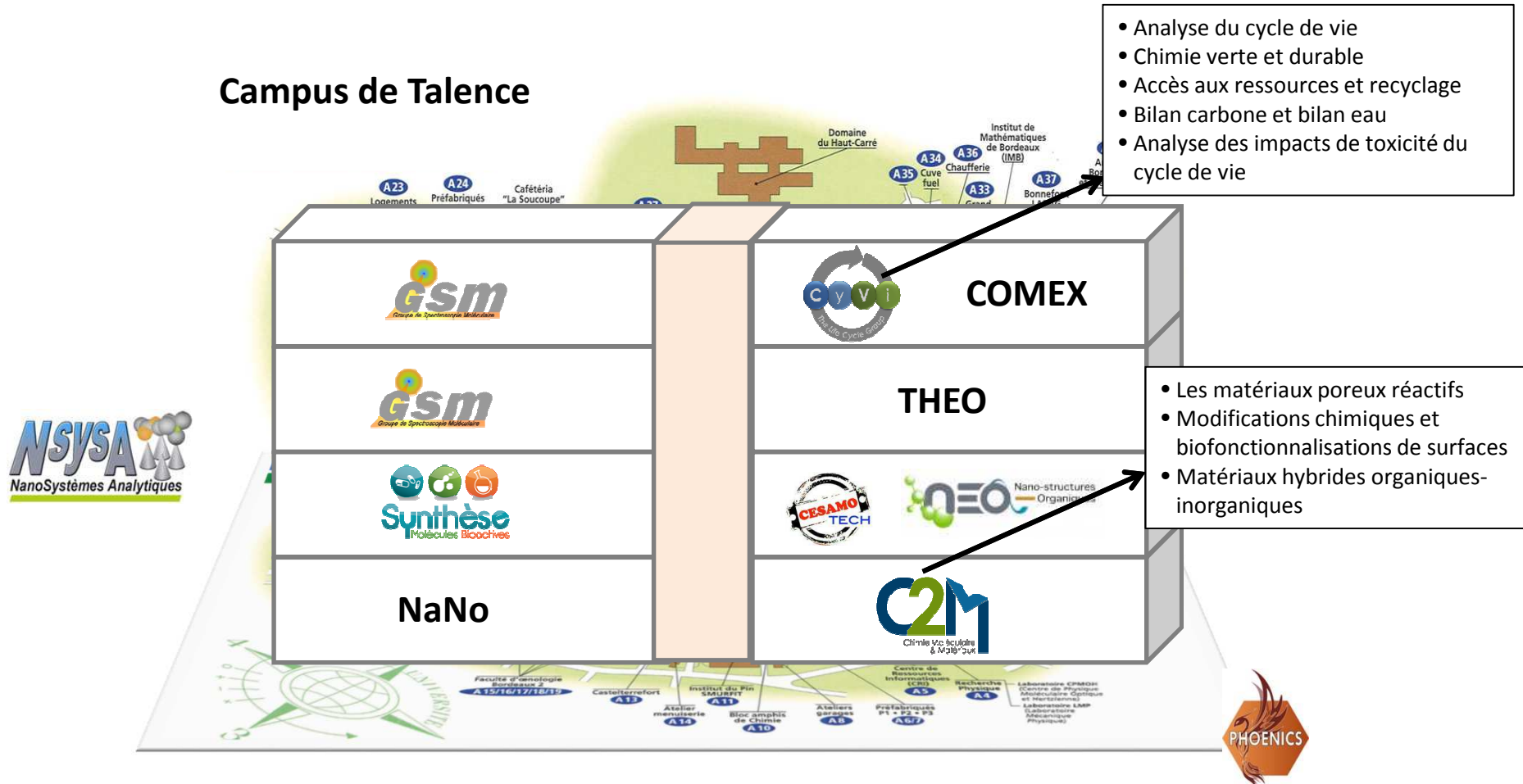


1. Présentation du cadre de travail

L'ISM est une Unité Mixte de Recherche CNRS / Université de Bordeaux / Institut Polytechnique de Bordeaux (ISM, UMR 5255 CNRS) dépendant de la Délégation Régionale Aquitaine-Limousin (DR 15)

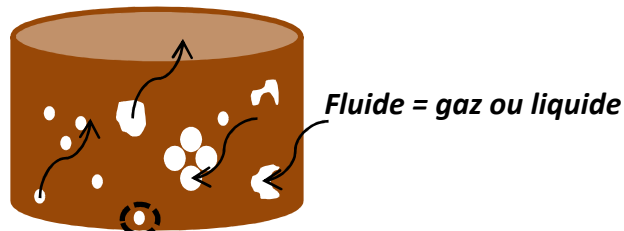
www.ism.u-bordeaux1.fr

Campus de Talence



Définition d'un matériau poreux:

Matrice solide contenant un espace poreux



La matrice solide:

- Inorganique
- Organique **Carbones poreux**
- Hybride

2. Contexte des matériaux carbonés poreux

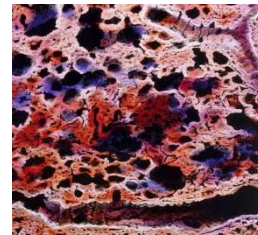
Exemples de la Nature:

Types de pore:

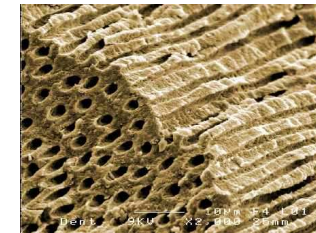
- Macropores > 50 nm
- Mésopores 2 nm < > 50 nm
- Micropores < 2 nm

Notion de porosité:

- Porosité ouverte
- Porosité fermée
- Calcul de la porosité: $\phi = \frac{V_{pores}}{V_{total}}$



Alvéoles pulmonaires



Dentine



Nid d'abeilles



Eponge de mer



Précurseur organique de carbone



**Procédé de
carbonisation**

*Traitement thermique
Balayage gazeux
Agent activant*

- Poids léger
- Propriétés mécaniques modulables
- Mise en œuvre diversifiée
- Porosité contrôlée

Nanotubes de carbone

**Xerogels et aérogels de
carbone**

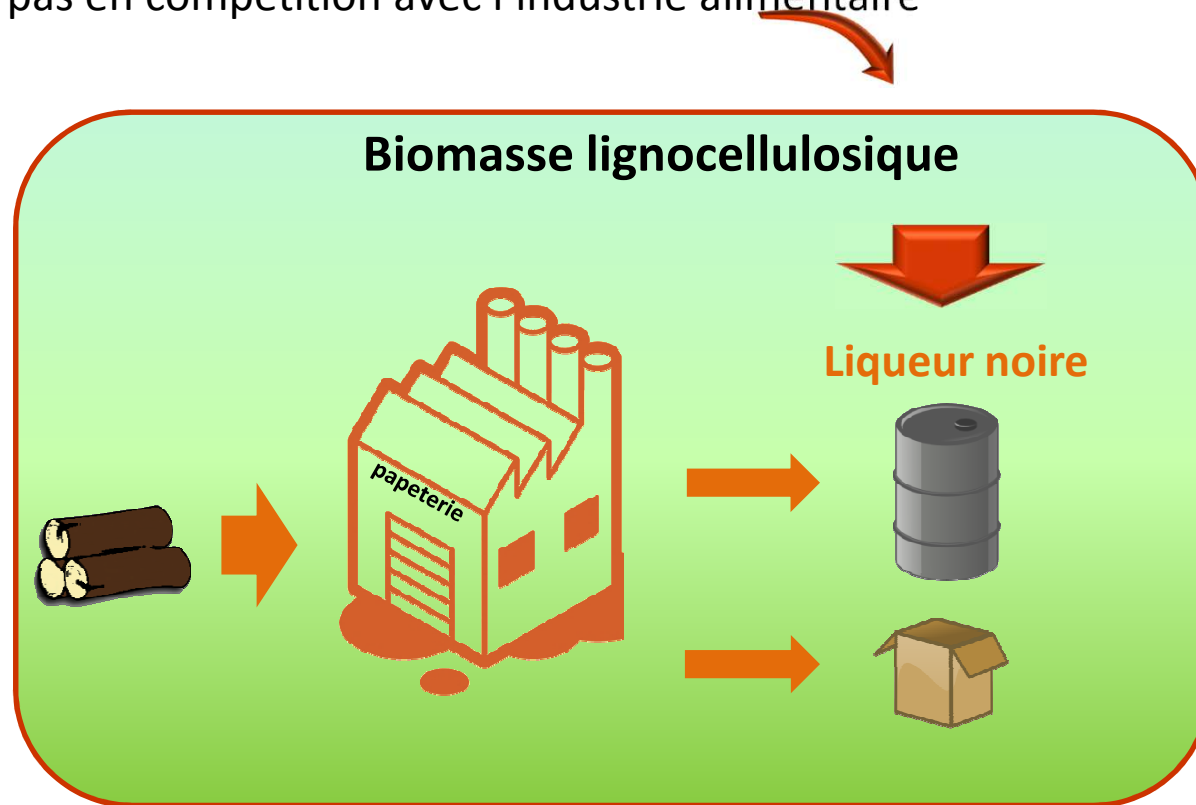
Fibres de carbone

Composites de carbone

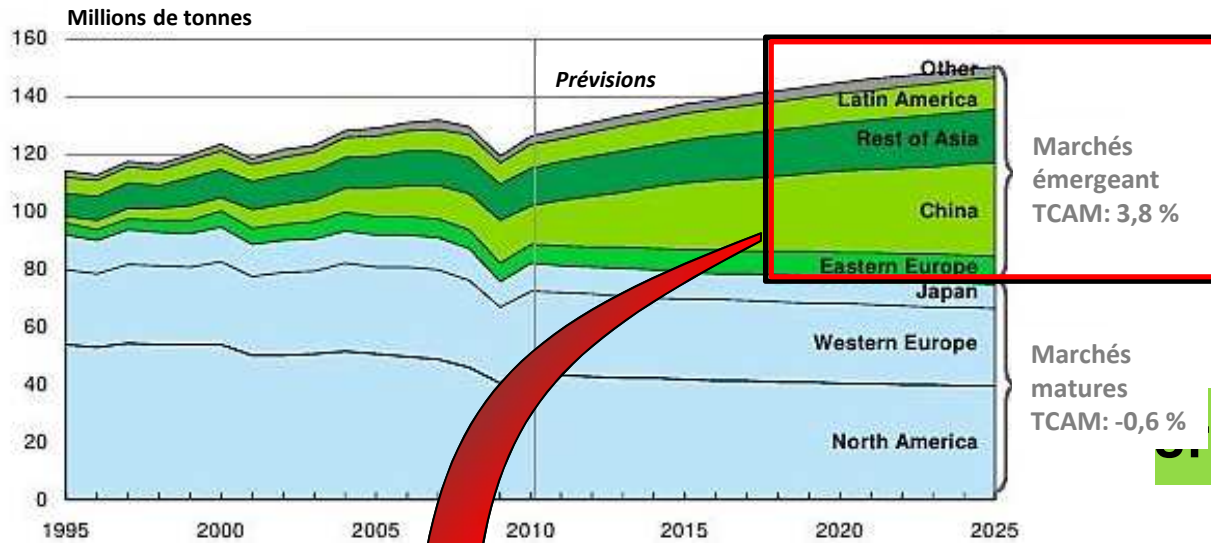
Mousses de carbone

Quelle source de précurseur de carbone ?

- Disponible
- Economique
- N'entrant pas en compétition avec l'industrie alimentaire

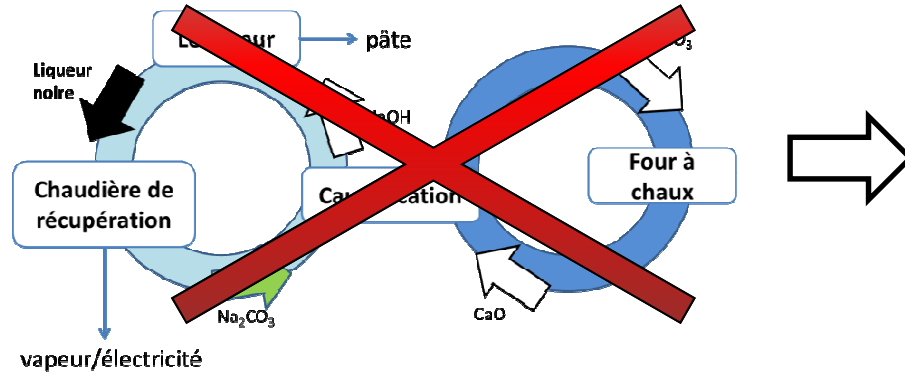


Demande mondiale en pâte chimique



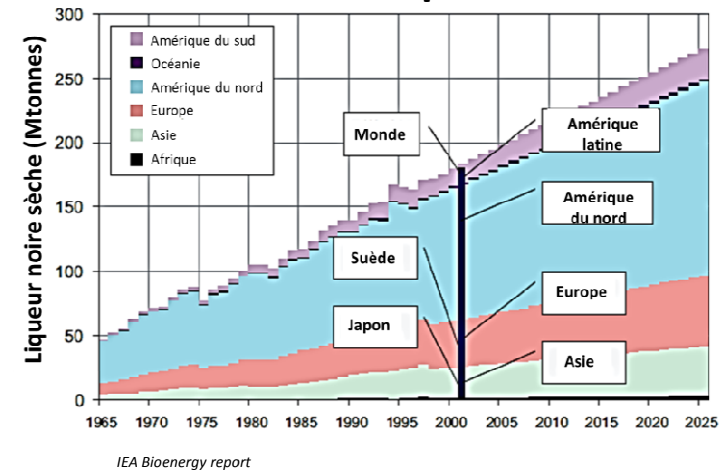
Source: PÖYRY

Procédé de recyclage de la liqueur noire intégré à la papeterie

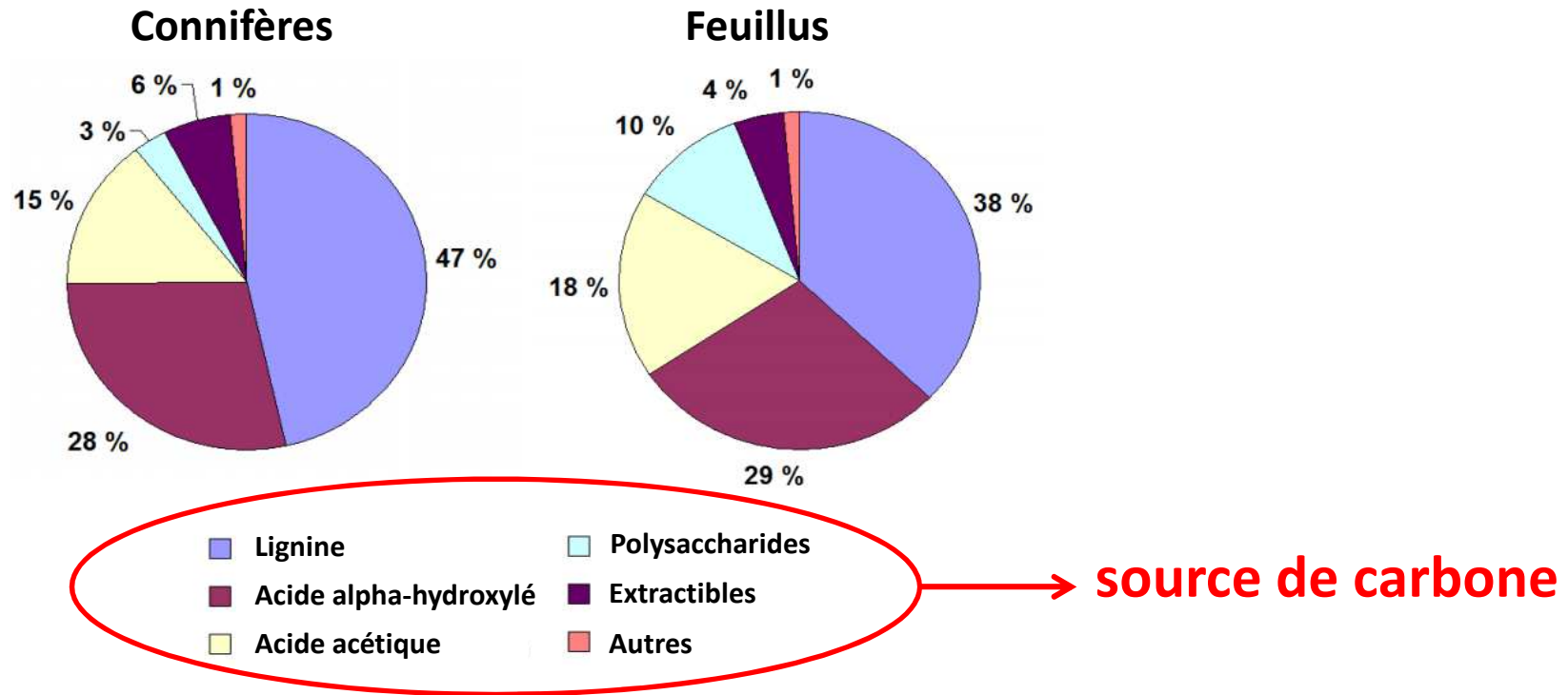


liqueur noire

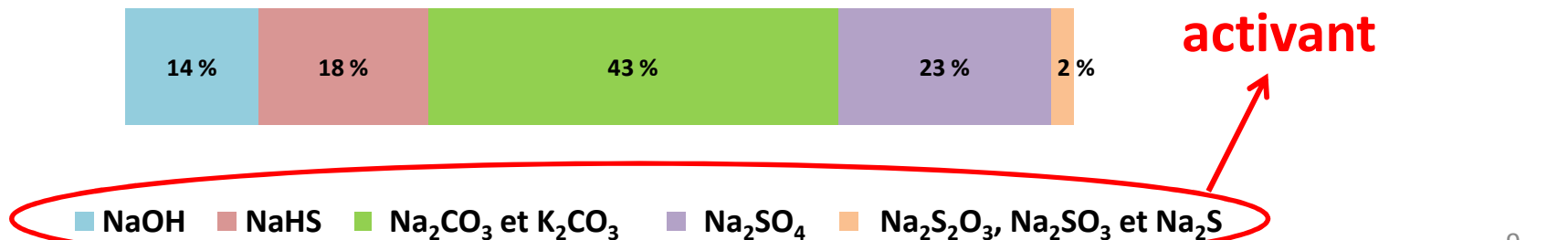
Production de liqueur noire



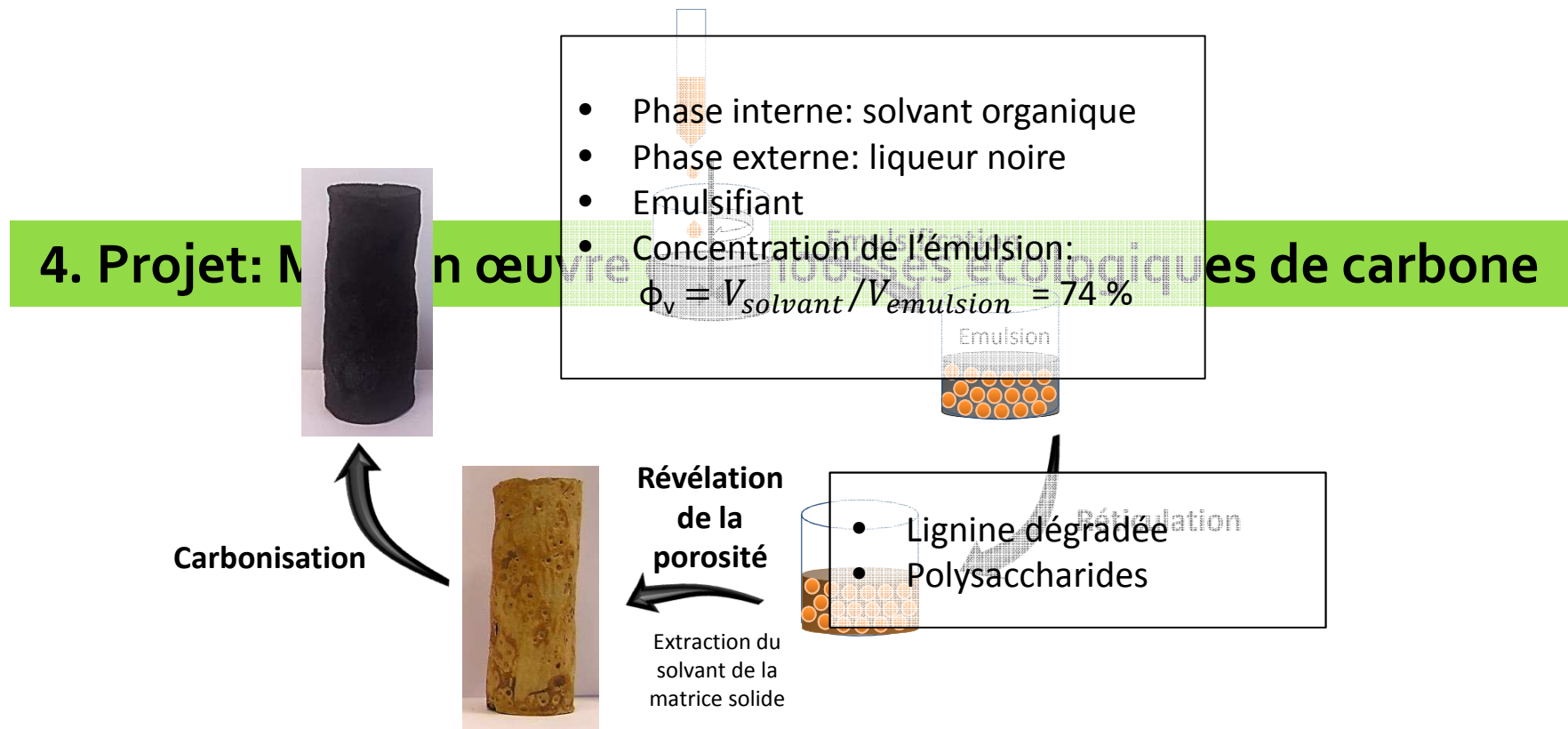
Composition de la matière **organique** de la liqueur noire:



Composition de la matière **inorganique** de la liqueur noire:



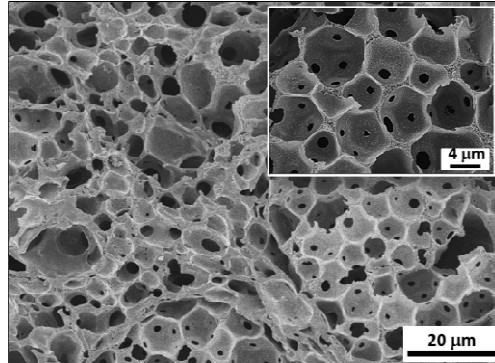
Préparation des mousses de carbone à partir de la liqueur noire:



A. Foulet, M. Birot, G. Sonnemann, and H. Deleuze, *Reactive & Functional Polymers* 90 (2015) 15–20

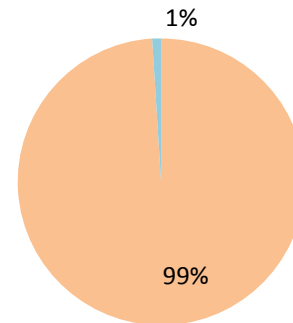
Propriétés poreuses des mousses de carbone:

★ Morphologie:

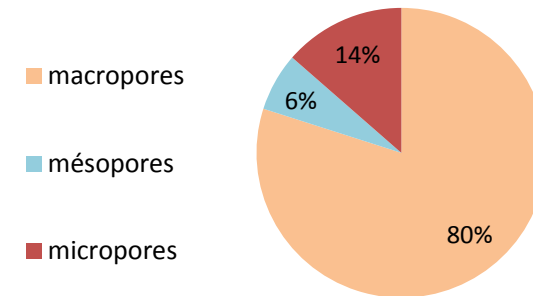


★ Répartition des pores:

Avant carbonisation (% volumiques):

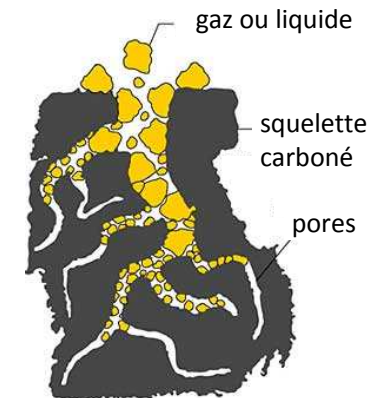
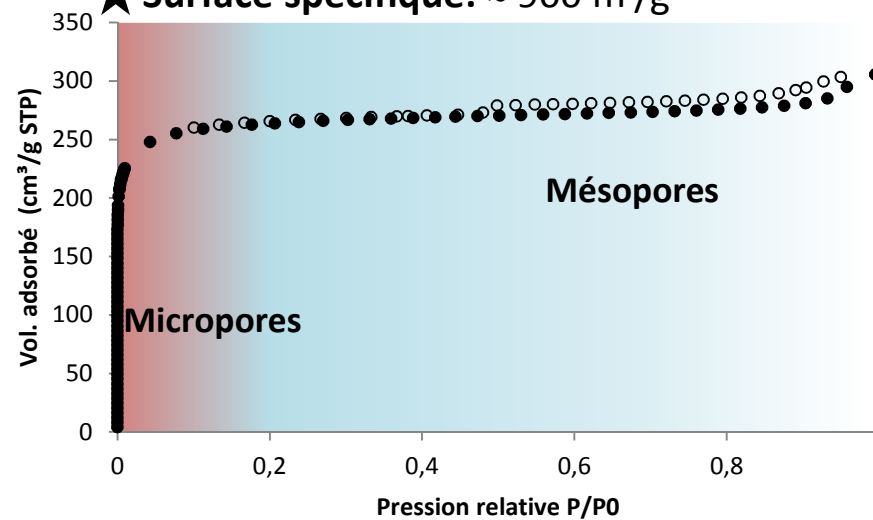


Après carbonisation (% volumiques):



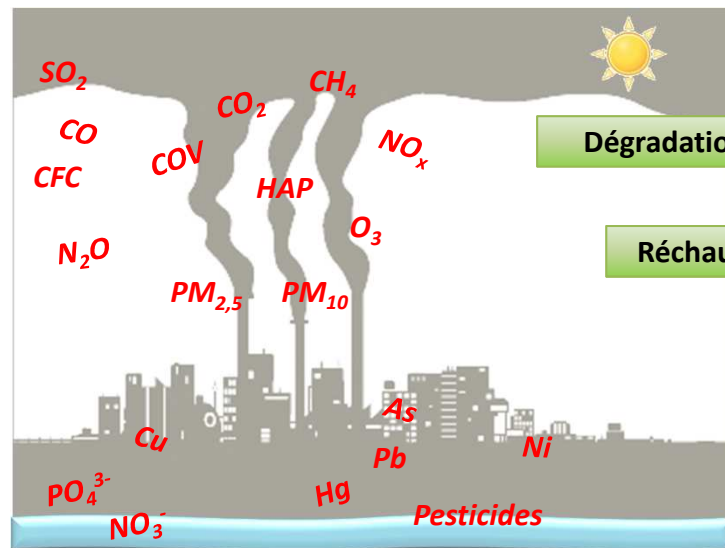
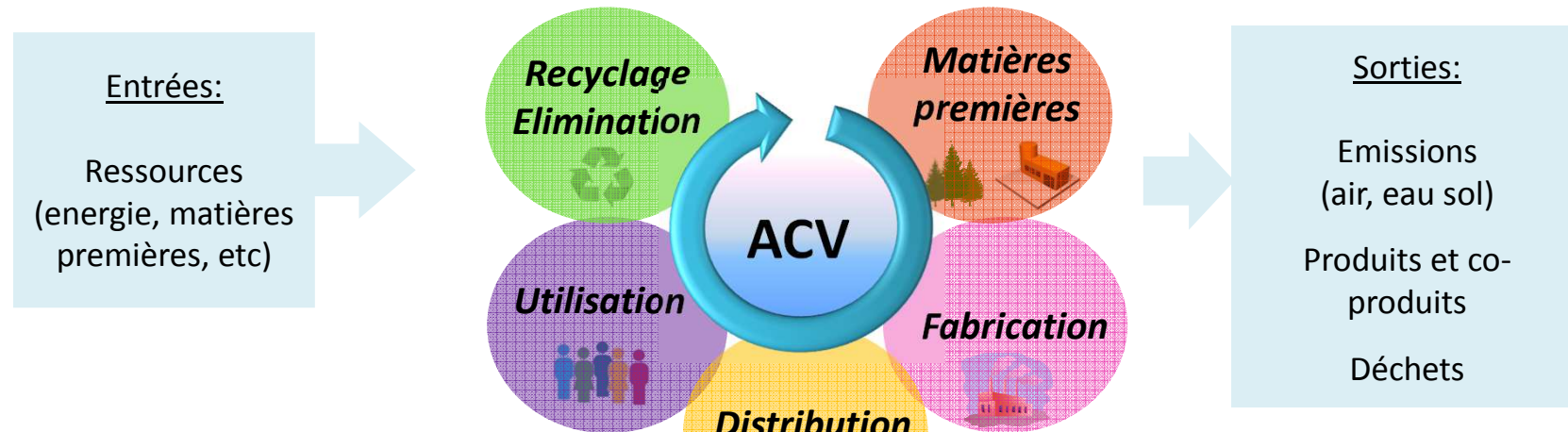
- Macropores: > 50 nm
- Mésopores: 2 nm < > 50 nm
- Micropores: < 2 nm

★ Surface spécifique: $\approx 900 \text{ m}^2/\text{g}$



Evaluation du profil environnemental par l'analyse du cycle de vie (ACV):

ISO 14040 / 14044



Dégradation de la couche d'ozone

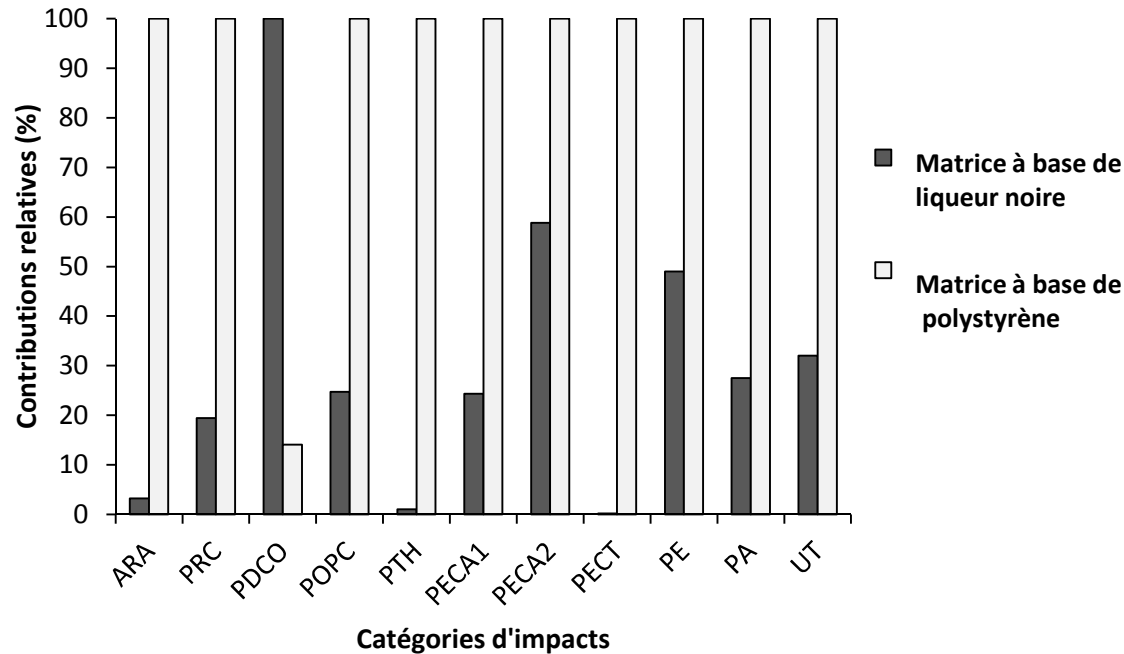
Réchauffement climatique

- Oxydation photochimique
- Acidification
- Toxicité pour l'Homme
- Ecotoxicité terrestre
- Epuisement des ressources naturelles
- Ecotoxicité aquatique
- Eutrophisation

4. Projet: Mise en œuvre des mousses écologiques de carbone

Evaluation du profil environnemental par l'analyse du cycle de vie (ACV) – comparaison avec un dérivé pétrochimique :

Données: base de données ACV (ecoinvent), littérature, estimations, mesures
Logiciel: SimaPro v8.0

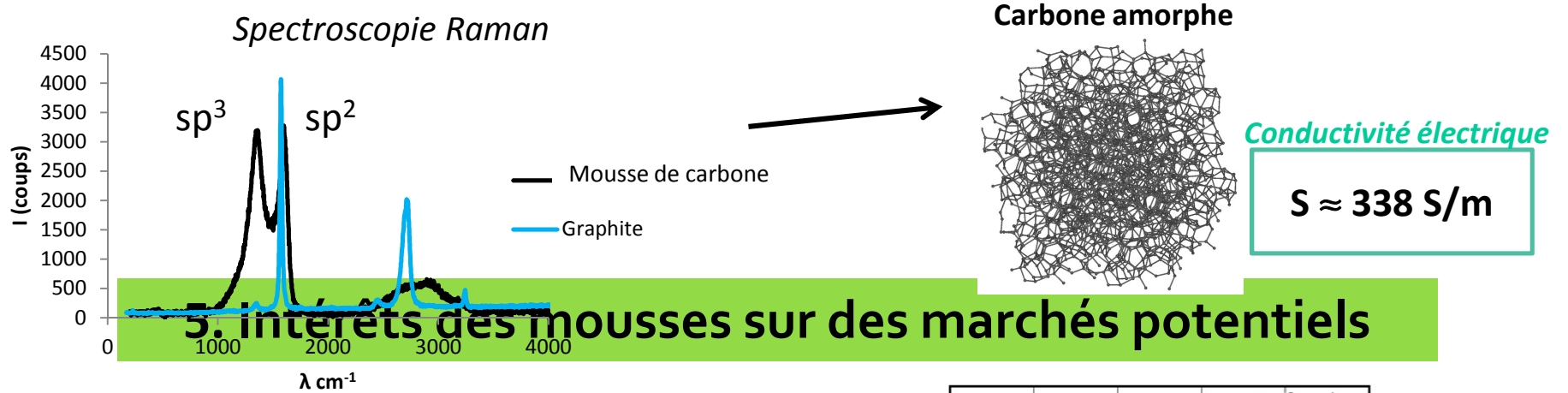


ARA : épuisement des ressources abiotiques
PRC : potentiel de réchauffement climatique
PDCO : dégradation de la couche d'ozone
PTH : toxicité pour l'Homme
PECA1 : écotoxicité aquatique (eau douce)
PECA2 : écotoxicité aquatique (milieux marins)
PECT : écotoxicité terrestre
POPC : oxydation photochimique
PA : acidification
PE : eutrophisation
UT : utilisation des terres

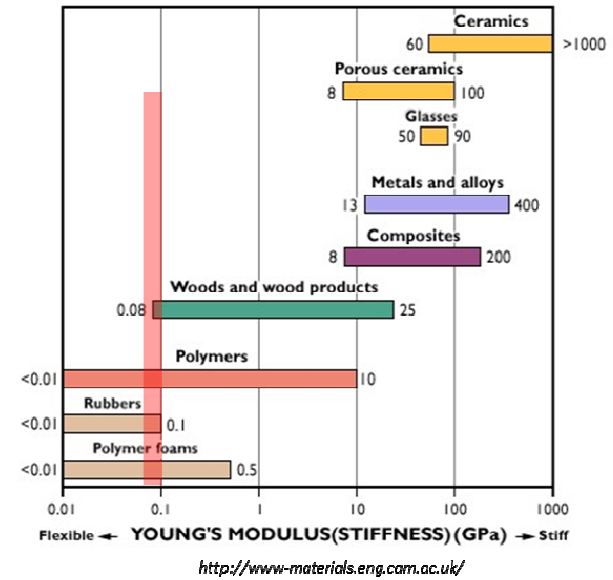
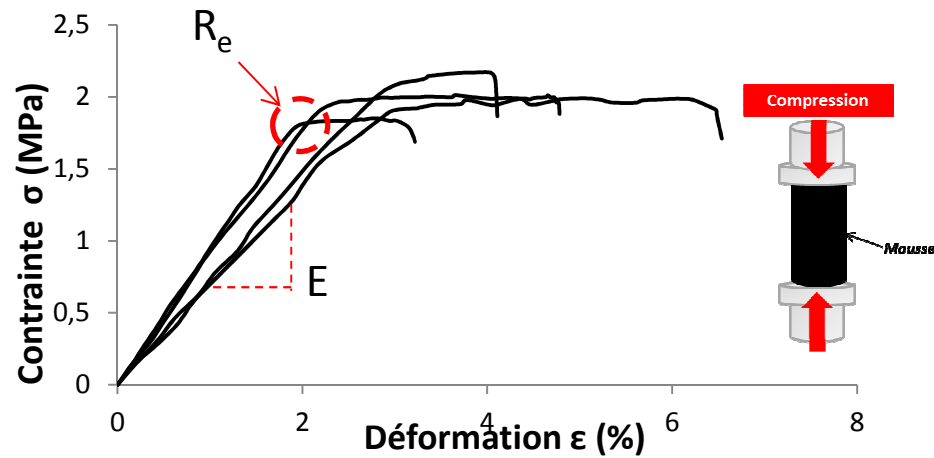
	Prod. Mat. Prem.	Electricité (labo)	Emissions (labo)
Mousse LN	+	++	++
Mousse St	+++	+++	+

+ : impacts faibles
 ++ : impacts modérés
 +++: impacts élevés

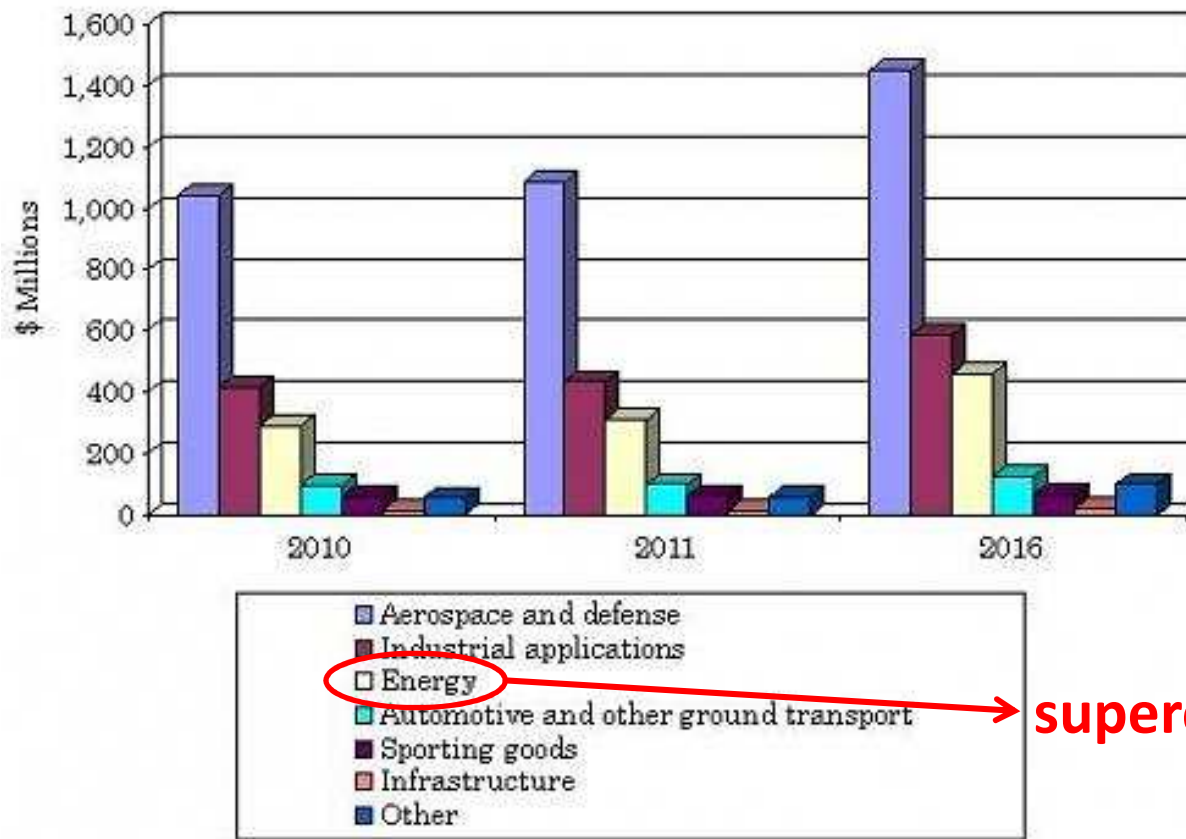
Conductivité électrique des mousses de carbone:



Propriétés mécaniques:

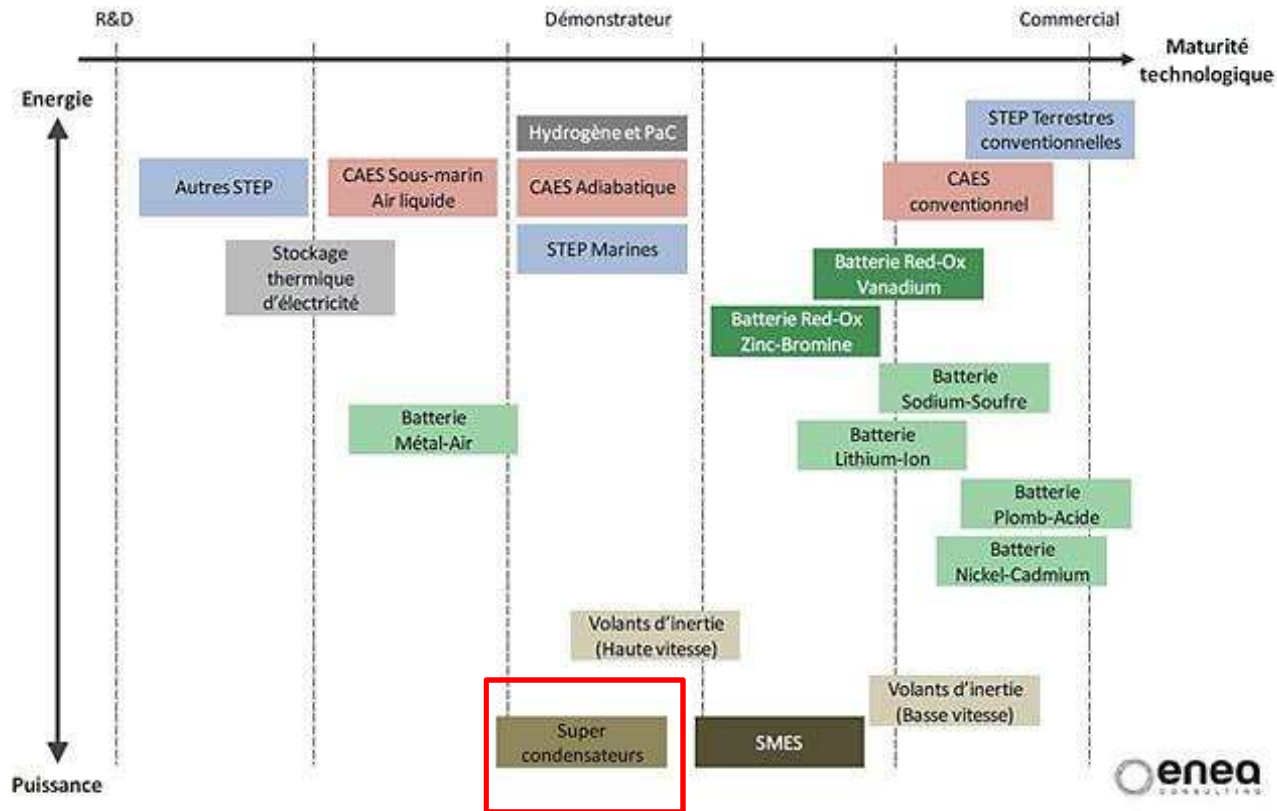


Marché des carbones poreux: (Source: BCC Research)



→ supercondensateur

5. Intérêts des mousses sur des marchés potentiels



Typologie des moyens de stockage d'électricité

	Stockage gravitaire		Stockage chimique		Stockage inertiel
	Stockage à air comprimé		Stockage électrochimique		Stockage électrostatique
	Stockage thermique		Stockage électrochimique à circulation		Stockage électromagnétique

Pelle hybride Komatsu avec supercondensateur



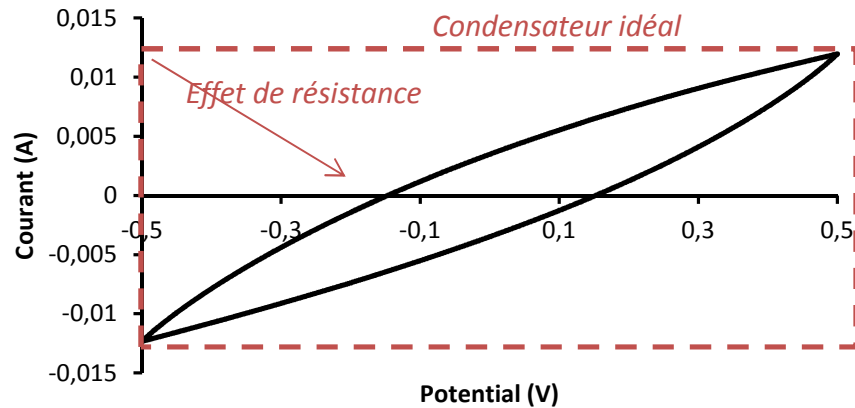
Bus électrique à supercondensateur



Bateau électrique à supercondensateur : l'Ar Vag Tredan



Etude préliminaire par mesure par voltampérométrie cyclique :



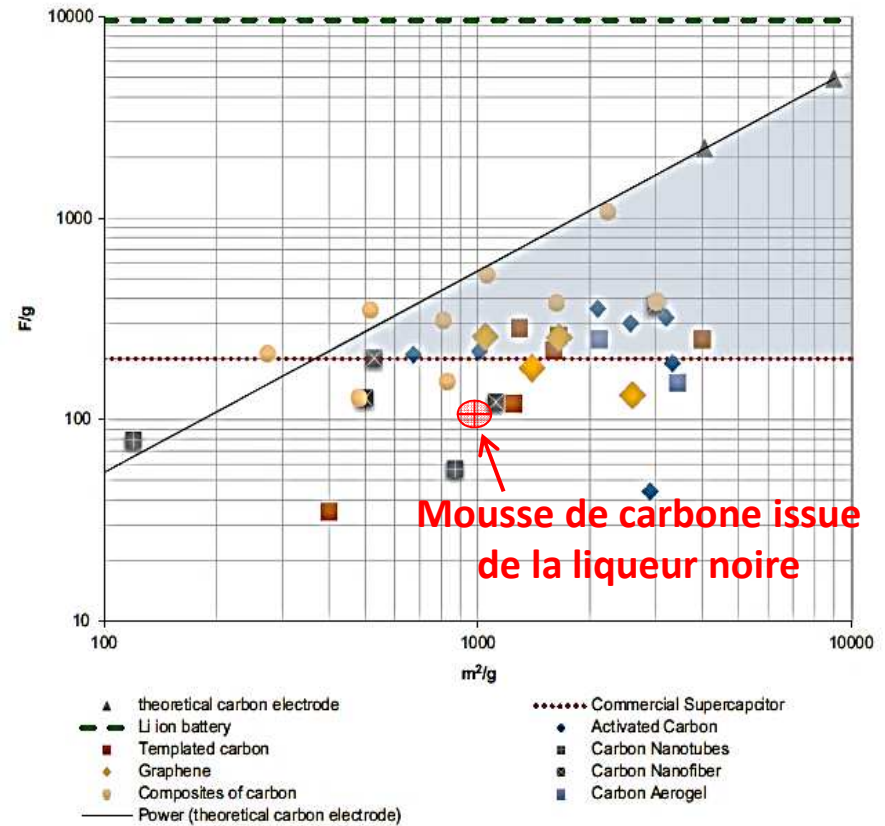
Capacité électrique:

$$C (F) = I \cdot dt / dV$$

$$C (F/g) = C (F) / m \quad \Rightarrow \quad C = 63 \text{ F/g (décharge)}$$

Energie stockée:

$$E (J) = 1/2 * (CV^2) \quad \Rightarrow \quad E = 0,09 \text{ J}$$



L. G. H. Staaf, P. Lundgren, and P. Enoksson, *Nano Energy*, 2014, 9, 128–141

Collaboration de deux groupes
de recherche à l'ISM



Valorisation de la liqueur
noire

Mousse de carbone

Evaluation des impacts
environnementaux

et perspectives

Amélioration des
performances électriques

Propriétés prometteuses

Supercondensateurs

Etude de marché

REMERCIEMENTS :

Directeurs de thèse:

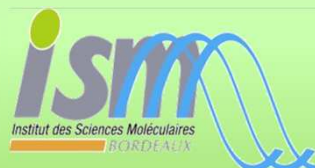
Dr. Hervé Deleuze

Pr. Guido Sonnemann



Support financier:

université
de BORDEAUX



... et vous pour votre attention



université
de BORDEAUX



Journée nationale Thèses des Bois