

Journée des Jeunes Chercheurs en Génie des Procédés et Energétique



7^{ème} Edition Wallonie - Nord de France

Innovation dans les domaines de l'énergie et l'environnement



Recueil des Résumés



25 novembre 2021

Les objectifs de cette journée, à la fois de rencontre et de réflexion, sont les suivants :

Faire un état des lieux des compétences régionales "et transfrontalières" dans le domaine du Génie des Procédés, de l'Energétique et de l'Environnement.

Encourager et offrir l'opportunité aux doctorants de nos régions à présenter leurs travaux.

Faciliter les échanges entre doctorants et chercheurs dans les diverses disciplines couvertes par GEPROC et l'UGéPE-Nord de France,

Renforcer les échanges scientifiques entre les communautés de chercheurs et d'enseignants-chercheurs de GEPROC et de l'UGéPE-Nord de France,

Offrir la possibilité de futurs développements de collaborations plus étroites (projets Interreg, thèses en co-tutelle, ...) entre les communautés de GEPROC et de l'UGéPE-Nord de France,

Promouvoir l'ouverture scientifique, par le biais de conférences thématiques sur des sujets d'actualité en Génie de Procédés et de l'Energétique, liés à la thématique de la journée.

Faire découvrir aux industriels régionaux et transfrontaliers les laboratoires de l'euro-région dans ces domaines.

Contribuer à fédérer les forces dans le domaine du Génie du procédé dans l'Eurorégion Hauts de France/Wallonie pour répondre aux enjeux d'aujourd'hui et de demain.

Face aux transitions énergétique, environnementale et écologique, le Génie des Procédés associe et fédère des savoirs scientifiques complémentaires et nécessaires pour relever les défis scientifiques, industriels et sociétaux actuels.

Les problématiques d'évolution des secteurs énergétiques, ainsi que les aspects environnementaux et écologiques associés sont extrêmement transverses. Cette transversalité est au cœur du génie des procédés qui offre plusieurs façons d'aborder la transition énergétique, le développement durable et la sécurité environnementale.

Pour cette raison, l'Union de Génie des Procédés et de l'Energétique Nord de France organise avec l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) une « Journée Jeunes Chercheurs UGéPE » à Dunkerque, au cours de laquelle des communications auront pour objectif d'illustrer la façon dont la recherche appréhende ces problématiques, ainsi que les avancées des recherches en Génie des Procédés en Région Haut de France.

Les Journées Jeunes Chercheurs UGéPE sont organisées depuis plusieurs années en partenariat avec le GEPROC, l'Ecole Doctorale en Génie des Procédés en Belgique.

Comité Scientifique et d'Organisation

Comité d'Organisation local (ULCO)

Renaud Cousin, UCEIV

Michael Depriester, UDSMM

Cédric Gennequin, UCEIV

Fabrice Goutier, UDSMM

Philippe Hus, UDSMM

Christophe Poupin, UCEIV

UGéPE

Sophie Duquesne, ENSCL-Lille

Manuela Ferreira, ENSAIT

Jean-Luc Harion, IMT Lille-Douai

Christine Pelegris, UPJV

Philippe Supiot, ULille

GEPROC

Juray De Wilde, UC Louvain

Diane Thomas, UMons

Table des matières

Energie	1
Biochars as catalysts for the removal of tars from syngas: characterization of biochars, Arayedh Wadii	1
CO2 Capture from flue gases by VPSA process using MOF MIL-160 (Al), Al-Awaad Haidar	4
CONVERSION OF PLASTIC WASTE TO BASE CHEMICALS VIA GASIFICATION IN THE VORTEX REACTOR: THE PSYCHE PROJECT, Madanikashani Sepehr [et al.]	6
Couplage des technologies d'infiltration percolation et de distillation solaire pour le traitement des effluents liquides issus de l'extraction d'huile d'olive, Bakri Alaoui Soufiane [et al.]	8
Development of electrically conductive nanocomposites filaments for 3D printing – Impact of Fused Deposition Modeling process on electrical conductivity, Louati Maroua [et al.]	10
Développement d'une nouvelle méthode d'analyse de la distribution de temps de séjour par des traceurs solides créés par impression 3D dans un pilote de méthanisation en voie solide continue de 0,5 m3, Fayolle Joseph [et al.]	12
Etude d'un matériau cellulaire, à base de particules de lin, pour la construction–Faisabilité et caractérisation, Hamadou Mohamed	14
Etude expérimentale et numérique du séchage d'un milieu granulaire appliqué au procédé de noyautage inorganique de fonderie, Osman Souraya [et al.]	16
Improvement of methanization yields of lignocellulosic biomass by coupling fungal and chemical pretreatments, Shruthi Meenakshisundaram [et al.]	19
Kinetics of DEEA-MAPA aqueous solutions for the post-combustion CO2 capture by absorption-regeneration, Costa Alexis [et al.]	19

Méthanation du CO ₂ : quelle est l'influence de la teneur en Nickel ?, Obeid Michel	22
OPTIMISATION DE LA FORMULATION D'UN BETON DE CHANVRE : EFFET DES INTERACTIONS PHYSICO-CHIMIQUES ENTRE LES PARTICULES VEGETALES ET LE LIANT, Daher Suzanne	24
On the way to dethrone the benchmark: Palladium-based catalysts for Proton Exchange Membrane Fuel Cells, Grzelak Aleksandra	26
Simulation of a Fischer-Tropsch reactor for jet-fuel production using Aspen Custom Modeler, Morales Alejandro [et al.]	28
Simulations on Lab Scale CO ₂ Capture Vacuum Pressure Swing Adsorption Pilot Unit using MOF, Henrotin Arnaud [et al.]	29
Structured ZoneFlow-bayonet steam reforming reactor: Pressure drop and heat transfer modeling and evaluation of reactor performance, Minette Florent [et al.]	30
Synthèse de catalyseurs à base de Ni et de Co par l'assistance d'ultrasons, Kalawoun Hamed	32
Valorization of plastics into syngas using Ru-Ni/Al ₂ O ₃ catalysts, Younis Aida [et al.]	33
Valorization of sediments in bio-based materials - Application to fluvial sediments with incorporation of natural fibers, Hussain Mazhar	35
Vers la production d'hydrogène par reformage catalytique du biogaz et de bio-huile produits durant la pyrolyse de biomasse, Abou Rjeily Mira	38
Environnement	41
Contribution au développement d'un procédé " low cost " de stabilisation des boues d'épuration, Ben Hamed Hajer	41
Decision Support Tool (DST) for CO ₂ Capture Technologies using Analytic Hierarchy Process, Kim Somang [et al.]	44
Durability of hemp concrete under cyclic wetting/drying: Degradation mechanism, Zerrouki Redouane [et al.]	46
Décontamination des plastiques issus des DEEE en vue de leur revalorisation, Aldoori Hussam [et al.]	48
Développement de composites biosourcés à base de fil hybride chanvre/PA11, Laqraa Chaimae	49

Etude expérimentale thermo-rhéologique de boues digérées issues de station d'épuration, Charles Antoine [et al.]	51
High-volume use of wood biomass ash in binding matrix for insulating mortar, Ndahirwa Desire	53
INTERETS DES SYNTHESSES CHIMIO-ENZYMATIQUES DANS LA CONCEPTION DE DERIVES BIOSOURCES, Spalletta Alexis [et al.]	56
Influence of Mn-content on the catalytic properties of Mn-Mg-Al mixed oxides for the total oxidation of VOCs, El Khawaja Rebecca [et al.]	58
La Waide (<i>Isatis tinctoria</i> L.), plante historique des Hauts-de-France, source de métabolites secondaires pour des applications colorantes et biologiques: Extraction, caractérisation, formulation, modulation des propriétés, Vauquelin Romain [et al.]	60
La microencapsulation conjointe d'enzymes à pouvoir déstructurant et d'antimicrobiens pour lutter contre les biofilms de bactéries pathogènes, Mechmechani Samah [et al.]	63
Micro-encapsulation of biosourced antimicrobials for a persistent disinfection of food contact surfaces, Yammine Jina [et al.]	65
Mise en œuvre filamentaire d'un mélange de polymères chargé en nanotubes de carbone pour la détection d'eau et d'humidité, Regnier Julie [et al.]	68
Multifonctionnalisation d'un tissu extérieur pour Veste de costume en Laine, Belhaj Rhouma Amira	70
Oxydes mixtes Co-Al et Mn-Al préparés par la voie LDH : application à l'oxydation totale catalytique de l'éthanol, Tannous Mariebelle [et al.]	72
Photodégradation du décabromodiphényléther dans les déchets plastiques, Oumed-dour Hanene [et al.]	73
Recyclage des cristaux liquides et d'autres matériaux de valeur issus des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), Barrera Ana [et al.]	74
Study of the CO ₂ conversion into methanol: catalytic process innovation and optimization., Djettene Rania	76
UV sensor for continuous monitoring of BTEX compounds in groundwater, Gonzalez Rachel [et al.]	78
Valorisation du chanvre dans les matériaux de construction bio-sourcés pour des bâtiments durables, DiakitÉ Maya-Sétan [et al.]	80

Vers une meilleure compréhension du séchage des boues à travers ses propriétés rhéologiques, Parra-Angarita Sergio Luis [et al.]	82
Liste des participants	84
Liste des sponsors	86
Liste des auteurs	87

Energie

Biochars as catalysts for the removal of tars from syngas: characterization of biochars

Wadii ARAYEDH^{1,*}, Elias DAOUK¹, Laurent VAN DE STEENE², Khashayar SALEH¹

¹Université de technologie de Compiègne, ESCOM, TIMR (Integrated Transformations of Renewable Matter), Centre de recherche Royallieu - CS 60 319 - 60 203 Compiègne Cedex

²BioWooEB, University of Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

* (Corresponding author : wadii.arayedh@utc.fr)

Keywords : *Biochar, tars, catalytic cracking, characterisation*

Biochar is a solid co-product residue of thermochemical conversion processes. It can be valorized according to their physicochemical properties. For instance, biochars can be used as catalysts for the removal of tars from syngas. A study of characterization of three biochar samples; biochar produced in the laboratory by pyrolysis of maritime pine forestry chips, the same biochar after its use in a catalytic tar cracking reactor and a biochar produced via gasification process of wood waste A in an industrial scale; was undertaken. This study aimed to determine the physicochemical and textural properties of biochars in order to identify the relationship between these properties and their catalytic performance for tars removal.

X-ray diffraction (XRD) is used to determine the crystal structures of the mineral particles present in the biochars and the amorphous non-aromatic carbon phase. The amorphous carbon structure and defects in the graphene-like sheets boost biochar reactivity [1]. The Fourier Transform InfraRed method (FTIR) allows to detect the presence of functional groups on the surface of the biochars. In particular, the oxygenated groups promote the cracking reactions of the tars by improving their adsorption on the surface of the biochars. Scanning Electron Microscopy (SEM) allows to observe the surface, the microstructure and the texture of materials. Coupled with Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX) microanalysis system, local information on the distribution of mineral species on the surface of the tanks can be obtained. These mineral species, notably metals (Fe, Al...), alkalis (Na, K...) and alkaline earths (Mg, Ca...), are known for their significant catalytic activity on tar cracking [2]. Nitrogen adsorption and desorption isotherms at 77K allow the measurement of specific surface area by the BET method, and of microporous and mesoporous volumes of biochars. The size and the type of the pores developed by the biochars are important parameters for its catalytic activity. Indeed, a high specific surface area of the biochar ensures a dispersion of numerous active sites on its surface.

The results of this study showed that the biochar forms a catalytic potential thanks to its physicochemical and textural properties.

References :

[1] S. Krerkkaiwan, S. Mueangta, P. Thammarat, L. Jaisat, et P. Kuchonthara, « Catalytic Biomass-Derived Tar Decomposition Using Char from the Co-pyrolysis of Coal and Giant Leucaena Wood Biomass », *Energy Fuels*, vol. 29, n° 5, p. 3119- 3126, mai 2015.

[2] N. B. Klinghoffer, M. J. Castaldi, et A. Nzihou, « Catalyst Properties and Catalytic Performance of Char from Biomass Gasification », *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 51, n° 40, p. 13113- 13122, oct. 2012.

CO₂ Capture from Flue Gases by VPSA Process Using MOF MIL-160 (Al)

Haidar AL-AWAAD*, Nicolas Heymans, Guy De Weireld

Thermodynamics & Mathematical Physics Unit, Faculty of Engineering, University of Mons, Boulevard Dolez 31, 7000 Mons, Belgium

* (corresponding author: haidar.al-awaad@student.umons.ac.be)

Keywords: CO₂ capture, VPSA, MOF

The anthropogenic emission of greenhouse gases to the earth's atmosphere has been recognized in the past few decades as a source of potential threat to the environment due to its contribution in greenhouse effects (trapping the sun's radiation in the earth's atmosphere and causing global warming). Roughly, over 60 % of global warming impacts are relevant to the emission of carbon dioxide to the atmosphere [1]. Carbon dioxide is emitting to the atmosphere from the combustion of fossil fuels (coal, natural gas, and oil), transportation, solid waste, or from industrial processes (e.g., manufacture of cement, steel, limestone or glass). In this study, adsorption process relying on solid adsorbent is proposed whereas vacuum pressure swing adsorption (VPSA) process is implemented to capture CO₂ from flue gases. This process is easy of operation, high adsorption capacity, environmentally friendly, low operation cost, efficient recovery of the solute and lower energy requirements for the regeneration (lower than amine-based process 3800-4000 KJ/Kg CO₂). Furthermore, VPSA is usually preferred as it has shorter cycles time than temperature swing adsorption (TSA) process due to lengthy cool down time of TSA beds. MOF MIL-160 (Al) is selected as an adsorbent because it exhibited: water stability, ultra-microporosity and potential interacting sites, good selectivity to capture CO₂ from post and pre-combustion conditions [2]. Aspen Adsorption software version 11 is used to handle the simulation and to generate the flowsheet as shown in figure 1. The Skarstrom cycle is used in this study to control the steps of the adsorption process as shown in figure 2. VPSA simulation performances are evaluated based on four different parameters: product recovery, product purity, unit productivity, and the total power consumption. The whole principle of simulation of such process is to vary the parameters of the various stages to find the combination which will give the best performances. It is however very regularly admitted that a system of two columns alone does not allow to reach very high performances. It is therefore often necessary to install at least two units in series. It was noticed that increasing the adsorption time led to an increase in CO₂ purity and decreasing the CO₂ recovery, and vice versa. On the other hand, increasing the purge time improved the CO₂ recovery with decreasing the CO₂ purity. The energy consumption was less than that of amin-based process in all simulations. In conclusion, the findings of this study are agreeable with the previous studies from literatures in terms of low system performances can be obtained by employing two-bed of VPSA process.

References:

- [1] Yamasaki A. (2003). "An overview of CO₂ mitigation options for global warming emphasizing CO₂ sequestration options". *J. Chem. Eng. Jpn*, 36(4):361e75.
- [2] Daiane Damasceno Borges, Périne Normand, Anastasia Permiakova, Ravichandar Babarao, Nicolas Heymans, Douglas S. Galvao, Christian Serre, Guy De Weireld, and Guillaume Maurin(2017). "Gas Adsorption and Separation by the Al-based Metal-Organic Framework MIL-160". *Journal of Physical Chemistry*.

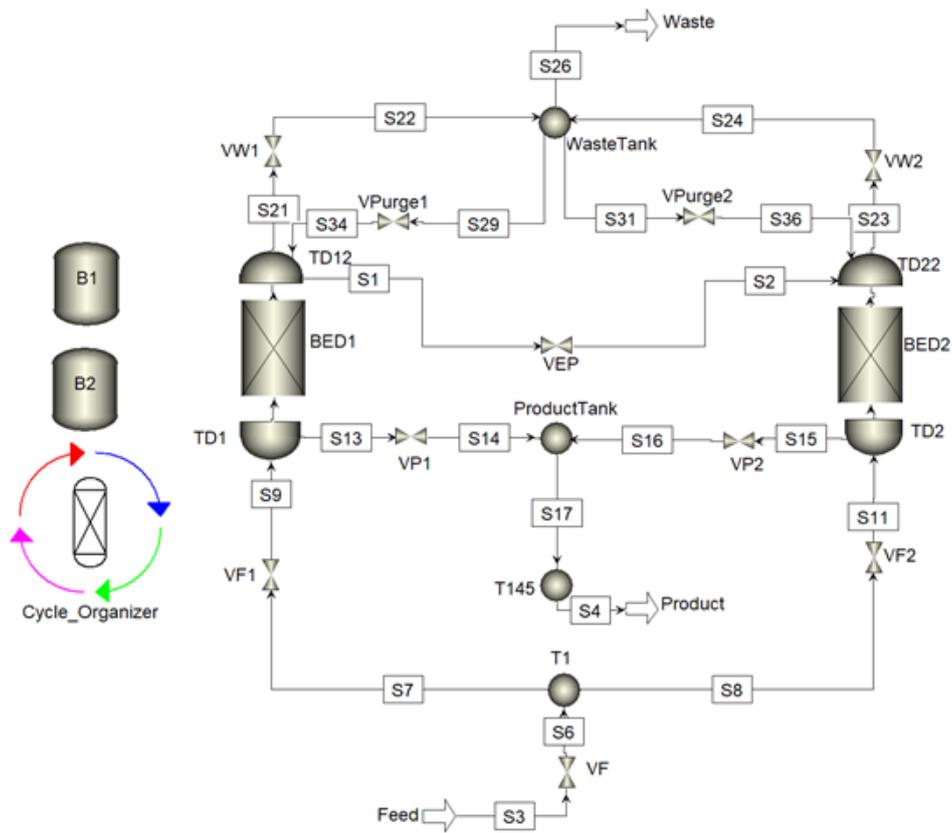
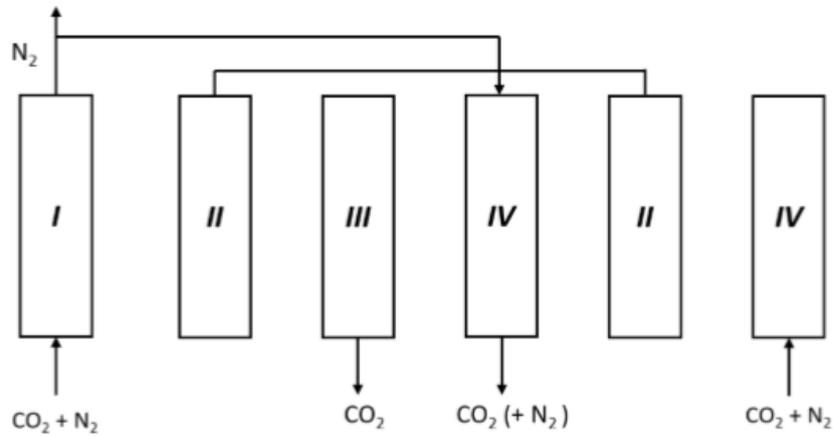


Figure 1 : VPSA flowsheet for CO_2 / N_2 separation using MIL-160 (A)



Bed 1	Adsorption.	Equalization	Blowdown	Purge	Equalization	Pressurization	
Bed 2	Blowdown	Purge	Equalization	Pressurization	Adsorption.	Equalization	Blowdown

Figure 2: Skaarstrom cycle for VPSA simulation for CO_2 / N_2 separation using MIL-160 (A)

CONVERSION OF PLASTIC WASTE TO BASE CHEMICALS VIA GASIFICATION IN THE VORTEX REACTOR: THE PSYCHE PROJECT

Sepehr Madanikashani^{1,3}, Steven De Meester², Juray De Wilde^{3*}, Kevin M. Van Geem¹

¹Laboratory for Chemical Technology (LCT), Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University – Technologiepark 121, Zwijnaarde 9052, Belgium

²Laboratory for Circular Process Engineering (LCPE), Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University – Campus Kortrijk, Graaf Karel de Goedelaan 5, 8500 Kortrijk, Belgium

³Materials and Process Engineering (IMAP), Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering (iMMC), Université catholique de Louvain – Place Sainte Barbe 2, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

* (auteur correspondant : juray.dewilde@uclouvain.be)

Mots-clés: *Solid Plastic Waste, Gasification, Closed-loop Recycling, Vortex Reactor, CFD*

One of the promising routes to recycle solid plastic waste is gasification to produce syngas (H₂+CO) [1]. The produced syngas can be further processed at the downstream units, such as Fischer-Tropsch synthesis to produce a wide range of products, including light olefins, which are the building blocks of plastics. If this is done efficiently, it is possible to achieve a circular economy by closing the loop from plastic waste to virgin plastics. In this pathway, purification of the feed [2] and gasification products plays an important role in the process due to their problematic effects in the gasification, and Fischer-Tropsch catalyst, respectively. The PSYCHE project aims at demonstrating the potential of a circular process that starts with plastic pre-treatment and then is followed by gasification. Gasification is going to be done in a special type of reactor which is called the « Vortex Reactor » [3]. The produced syngas is going to be purified and converted to the desired chemicals in the Fischer-Tropsch synthesis [4, 5].

The gasification part is studied using Computational Fluid Dynamics (CFD). The framework for solid fuel gasification is being constructed based on biomass pyrolysis due to the lack of a widely accepted global kinetic model for plastic gasification, and similarities between plastic and biomass. Subsequently, this framework can be easily adapted toward plastic waste gasification.

Références :

- [1] Ragaert K, Delva L, Van Geem K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Manage (Oxford, U K)* 2017;69:24-58.
- [2] Ügdüler S, Van Geem KM, Roosen M, Delbeke EIP, De Meester S. Challenges and opportunities of solvent-based additive extraction methods for plastic recycling. *Waste Management* 2020;104:148-82.
- [3] De Wilde J. Gas-solid fluidized beds in vortex chambers. *Chem Eng Process* 2014;85:256-90.
- [4] Barrios AJ, Gu B, Luo Y, Peron DV, Chernavskii PA, Virginie M, et al. Identification of efficient promoters and selectivity trends in high temperature Fischer-Tropsch synthesis over supported iron catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental* 2020;273:119028.
- [5] Chakkingal A, Pirro L, Costa Da Cruz AR, Barrios AJ, Virginie M, Khodakov AY, et al. Unravelling the influence of catalyst properties on light olefin production via Fischer-Tropsch synthesis: A descriptor space investigation using Single-Event MicroKinetics. *Chemical Engineering Journal* 2021;419:129633.

Remerciements :

PSYCHE project has received funding from the European Regional Development Fund (ERDF) via the Interreg France-Wallonie-Vlaanderen program with co-financing from the provinces of East-Flanders and West-Flanders, the Walloon region, and SPW/DG06 (Economie, Emploi, Recherche).

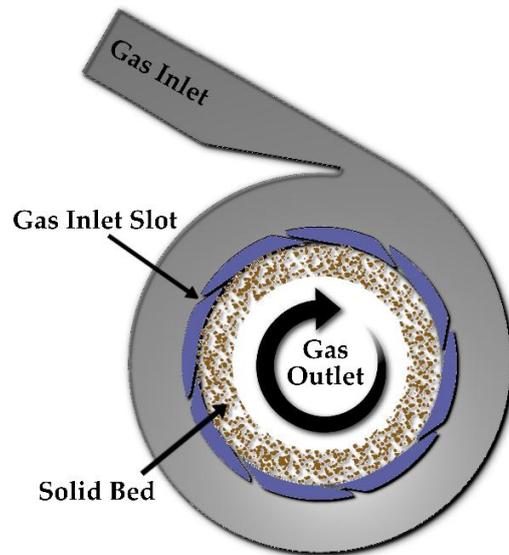


Figure 1: A schematic of the gas-solid vortex reactor (GSVR)

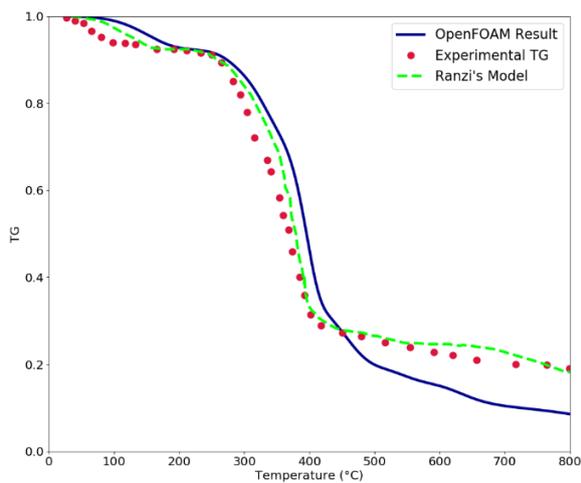


Figure 2 : The experimental, original model, and OpenFOAM 1D simulation results of the biomass TGA

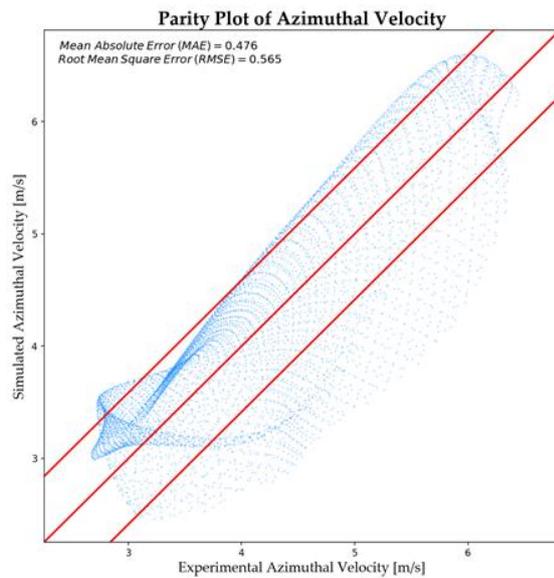


Figure 3 : Parity plot for the biomass azimuthal velocity in the vortex reactor with specularity and restitution coefficients of 0.05 and 0.9 respectively. Airflow rate: 40 Nm³/hr, room temperature, initial solid loading: 10 gr, particle size: 0.53 mm, biomass density: 700 kg/m³, vortex reactor with 8 slots and 1 mm slot opening.

Couplage des technologies d'infiltration percolation et de distillation solaire pour le traitement des effluents liquides issus de l'extraction d'huile d'olive

Soufiane BAKRI ALAOUI^{1,2}, Mounia ACHAK^{2,3}, Younes CHHITI^{2,4,5}, Fatima Ezzahrae M'HAMDI ALAOUI⁶, Edvina LAMY¹

¹Transformations Intégrées de la Matière Renouvelable (EA 4297), Université de Technologie de Compiègne, Centre de Recherche Royallieu Rue du Dr Schweitzer CS 60319 ;60203 COMPIEGNE CEDEX-France

²Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Energie, Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Université Chouaib Doukkali, Route d'Azemmour, Nationale N°1, ELHAOUZIABP : 1166 El Jadida 2400-Maroc

³Chemical & Biochemical Sciences. Green Process Engineering, Université Mohammed VI polytechnique, Lot 660, Hay Moulay Rachid, Ben Guerir 43150- Maroc.

⁴Innovation Lab for Operations, Université Mohammed VI Polytechnique , Lot 660, Hay Moulay Rachid, Ben Guerir 43150- Maroc.

⁵Laboratory of Catalysis and Corrosion of Materials; Chouaib Doukkali University, Po Box 20, M-24000 El Jadida.

⁶Laboratoire d'Énergétique; Faculté des Sciences Université Abdelmalek Essaâdi B.P. 2121 - 93000 TETOUAN.

*auteur correspondant : soufiane.bakri-alaoui@utc.fr

Infiltration-percolation ; distillation solaire ; margines ; énergie ; filtre multicouche.

L'oléiculture est répandue dans le monde entier et particulièrement dans le bassin méditerranéen. Cependant, l'extraction de l'huile d'olive constitue une véritable activité polluante. En effet, l'industrie oléicole génère, outre l'huile d'olive qui est le produit désiré, deux types de résidus, l'un liquide (les effluents liquides oléicoles ou margines) et l'autre solide (les grignons) [1]. Les effluents liquides ne subissent aucun traitement et sont souvent rejetés dans le milieu naturel. Ceci entraîne des impacts négatifs sur l'environnement qui sont particulièrement attribués à la richesse des effluents en matières organiques et en polyphénols [2][3].

L'objectif principal de ce travail est basé sur l'épuration des effluents liquides oléicoles par un système hybride permettant de coupler les techniques d'infiltration-percolation et de la distillation solaire. Il vise à apporter des connaissances scientifiques et technologiques permettant d'identifier les performances de traitement des effluents sur un massif filtrant composé de sable et de nouveaux adsorbants à base des matériaux naturels moins coûteux. L'étude expérimentale a été effectuée sur une colonne en PVC de 10 cm de diamètre et 110 cm de hauteur. La colonne principale possède des petites colonnes d'aération périphériques qui servent à assurer un milieu bien aéré, et elle est remplie par une mixture de sable, de charbon de bois et de la sciure de bois alterné par des couches perméables de pouzzolane. Le filtrat récupéré en sortie de colonne, passe ensuite dans un distillateur solaire (fig1), où l'énergie solaire traverse la paroi vitrée permet de chauffer les margines jusqu'à leur point d'évaporation (fig2). La vapeur d'eau produite se condense sur la vitre relativement froide. Celle-ci, en pente légère, conduit l'eau distillée vers un récipient de stockage. Les margines avant et après traitement ont été analysés afin de déterminer leur taux des polyphénols et de la matière organique DCO ainsi que le pH.

Le passage des margines sur le filtre a permis d'éliminer 73,7% de DCO et 85% de polyphénols, et une augmentation du pH de l'acidité vers la neutralité a été observé, tout en gardant la coloration sombre des margines. Ces résultats peuvent être expliqués par la rétention de la matière polluante grâce aux phénomènes de filtration, l'adsorption et aussi par voie biologique à l'aide des microorganismes qui dégradent la matière organique.

L'emploi de la technique de distillation solaire a permis d'améliorer les performances d'abattement de la pollution. Celle-ci a permis d'éliminer 95% de DCO et 95% de polyphénols qui reste dans le filtrat, et en plus la coloration du distillat récupéré devient transparente (fig3).

En plus du distillat, la distillation solaire génère des boues qui restent dans le bassin du distillateur. La détermination du pouvoir calorifique de ces boues a montré qu'ils ont un pouvoir énergétique important, de 15,5MJ/Kg pour le pouvoir calorifique supérieur.

Ce travail montre l'efficacité de ce système hybride à traiter les margines d'une manière écologique et efficace, ainsi que la possibilité de la valorisation énergétique des déchets secondaires qui reste après la distillation solaire.

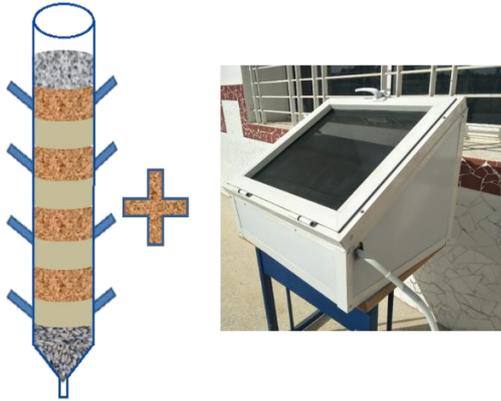


Figure 1 : Colonne d'infiltration-percolation et Distillateur solaire

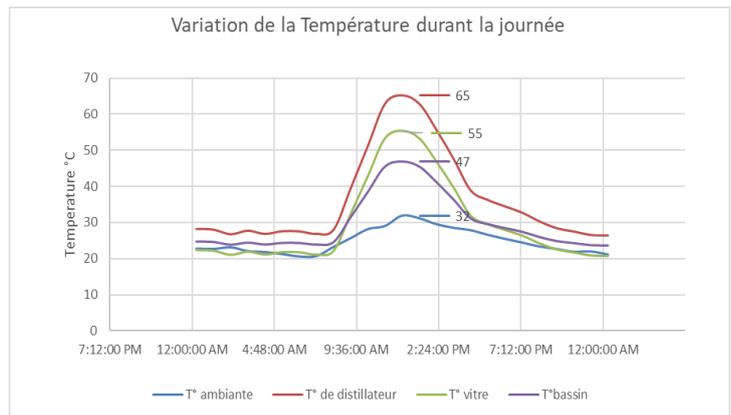


Figure 2 : Variation de la température durant la journée dans les différents partis du distillateur solaire.



Figure 3 : Images des margines avant et après distillation solaire et des boues restantes

Références :

- [1] Ntougias, S., Baldrian, P., Ehaliotis, C., Nerud, F., Merhautová, V., & Zervakis, G. I. (2015). Olive mill wastewater biodegradation potential of white-rot fungi – Mode of action of fungal culture extracts and effects of ligninolytic enzymes. *Bioresource Technology*, 189, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.149>
- [2] Mekki, A., Dhouib, A., & Sayadi, S. (2007). Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 84(2), 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.05.015>
- [3] Khoufi, S., Louhichi, A., & Sayadi, S. (2015). Optimization of anaerobic co-digestion of olive mill wastewater and liquid poultry manure in batch condition and semi-continuous jet-loop reactor. *Bioresource Technology*, 182, 67-74.

Development of electrically conductive nanocomposites filaments for 3D printing – Impact of Fused Deposition Modeling process on electrical conductivity

Maroua Louati^{1*}, Aurélie Cayla¹ and Christine Campagne¹

¹ENSAIT, GEMTEX, 2 Allée Louise et Victor Champier 59100 Roubaix, France

*(auteur correspondant : maroua.louati@ensait.fr)

Keywords: *melt process, filament, polyolefin matrix, hybrid carbon nanofillers, electrically conductive composites and fused deposition modeling.*

Additive manufacturing (denoted AM) has attracted great attention in the field of prototyping due to its low cost, reduced lead time and possibility of production of complex structures without a mold tooling.¹⁻² Among various different AM technologies, the fused deposition modeling (denoted FDM) is the most popular due to its simplicity, the possibility of large-scale production and reduced cost. Various are the investigations devoted to the preparation of convenable polymeric blends allowing enhanced properties such as the electrical and mechanical ones.³ However, the most common thermoplastic polymers employed in FDM are poly(acrylonitrile-co-butadiene-co-styrene) (denoted ABS) and poly(lactic acid) (denoted PLA) thanks to their ease of implementations.⁴⁻⁵ Fewer are the studies spotted on printable polyolefins nanocomposites because of for example their warping, etc.

For this propose, the present work focus is the development of propylene-based elastomer nanocomposites (denoted PBE) which are from one hand electrically conductive for energy applications and from the other hand suitable for FDM process. The incorporation of nanofillers in the polymer matrix may reduce its viscosity and therefore its melt processability. The first step was accordingly to prepare hybrid fillers systems containing a mixture of two types of nanofillers: multi-walled carbon nanotubes (denoted MWCNT) and/or nanocarbon black (denoted KB). The hybrid systems characterization was mainly based on their rheological, mechanical and electrical properties. Once the 3D printed specimens were produced, the second step in our experiments involves the evaluation of measured electrical conductivity and its discussion later in terms of the applied fillers type and growing directions while printing. Moreover, the impact of the implementation process is highlighted.

References:

- [1] Y.L. Yap, et al., A review of 3D printing processes and materials for soft robotics, *Rapid Prototyp. J.*, 26,1345–1361, (2020).

- [2] S. S. Alghamdi et al., Additive Manufacturing of Polymer Materials: Progress, Promise and Challenges, *Polymers*, 13, 753, (2021).
- [3] T.D. Ngo, et al., Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges, *Compos. Part B Eng.*, 143, 172–196, (2018).
- [4] M. Kariz, et al., Effect of wood content in FDM filament on properties of 3D printed parts, *Mater. Today Commun.*, 14, 135–140, (2018).
- [5] D.P.Schmitz et al., Electromagnetic interference shielding effectiveness of ABS carbon-based composites manufactured via fused deposition modelling, *Mater. Today Commun.*, 15, 70–80, (2018).

Acknowledgement:

The authors want to express their gratitude to National Research Agency (ANR) for the support given to this post-doctorate research.

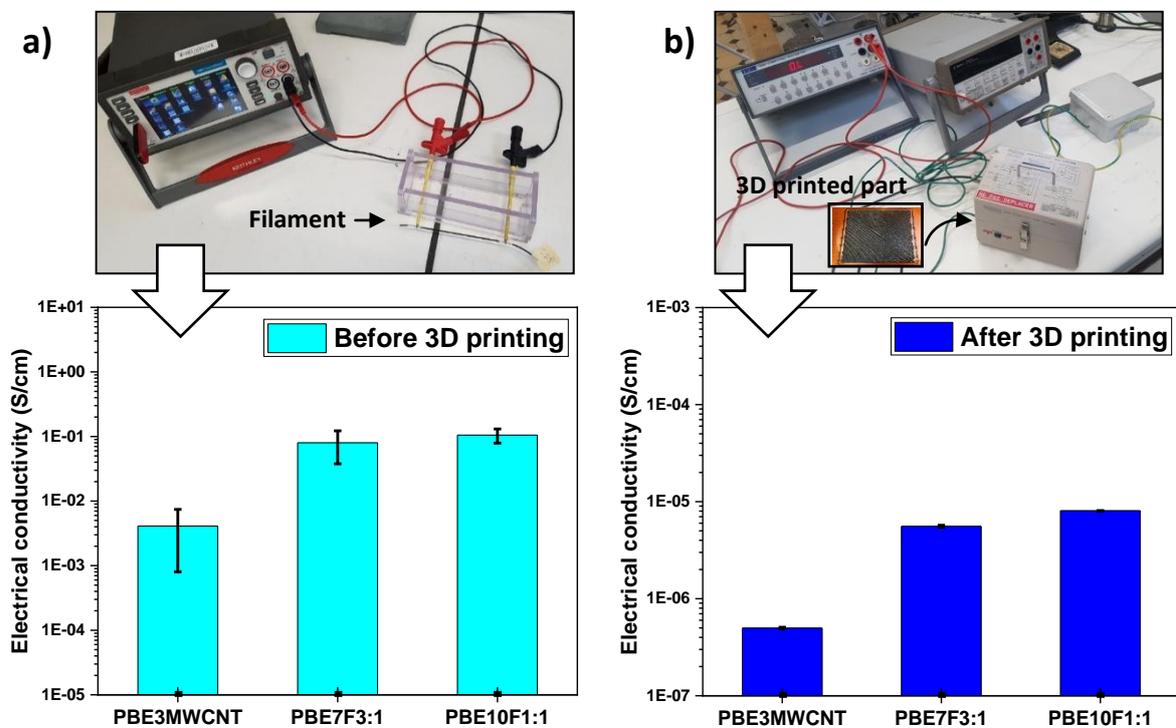


Figure 1: Measurements of through-plane electrical conductivity on the nanocomposite samples a) before and b) after 3D printing where PBE/MWCNT based nanocomposites at a total fillers content of 3 wt. % denoted PBE3MWCNT and PBE/MWCNTs/KB hybrid-based nanocomposites with MWCNTs and KB mass ratio of 3:1 and 1:1 and fillers content of 7 wt. % and 10 wt. % denoted respectively PBE7F3:1 and PBE10F1:1.

Développement d'une nouvelle méthode d'analyse de la distribution de temps de séjour par des traceurs solides créés par impression 3D dans un pilote de méthanisation en voie solide continue de 0,5 m³

J. FAYOLLE^{1,2,3}, M. A. HERNANDEZ-SHEK^{1,2,3}, A. COUTU², P. PEULTIER¹, A. PAUSS³, T. RIBEIRO^{2*}

¹ Easymetha, France.

² Institut Polytechnique UniLaSalle, Université d'Artois, ULR 7519, 19 Rue Pierre Waguet, BP 30313, 60026 Beauvais, France.

³ Université de technologie de Compiègne, ESCOM, TIMR (Transformations Intégrées de la Matière Renouvelable), Centre de recherche Royallieu - CS 60 319 - 60 203 Compiègne Cedex, France

*Correspondance : thierry.ribeiro@unilasalle.fr, +33 (0)3 44 06 76 11

Mots-clés: Méthanisation, Voie solide, Distribution de temps de séjour, Traceurs solides

A cause de leur géométrie allongée, les réacteurs de méthanisation en voie solide continue sont fréquemment associés, de manière un peu abusive, à un mode de fonctionnement type réacteur à écoulement piston (REP ou *plug flow reactor* en anglais). Néanmoins, le fonctionnement horizontal ou vertical de ce système ne signifie pas nécessairement que le flux et les cinétiques de réaction correspondent à celles d'un piston.

Dans un REP idéal, la distribution de la concentration n'est pas uniforme dans tout le réacteur puisqu'il n'y a pas de mélange longitudinal des substrats en cours de digestion. En génie des procédés, la détermination du mode de fonctionnement d'un réacteur continu peut s'effectuer par une Distribution de Temps de Séjour (DTS). Cette méthode d'analyse permet de distinguer un mode de fonctionnement de type parfaitement mélangé d'un REP.

Dans cette étude, un nouveau réacteur de méthanisation en voie solide continue à l'échelle pilote (0,5 m³) a été conçu et développé pour la méthanisation de fumier pailleux brut avec une teneur en matière sèche de 22 %. Afin de déterminer le temps de séjour du substrat, des traceurs solides différemment colorés en Acide Poly Lactique (PLA) ont été créés avec une imprimante 3D (Figure a) et mélangés au fumier à chaque alimentation.

La récupération en sortie de réacteur de 4 groupes des traceurs a permis de déterminer le critère de Peclet. Le résultat indique que la convection du solide est prédominante sur la diffusion. On peut donc dire que le fonctionnement de ce réacteur pour sa fraction solide est plus proche de celui d'un REP que celui d'un réacteur parfaitement mélangé. Une fois la DTS effectuée, le réacteur a été ouvert et les coordonnées X, Y, Z de chaque traceur solide ont été établies. Cette technique s'apparente à une fouille sur un site archéologique. Cette expérience a permis de déterminer la possible évolution de chaque ajout à l'intérieur du pilote ainsi que l'identification de zones mortes dans le réacteur (Figure b).

Page 2 : Tableaux et figures illustrant le résumé (maximum 1 page)

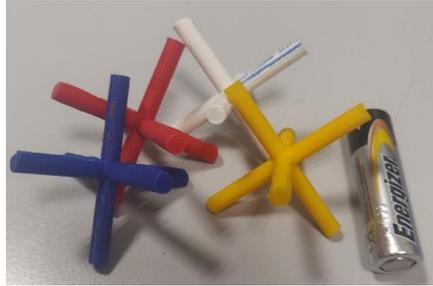


Figure a: Traceurs solides

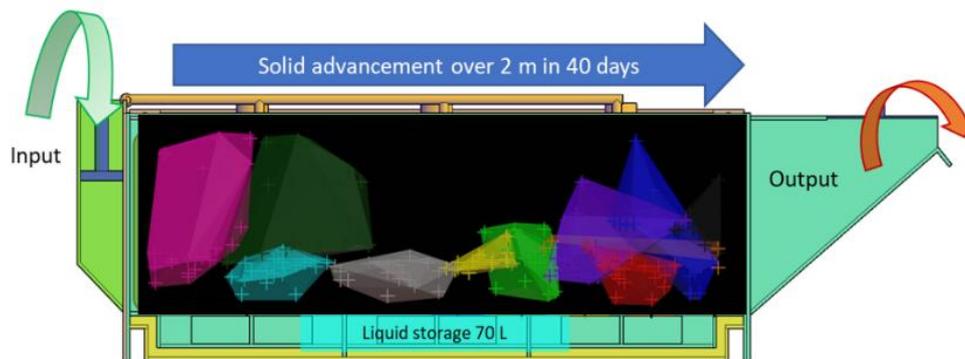


Figure b : Coupe longitudinale du pilote et distribution des traceurs à l'intérieur de la cuve

Etude d'un matériau cellulaire, à base de particules de lin, pour la construction – Faisabilité et caractérisation

Mohamed HAMADOU-ALI ^{1*}, Amar BENAZZOUK ^{1*}

¹La Laboratoire des Technologies Innovantes (UR-UPJV 3899) / Université de Picardie Jules Verne, 80025 - Amiens - France
* (auteurs correspondants : mohamed.hamadou@u-picardie.fr ; amar.benazzouk@u-picardie.fr)

Mots-clés: *Anas de Lin, Béton cellulaire, Structure Cellulaire, Propriétés Physico-Mécaniques, Performances Thermiques.*

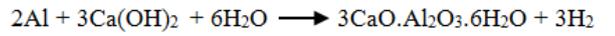
Face au problème d'épuisement des ressources naturelles, allié aux contraintes environnementales, le secteur du bâtiment s'oriente, depuis quelques années, vers l'utilisation de matières végétales ayant un potentiel élevé de développement économique pour l'avenir. Pour répondre à ces enjeux, il se développe depuis quelques années des matériaux, à base de particules végétales, présentant plusieurs avantages notamment, la diminution de la consommation en matières minérales, la limitation des émissions de gaz à effet de serre mais aussi l'amélioration de certaines propriétés d'usage des matériaux conventionnels. Ainsi, nous avons vu apparaître un intérêt croissant pour ces matériaux agro-sourcés, en raison de leurs propriétés hygrothermiques intéressantes. S'inscrivant dans une démarche d'optimisation de l'enveloppe du bâtiment, sur le plan énergétique, ils sont utilisés comme matériaux de remplissage et/ou d'isolation, dans un système éco-constructif.

L'objectif de ce travail, qui s'inscrit dans une démarche de "Développement Durable", consiste à étudier la faisabilité d'un matériau de type "béton cellulaire", à base de particules de lin (sous-produit fibreux non tissé issu du teillage de la fibre de lin), pouvant être utilisé dans la construction. Obtenu par création d'une structure cellulaire dans la matrice, grâce à une réaction chimique entre la poudre d'aluminium et la chaux contenue dans le liant, l'intérêt de ces matériaux cellulaires réside dans leur légèreté qui leur confère des performances d'isolation thermiques très intéressantes.

Cette étude est basée sur une approche globale des propriétés physico-mécaniques et thermiques d'un matériau cellulaire, contenant différents volumes de particules de lin, en vue de son utilisation dans la construction comme élément porteur et/ou d'isolation. Il s'agira d'apporter des connaissances sur la formulation afin de trouver un meilleur compromis entre ses propriétés physico-mécaniques et thermiques. On s'intéressera plus particulièrement à l'influence de la microstructure et du dosage en particules de lin, pour un ratio volumique (particules de Lin/Liant) de 0, 1 et 2. L'étude des propriétés mécaniques a mis en évidence une baisse de performances aussi bien en compression qu'en flexion, comparativement au matériau de référence (sans allègement). L'examen des performances thermiques des matériaux, à l'état sec, a montré que l'augmentation du ratio volumique Lin/Liant, conduit à une nette diminution de la conductivité thermique. Ces travaux ont montré l'intérêt de la structure cellulaire sur les différentes performances. De plus, les interactions physico-chimiques entre l'hydroxyde de Calcium, contenu dans le liant, et l'Aluminium, conduisent à une diminution d'ions Calcium libres (Ca^{2+}) dans le liant, susceptibles de dégrader les particules végétales par minéralisation, entraînant leur perte d'adhérence à la matrice.



Mécanisme réactionnel entre l'Aluminium et la chaux



Alum.
powder

hydrated
lime

Tricalcium
Hydrate

hydrogen

Expansion après réaction
de l'Aluminium

Figure 1. Image de l'expansion du matériau cellulaire à l'état frais

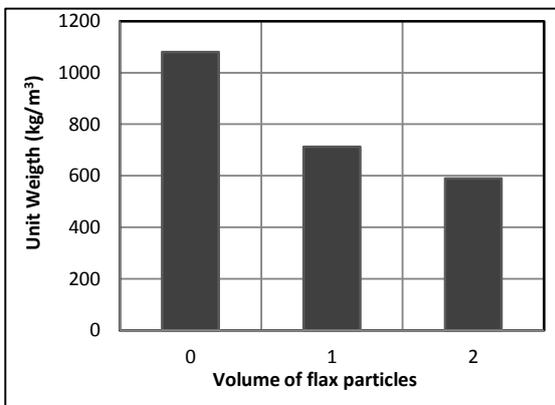


Figure 2. Masse volumique du matériau, en fonction du volume de particules de lin

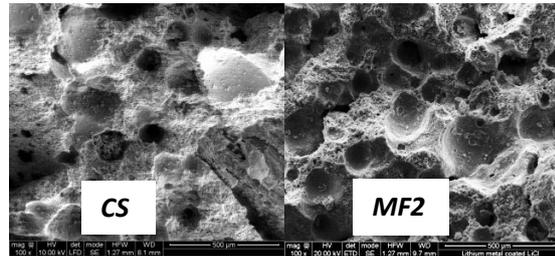


Table 2. Propriétés du matériau cellulaire

Specimen	Open porosity (%)	Bulk density (kg/m³)
CS ^a	28	1,080
MF1 ^b	63	713
MF2 ^c	69	590

^a Control Specimen ; ^b Specimen with 1 Volume flax ; ^c Specimen with 2 Volumes flax

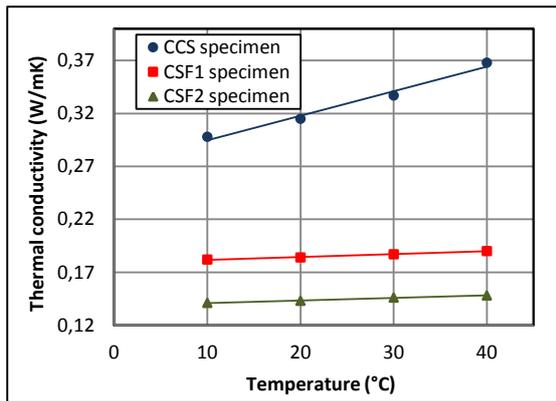


Figure 3 : Conductivité thermique, à différentes températures

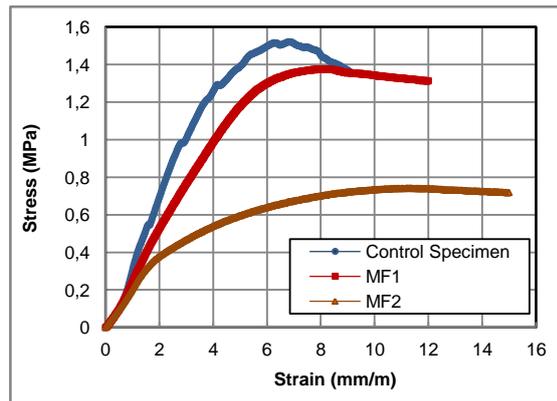


Figure 4. Diagramme Contrainte-Déformation

Etude expérimentale et numérique du séchage d'un milieu granulaire appliqué au procédé de noyautage inorganique de fonderie

Souraya OSMAN^{1,2,*}, Rémi GAUTIER¹, Daniel BOUGEARD¹, Marie CARQUIN², Julien FONTAINE²

¹IMT Nord Europe, Institut Mines-Télécom, CERI Energie et Environnement, F-59508 Douai, France

²STELLANTIS, Fonderie STELLANTIS de Charleville-Mézières, Zone Industriel Route Les Ayvelles, 08000 Villers-Semeuse

* (auteur correspondant : souraya.osman@imt-nord-europe.fr)

Mots-clés: séchage, milieu granulaire, noyautage, liants inorganiques, CFD

A la fonderie STELLANTIS de Charleville-Mézières, une démarche a été entreprise pour implémenter un nouveau procédé de noyautage utilisant des liants inorganiques à base de silicate ou phosphate pour la fabrication des culasses de moteur à essence dont l'étape de noyautage traditionnelle constitue la principale source d'émission de COV. Ce nouveau procédé inorganique garantit un bilan à zéro émission de COV mais modifie en profondeur le processus de fabrication des noyaux. Le nouveau procédé de noyautage nécessite en effet une étape de séchage utilisant de nouvelles boîtes à noyaux chauffées ainsi que des injections de gaz chauds (fig.1). Ce séchage impacte le procédé global avec un temps de cycle trop long. Par ailleurs, les noyaux inorganiques présentent une sensibilité plus élevée à la reprise d'humidité. La mise en œuvre de ce nouveau procédé inorganique de fonderie sur l'activité culasse de STELLANTIS Charleville est donc un enjeu industriel crucial. Il est notamment attendu dans les prochaines années une révision du « BREF » [1] (Best Available Techniques Reference), un document Européen fait par et pour les industriels regroupant les meilleures techniques de production, qui imposera probablement le noyautage inorganique comme procédé de référence avec une mise en application potentielle en 2027 chez STELLANTIS.

L'objectif global de notre projet de recherche est de réduire le temps de séchage des noyaux inorganiques tout en ayant un noyau correctement formé et utilisable pour la coulée de l'aluminium en fusion. Le projet comprend une étude expérimentale du comportement physique et mécanique du noyau lors de l'opération de séchage (cinétique du séchage, fig.2) et en phase de stockage (mesure des isothermes de sorption, fig.3). Le projet comprend également une étude numérique intégrant le développement d'un modèle prédictif tridimensionnel (actuellement en cours) utilisant un code de calcul de type CFD [2]. Ces modèles permettront de prédire la répartition en eau dans le milieu granulaire pendant les phases de séchage et de stockage. Une fois les modèles prédictifs validés à partir des résultats expérimentaux, il sera envisagé en perspective à ce travail une optimisation du système d'injection d'air, afin de proposer des solutions pour réduire les temps de séchage sur des géométries réelles de noyau de fonderie.

Références:

[1] Prevention, I. P. (2005). Control Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry. European Commission, May.

[2] Starobin, A., Hirt, T., Lang, H., & Todte, M. (2011). Core drying simulation and validation. Am. Foundry Soc. Proc. 11-028, 1-5.

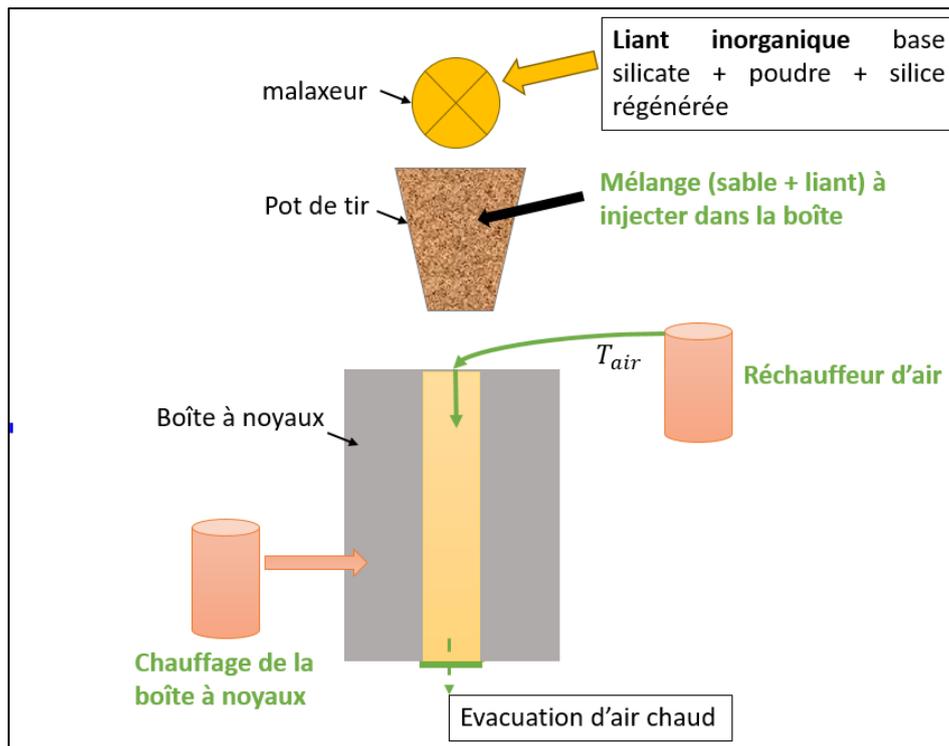


Figure 1: Schéma montrant la noyauteuse laboratoire utilisée pour le noyautage inorganique

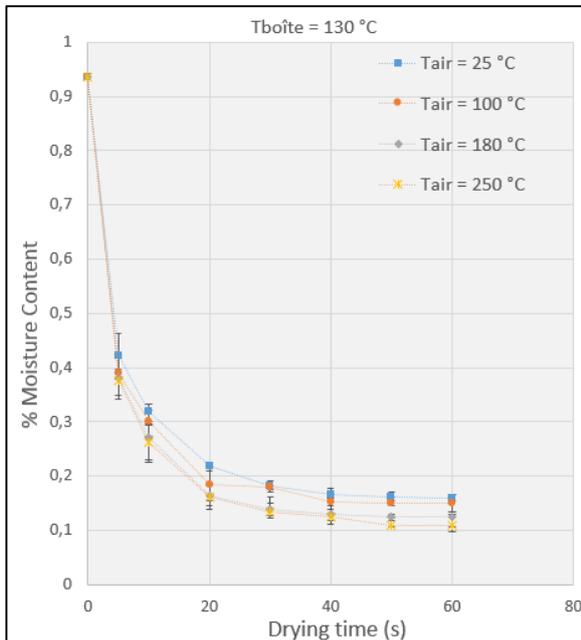


Figure 2: cinétique au séchage des noyaux inorganiques en fonction de différentes températures d'air injectées pour une température fixe de boîte à noyau de 130 °C

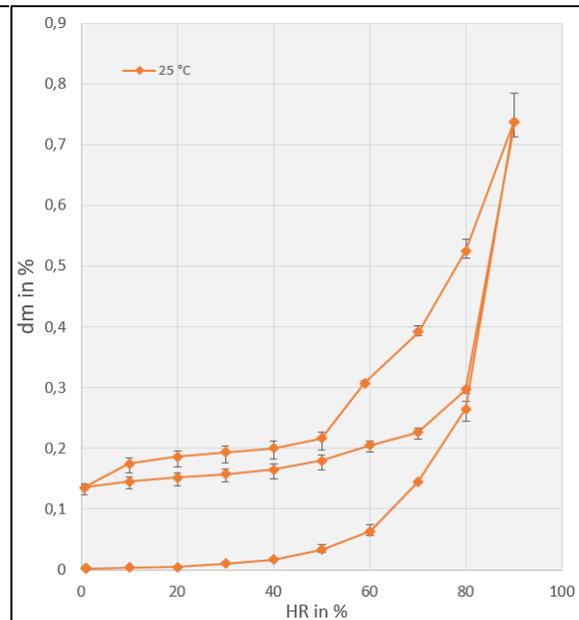


Figure 3: isothermes de sorption à 25°C

Improvement of methanization yields of lignocellulosic biomass by coupling fungal and chemical pretreatments

Shruthi Meenakshisundaram * ¹, Antoine Fayeulle ², Estelle Léonard ³,
Claire Ceballos , André Paus ⁴

¹ Université de Technologie de Compiègne (UTC) – ESCOM – Université de Technologie de Compiègne
- Centre de Recherche de Royallieu - rue du Docteur Schweitzer- CS 60319 - 60203 COMPIEGNE
Cedex, France

² Transformations Intégrées de la Matière Renouvelable (TIMR - EA 4297) – Université de Technologie
de Compiègne – Rue du docteur Schweitzer CS 60319,60203 Compiègne Cedex, France

³ ESCOM / UTC – Ecole Supérieure de Chimie Organique et Minérale : EA4297 TIMR/ESCOM,
France – France

⁴ Université de Technologie de Compiègne (UTC) – Université de Technologie de Compiègne : EA4297
– rue du Dr Schweitzer Compiègne, 60200 FRANCE +33 3 44 23 44 23, France

Mots-Clés: Lignocellulosic biomass, Fungal pretreatment, Chemical pretreatment, Fibre degradation, Methane yield

*Intervenant

Kinetics of DEEA-MAPA aqueous solutions for the post-combustion CO₂ capture by absorption-regeneration

Alexis COSTA*, Seloua MOUHOUBI, Lionel DUBOIS, Guy DE WEIRELD, Diane THOMAS

Chemical & Biochemical Process Engineering and Thermodynamics Unit, Faculty of Engineering, University of Mons, 20 Place du Parc, 7000 Mons, Belgium

*(corresponding author : alexis.costa@umons.ac.be)

Keywords: CO₂ capture, absorption-regeneration process, kinetics, amine(s)-based solvents

Greenhouse gas emissions reduction is an important topic nowadays in order to limit the global warming. Since industrialization, CO₂ emissions are significantly increasing due to different industrial activities. One of the technologies studied to reduce CO₂ emissions is the Carbon Capture Utilization and/or Storage (CCUS). The absorption-regeneration process with amine(s)-based solvent to capture the CO₂ in post-combustion is the more mature technology. In this work, an alternative amine(s)-based solvent, showing a demixing behaviour in some specific condition, is studied allowing to reduce the regeneration energy from around 3.5 GJ/tCO₂ for a conventional solvent (e.g. monoethanolamine (MEA) 30 wt.%) to around 2.2 GJ/tCO₂ [1] with a blended solvent composed of a tertiary amine, N,N-Diethylethanolamine (DEEA), and a diamine, N-Methyl-1,3-propanediamine (MAPA).

The modeling of such a process is a key point. The thermodynamics of this system has been studied in a previous work [2] and a model on Aspen Plus was developed (see Fig. 1). In the present work, the focus was put on the kinetics of CO₂-DEEA-MAPA-H₂O systems considering the amines alone as well as blended. A complete literature review about the reaction kinetics was performed. Concerning primary and secondary amines two mechanisms are proposed in the literature: zwitterion or termolecular (cf. Tab. 1). A comparison is done to identify the kinetic laws giving the simulated values as close as possible to the experimental values. Due to a formalism different from the one required by Aspen Plus, a Fortran subroutine was developed.

The analysis of the literature review as well as the good understanding of the implementation of the subroutines in Aspen Plus made it possible to adequately adjust the simulation models of the MAPA, DEEA and blended solvent systems. The experimental results were compared to the simulation values in terms of regeneration energy, absorption rate and CO₂ loadings for lean and rich streams. The best simulations gave coherent results for the different systems within an error range of ±15% (e.g. see Fig. 2 for the absorption rates). Even if the simulation results are quite satisfactory, new progress could improve the model, especially with the acquisition of new kinetic data to reduce the deviation between simulation and experimentation.

References :

- [1] Liebenthal, Ulrich, Diego Di D. Pinto, Juliana G. M. S. Monteiro, Hallvard F. Svendsen, and Alfons Kather. 2013. "Overall Process Analysis and Optimisation for CO₂ Capture from Coal Fired Power Plants Based on Phase Change Solvents Forming Two Liquid Phases." *Energy Procedia* 37:1844–54. 2
- [2] Mouhoubi, Seloua. 2020. "Development of a Simulation Model for CO₂ Capture Process by Absorption-Regeneration Using DEEA-MAPA Mixtures Application to Cement Flue Gases." PHD Thesis, University of Mons

Acknowledgments :

The authors would like to thank the Belgian Energy Transition Fund for funding the DRIVER project.

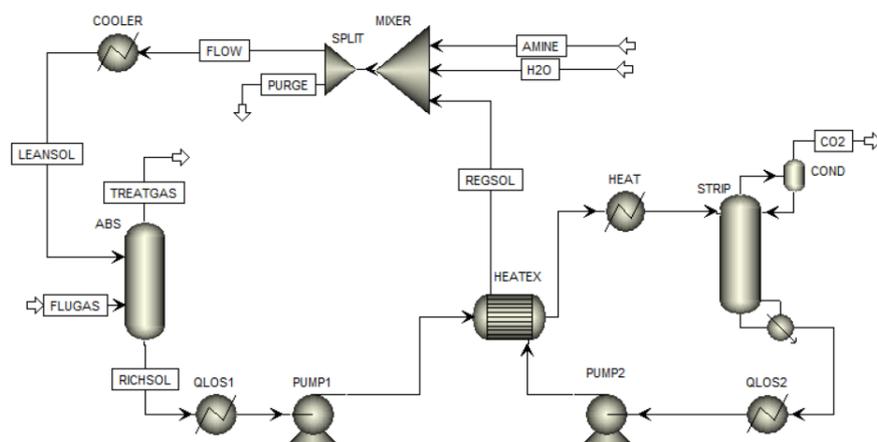


Figure 1 UMONS micro-pilot modelling on Aspen Plus *Erreur ! Source du renvoi introuvable.*

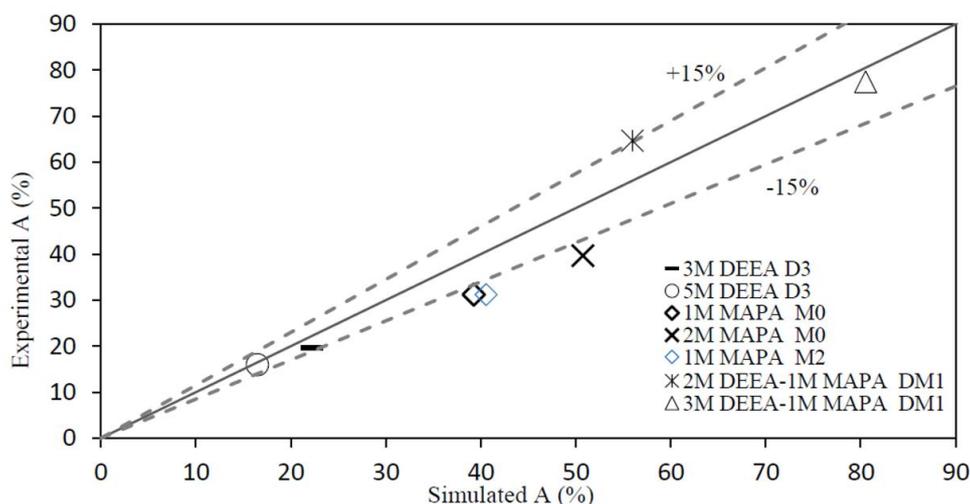


Figure 2 Parity plot for absorption rate between experiment and simulation results for DEEA-MAPA system

Table 1 Summary of the system studied in the different articles

Article	Studying system	Primary/secondary amine mechanism
Majeed 2013	MAPA laws and experimental data DEEA-MAPA experimental data	Termolecular
Monteiro et al. 2014	MAPA laws and experimental data	Termolecular
Monteiro et al. 2015a	DEEA experimental data and review	/
Monteiro et al. 2015b	DEEA-MAPA laws and experimental data	Termolecular
Garcia et al. 2017	DEEA-MAPA experimental data	Zwitterion
Kierzkowska-Pawlak and Kruszczyk 2017	DEEA law and experimental data DEEA-MAPA experimental data	Termolecular
Joseph et al. 2018	DEEA-MAPA experimental data	Zwitterion
Jiang et al. 2018	DEEA experimental data and review	/

Méthanation du CO₂ : quelle est l'influence de la teneur en Nickel ?

Michel OBEID^{1,2,3}, Christophe POUPIN¹, Madona LABAKI², Samer AOUAD³, Edmond ABI-AAD¹

¹ Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), 59140 Dunkerque, France

² Laboratoire de Chimie-Physique des matériaux (LCPM), Faculté des Sciences, Université Libanaise, Fanar, Liban

³ Département de Chimie, Faculté des Arts et des Sciences, Université de Balamand, Koura, Liban

*auteur correspondant : Christophe.Poupin@univ-littoral.fr

Mots-clés: méthanation du CO₂, CH₄, nickel, hydroxyde double lamellaire (HDL)

Le réchauffement climatique global est une situation avérée, il faut dès à présent trouver des solutions pour pouvoir minimiser ce changement. La solution la plus évidente est de réduire les émissions de gaz à effet de serre dont le dioxyde de carbone (CO₂) qui existe en très grande proportion. La conversion et l'utilisation du CO₂ constituent donc une solution pour réduire les concentrations de CO₂ émises dans l'atmosphère. L'une des méthodes qui peuvent être utilisées est la méthanation du CO₂ (figure 1).

Cette réaction est cinétiquement lente et requiert la présence d'un catalyseur [1]. De plus, d'un point de vue économique et industriel, il est intéressant que cette réaction soit favorisée à des températures inférieures à 500 °C. Les catalyseurs à base de Ni et préparés par voie HDL sont efficaces, peu coûteux [2] et font l'objet de ce travail. Les HDL sont des argiles anioniques. Leur calcination conduit à la formation d'oxydes mixtes par déshydratation, déshydroxylation ainsi que la décomposition des anions de compensation. Du fait de la structure HDL de départ, les oxydes obtenus possèdent des propriétés intéressantes en catalyse.

Une série d'échantillons oxydes mixtes composés de magnésium, d'aluminium et nickel a été préparée par voie HDL avec différentes teneurs en nickel. Les solides préparés ont été caractérisés, avant et après calcination, par diverses techniques physico-chimiques telles que la diffraction des rayons X, l'analyse thermogravimétrique et la méthode BET. Par la suite, les oxydes préparés ont été évalués dans la réaction de méthanation. Les résultats ont montré que lorsque la teneur en nickel augmente, la conversion de CO₂, la sélectivité et le rendement en CH₄ augmentent.

Références :

- [1] J. Gao, Y. Wang, Y. Ping, D. Hu, G. Xu, F. Su, A thermodynamic analysis of methanation reactions of carbon oxides for the production of synthetic natural gas, *RSC Adv.* 2 (2012) 2358–2368.
- [2] W.J. Lee, C. Li, H. Prajitno, J. Yoo, J. Patel, Y. Yang, S. Lim, Recent trend in thermal catalytic low temperature CO₂ methanation: A critical review, *Catal. Today.* 368 (2020) 2–19.

Remerciements :

Les auteurs souhaitent remercier les deux financeurs : l'Université du Littoral Côte d'Opale et l'Université Libanaise.

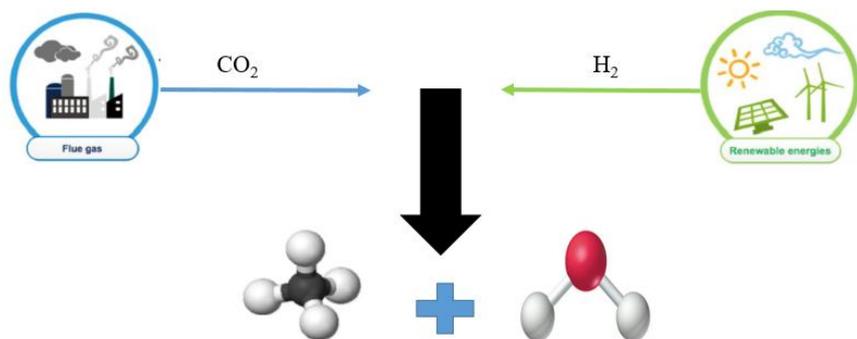


Figure 1 : Schématisation de la réaction de méthanation

RESUME

Le béton de chanvre qui est l'un des matériaux de construction le plus développé en France. Il est utilisé comme matériau de remplissage porteur et/ou d'isolation, dans un système éco-constructif. Le béton de chanvre compte tenu de sa forte porosité, ce béton présente des performances thermiques et acoustiques particulièrement intéressantes. Toutefois, plus le béton de chanvre est léger, plus son niveau d'isolation thermique et acoustique est élevé, et plus ses propriétés mécaniques sont faibles. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire d'optimiser sa formulation, afin d'obtenir le meilleur compromis entre les performances mécaniques, hygrique, thermiques et acoustiques, selon le domaine d'emploi (porteur et/ou isolant). La première piste d'optimisation envisagée consiste à faire varier le dosage en additions végétales mais aussi la nature et la quantité de liant utilisé.

L'objectif de ce travail est d'étudier des propriétés mécaniques, thermiques et hygriques des bétons de chanvre. Ces matériaux possèdent des porosités importantes ce qui leur donne l'aspect léger et leur offre des propriétés thermiques et hygriques importantes.

Ce travail de recherche s'intéresse aux matériaux agro-source qui représentent la faisabilité de matériaux de construction légers à base de particules de chanvre et d'un liant de (chaux NHL5 et tradical PF70) préformulé, qui présente des performances mécaniques assez bonnes. L'objectif est de réduire la concentration des ions Ca^{2+} qui sont responsables de la dégradation des particules végétales et par conséquent induisent la perte de performances mécaniques du matériau composite final. Ce matériau innovant consiste à mélanger le liant à base de (chaux NHL5 ou Tradical PF70) à différents pourcentages de métakaolin. Dans un premier temps, nous avons étudié l'influence de différents pourcentages de métakaolin sur deux mortiers témoins (la chaux NHL5 ou le tradical PF70), ensuite nous avons comparé leur résistance mécanique à la compression et flexion afin de choisir le liant optimal, puis les matériaux composites sont testés à différents volumes de particules de chanvre (2v et 3v de chanvre). Les résultats de la caractérisation des propriétés physico-mécaniques des matériaux sont présentés et soutenus en utilisant l'analyse MEB et EDS. Une relation étroite entre la teneur en métakaolin et les propriétés physico-mécaniques du mortier a été trouvée.

Dans la deuxième partie, nous avons comparé les performances hygro-thermiques des bétons de chanvre comprenant respectivement 2 volumes et 3 volumes de particules végétales pour un volume de liant, sans ou avec 20% de métakaolin.

Cette étude est particulièrement utile pour établir les proportions adéquates d'adjuvants à utiliser dans les mortiers de (chaux NHL5 et Tradical PF70) destinés aux travaux de rénovation ou aux constructions neuves.

Les matériaux envisagés dans ce travail sont les suivants avec différents volumes de chanvre avec un rajout de métakaolin.

- BCC2 (Béton de chanvre à base de Chaux, à 2 Volumes de Chanvre)
- BCC3 Béton de chanvre à base de Chaux, à 3 Volumes de Chanvre)
- BCT2 (Béton de chanvre à base du Tradical, à 2 Volumes de Chanvre)
- BCT3 (Béton de chanvre à base du Tradical, à 3 Volumes de Chanvre)

On the way to dethrone the benchmark: Palladium-based catalysts for Proton Exchange Membrane Fuel Cells

Aleksandra GRZELAK*¹, Nathalie JOB¹

¹ University of Liege, Department of Chemical Engineering –Nanomaterials, Catalysis, Electrochemistry (NCE), Building B6a, Sart-Tilman, B-4000 Liège

* auteur correspondant : a.grzelak@uliege.be,

Mots-clés: *Hydrogen, Fuel Cells, PEMFC, Electrocatalysis, ORR, Climate change*

5 years after signing the Paris Agreement¹ and 30 years after signing the UN Framework Convention on Climate Change, the world is still battling against a stark scenario, which will trigger irreversible changes to the climate. According to the latest report on the state of the climate, there are 4 main pathways depending on (i) how aggressively we act to reduce carbon emissions, (ii) economic trends and (iii) technological progress: RCP (The Representative Concentration Pathways) 2.6, RCP4.5, RCP 6.0 RCP8.5. RCP 1.9 is a pathway that limits global warming to below 1.5 °C. The goal of the Paris Agreement is not listed because current emissions are tracking close to the RCP8.5² most aggressive scenario. The RCP 8.5 pathway delivers a temperature increase of about 4.3°C by 2100, relative to pre-industrial temperatures. Addressing the climate change crisis, and phase-out of fossil fuel vehicles, switching to carbon-free became inevitable. One of the strategies is to use hydrogen as an energy carrier. Depending on the production process, hydrogen production can be particularly environmentally friendly and help fight climate change. Hydrogen is versatile, it can be used in fuel cells to generate electricity but also in fertilizer production. Hydrogen can be transported over long distances via gas pipelines. GASUNIE - Dutch natural gas infrastructure and transportation company in cooperation with other companies have modified an existing main gas transport pipeline for hydrogen transport. This means that switching from natural gas to hydrogen distribution will be more accessible and economically viable. Currently, the most used catalysts for Proton Exchange Membrane Fuel Cells are platinum group metals (PGMs) deposited on carbon, especially platinum nanoparticles (Pt/C). Despite, cost of precious metal being an obstacle, but also the stability, platinum nanoparticles can dissolve, coalesce, grow, and the carbon support may oxidize, which leads to nanoparticle detachment and a decrease of electrochemically surface. In the exploration of new alternative catalysts, researchers have investigated several other types of materials and strategies. One of the ideas is to replace or decrease the amount of precious metal by partial substitution with less costly metal (e.g. Ag, Ni, Co, Cu). The key PEMFC reaction is the Oxygen Reduction Reaction (ORR). It is known for sluggish kinetics, which has been a major challenge to overcome on the way to commercialization. Although platinum is still the most efficient element for the ORR and is used as a benchmark it is not the only option. It was reported that the activity of Pd is only slightly lower, it can be tuned by alloying (e.g. Co, Ag, Cu) and/or reducing the size. It is worth mentioning that palladium is 50 times less abundant than Pt and has a similar overpotential for the ORR, which makes it a great candidate to compete with. Palladium-silver catalysts are facing the problem of surface segregation and chemical ordering while exceeding 50% atomic of silver in an alloy ($\text{Ag} > 0.5 \text{Pd} < 0.5$), the favourable chemical pattern is $\text{AgPd}_{\text{core}} / \text{Ag}_{\text{shell}}$ structure with increasing Ag content. Even if palladium is more affordable than platinum, it is still pricey. The goal is to lower the price without compromising the ORR activity⁴⁻⁵.

References

[1] <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> Retrieved: 2/11/2021

[2] <https://www.gasunie.nl/en/news/gasunie-hydrogen-pipeline-from-dow-to-yara-brought-into-operation> Retrieved: 2/11/2021

[3] Christopher R. Schwal et. al. (2020) 'RCP8.5 tracks cumulative CO2 emissions', *PNAS*, vol. 117, no. 33.. doi/10.1073/pnas.2007117117

[4] Gasteiger, H. A. et al. (2005) 'Activity benchmarks and requirements for Pt, Pt-alloy, and non-Pt oxygen reduction catalysts for PEMFCs', *Applied Catalysis B: Environmental*, 56(1-2 SPEC. ISS.), pp. 9–35. doi: 10.1016/j.apcatb.2004.06.021.

[5] Ropo, M. et al. (2006) 'The chemical potential in surface segregation calculations: AgPd alloys', *Surface Science*, 600(4), pp. 904–913. doi: 10.1016/j.susc.2005.12.023.

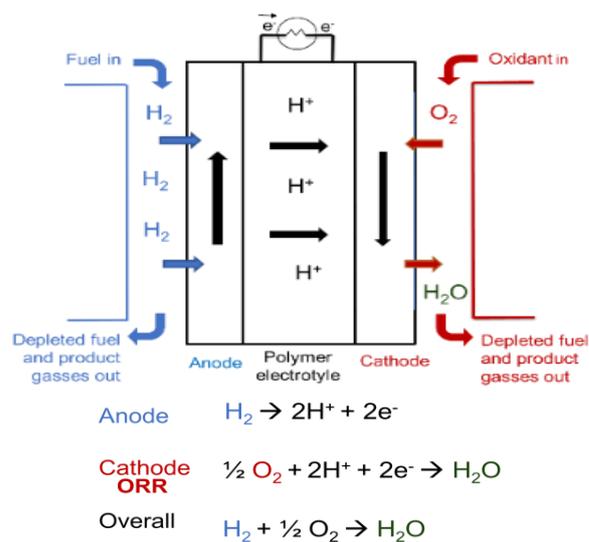


Figure 1 Schematic illustration of PEMFC working principle.

Simulation of a Fischer-Tropsch reactor for jet-fuel production using Aspen Custom Modeler

Alejandro MORALES ^{1*}, Gregoire LEONARD ¹

¹University of Liege - Sart - Tilman, Quartier Agora Allée du Six Août 11, Bâtiment B6a, 4000 Liege, Belgium.
[*amorales@uliege.be](mailto:amorales@uliege.be)

Keywords: *Simulation, Aspen Custom Modeler, Carbon Use, Fischer-Tropsch, Jet-Fuel.*

A decarbonized energy system is compulsive to mitigate the effects of climate change. Fischer-Tropsch (FT) technologies allow the transformation of captured CO₂ emissions into a wide array of hydrocarbon chains when coupled with green hydrogen (produced via electrolysis powered by renewable energy). When optimized, the process produces a high concentration of long carbon chains which in turn could be further upgraded into jet-fuel. Hence, difficult to electrify economic sectors such as the aviation sector could have a carbon-free fuel supply. Within this framework, the aim of our research is to design, install, operate and optimize a FT reactor that would serve as core of a future Power-to-Jet Fuel pilot-scale implementation at the University of Liege (UL). In the present article, a simulation of a FT reactor is developed using Aspen Custom Modeler (ACM). After performing a literature review, the kinetics reported by Iglesia et al. (1993) and the stoichiometry proposed by Hillestad et al. (2014) were selected and implemented. The resulting model was first validated by simulating computational, lab and pilot FT implementations reported by Vidal et al. (2018), König et al. (2015), and Tomte (2013). Once validated, the parameters are used to simulate a FT pilot reactor having an inlet of 0.6 kg per day of H₂ and 8 kg per day of CO, in compliance to the electrolysis capacity available at the UL. In future work, the ACM model of the FT reactor will serve as input for a more complex process model of the Power-to-Jet Fuel production chain, further improving conversion efficiency.

References :

- [1] Iglesia, E., et al, Reaction-Transportation selectivity models and the design of Fischer-Tropsch catalysts, *Computer-Aided Design of Catalysts*, pp. 199-257, (1993).
- [2] Hillestad, M., Modelling the Fischer-Tropsch distribution and model implementation, *Chem. Prod. Process Model*, 10 (3), pp. 147-159, (2014).
- [3] König, F., et al., Simulation and evaluation of a process concept for the generation of synthetic fuel, *Energy*, Vol 91, pp. 833-841, (2015).
- [4] F. Vidal et al., Power-to-X technology using renewable electricity and carbon dioxide from ambient air: SOLETAIR proof-of-concept and improved process concept, *Journal of CO₂ Utilization*, Vol 28, pp. 235-246, (2018).
- [5] Tomte, K., Modelling and optimization of a Gas-to-Liquid plant, (2013).

Simulations on Lab Scale CO₂ Capture Vacuum Pressure Swing Adsorption Pilot Unit using MOF

Arnaud Henrotin^{1*}, Nicolas Heymans¹, Shyamapada Nandi², Farid Nouar², Georges Mouchaham², Christian Serre², Guy De Weireld¹

¹Service de Thermodynamique et Physique Mathématique, Faculté Polytechnique, Université de Mons, 7000 Mons, Belgique

²Institut des Matériaux Poreux de Paris, École Normale Supérieure, ESPCI Paris, CNRS, PSL University, France

* (auteur correspondant : arnaud.henrotin@umons.ac.be)

Mots-clés : CO₂ capture, VPSA, MOF, Process optimisation, Parametric study, pilot unit

Nowadays, power generation and carbon-intensive industries (cement plants, steel plants...) are responsible for around 50% of anthropogenic CO₂ emissions to the atmosphere that mainly contributes to global warming. Since two decades, CO₂ capture techniques were investigated to envisage CO₂ storage and chemical reuse. Beside the mature absorption-regeneration technologies using amine solvents but having an impact on the environment, adsorption processes are a promising capture technique thanks to improvement of process design and development of new materials. Among these materials, MOFs appears as very promising materials for both gas separation and purification. However, the performances of these hybrid materials in carbon capture technologies have not been fully evaluated and fine-tuning is still needed for adsorption processes at large scale in real industrial conditions. The adsorption performances of MIL-160(Al)^{1,2} at a 200g-scale have been evaluated by pure component adsorption isotherms and breakthrough curves measurements. From these data, a complete simulation of Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA) process was performed on Aspen Adsorption[®] software to evaluate the performances of different VPSA process configuration with MIL-160(Al). A 2-stage VPSA process with 2 beds and 5 steps³ and a 1-stage VPSA process with 3 beds with 5 or 6 steps^{4,5} have been investigated to reach the target of such a process: CO₂ purity of 95% and recovery of 90%. A design of experiments (step times, flowrates, pressures) was carried out (i) to study the impact of these operating parameters on capture performance, (ii) to identify the adequate design to build a lab pilot capable of processing 1 Nm³/h of an N₂(85%)/CO₂(15%) mixture and (iii) to optimise the operating conditions.

Références :

[1] A. Cadiou et al., "Design of Hydrophilic Metal Organic Framework Water Adsorbents for Heat Reallocation," *Adv. Mater.*, vol. 27, no. 32, pp. 4775–4780, Aug. 2015.

[2] D. Damasceno Borges et al., "Gas Adsorption and Separation by the Al-Based Metal–Organic Framework MIL-160," *J. Phys. Chem. C*, vol. 121, no. 48, pp. 26822–26832, Dec. 2017.

[3] C. A. Grande, "Advances in Pressure Swing Adsorption for Gas Separation," *ISRN Chem. Eng.*, vol. 2012, pp. 1–13, 2012.

[4] L. Wang, Z. Liu, P. Li, J. Wang, and J. Yu, "CO₂ capture from flue gas by two successive VPSA units using 13XAPG," *Adsorption*, vol. 18, no. 5–6, pp. 445–459, 2012.

[5] S. Krishnamurthy et al, "Post combustion carbon capture with supported amine sorbents: From adsorbent characterization to process simulation and optimization," *Chem. Eng. J.*, vol. 406, p. 127121, 2021.

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude au projet MOF4AIR (<https://www.mof4air.eu/>), financé par le programme de recherche et d'innovation de l'Union Européenne Horizon 2020 sous le n° de bourse 831975.

Structured ZoneFlow™-bayonet steam reforming reactor: Pressure drop and heat transfer modelling and evaluation of reactor performance

Florent Minette^{1,2*}, Juray De Wilde^{1,2}

¹Université Catholique de Louvain, Materials & Process Engineering (IMAP), Place Sainte Barbe 2, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

²UCLouvain, Research and Innovation Centre for Process Engineering (ReCIPE), Place Sainte Barbe 2, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

* (auteur correspondant : florent.minette@uclouvain.be)

Keywords: *Structured catalytic reactors, Steam Methane Reforming, Hydrogen production, Process Intensification, Bayonet configuration*

Abstract

Steam Methane Reforming is one of the most widely processes for the production of hydrogen and syngas [1]. The ZoneFlow™ reactor is an annular structured catalytic reactor used in Steam Methane Reforming that has the potential to combine reduced pressure drop and improved heat transfer compared to conventional pellets [2]. The pressure drop and heat transfer coefficient between the tube wall and the process gas were measured experimentally, considering various designs and comparison was made with two commercial reference pellets. The experiments were carried out in a 1 m long reactor, at atmospheric pressure and with air flow rates from 70 to 330 Nm³/h. To measure the heat transfer coefficient, the furnace was set to a constant temperature varied in the range 100-500°C. From the experimental data, correlations for the friction factor and the Nusselt number were derived. A correlation for the conductive contribution was derived from 3D numerical simulations [3]. The use of the ZoneFlow™ reactor in a bayonet configuration is investigated. The produced syngas returns via the central tube, the so-called bayonet, allowing counter-current heat exchange between the return gas and the gas reacting in the ZoneFlow™ reactor [4]. Consequently, the heat supplied externally by the furnace can be maximally used for the reactions. To intensify the heat transfer between the gas in the bayonet and in the annulus, an insert is installed inside the bayonet, forming a second annulus that forces the gas to flow close to the bayonet wall at high velocity. The pressure drop and heat transfer resulting from various bayonet configurations were experimentally and various correlations for the friction factors and the heat transfer coefficients derived from the data. The correlations were finally used to simulate a commercial scale ZoneFlow™-bayonet reactor and evaluate the potential of the technology to intensify the production of hydrogen from natural gas [5].

References:

- [1] C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto, *Fundamentals of Industrial Catalytic Processes Technology*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2001.
- [2] J. De Wilde, G.F. Froment, Modeling of dual-zone structured reactors for natural gas steam reforming, *Ind. Eng. Chem. Res.* 52 (2013) 14055-14065.

[3] F. Minette, L. Calamote de Almeida, S. Ratan, J. De Wilde, Pressure drop and heat transfer of ZoneFlow™ structured catalytic reactors and reference pellets for Steam Methane Reforming, Chem. Eng. Journal 417 (2021) 128080.

[4] Haldor-Topsoe, Bayonet reformer (SMR-b) <https://www.topsoe.com/products/equipment/bayonet-reformer-smr-b> (2020).

[5] F. Minette, J. De Wilde, Multi-scale modeling and simulation of low-pressure methane bi-reforming using structured catalytic reactors, Chem. Eng. Journal 407 (2021) 127218.

Acknowledgments:

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à ZoneFlow™ Reactor Technologies, LLC. pour le soutien apporté à ces recherches.

Figures

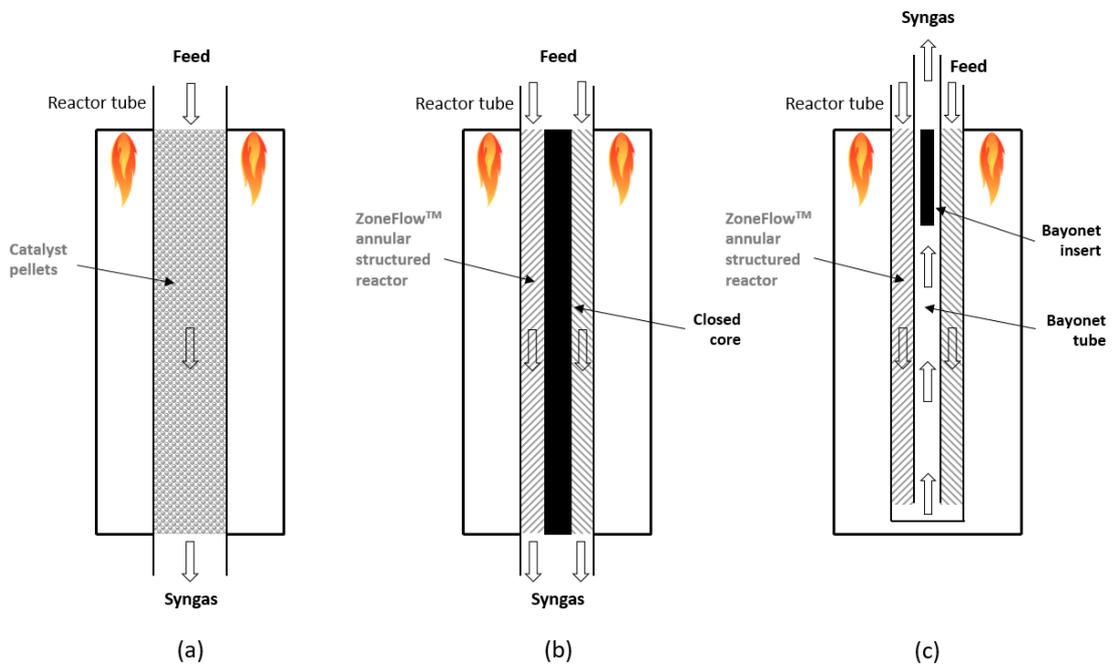


Figure 1: Schematic representation of the considered industrial, top-fired, steam reformer with reactor tubes loaded with (a) pellets, (b) the structured ZoneFlow™ reactor with closed core (single-pass) and (c) the structured ZoneFlow™-bayonet reactor.

Synthèse de catalyseurs à base de Ni et de Co par l'assistance d'ultrasons

Hamed KALAWOUN¹, Muriel CHAGHOURI¹, Cédric GENNEQUIN¹, François DELATTRE^{1*}

¹ Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV, E.A. 4492), MREI, Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), 145 Avenue Maurice-Schumann, 59140 Dunkerque, France

* (auteur correspondant : francois.delattre@univ-littoral.fr)

Mots-clés: *Ultrasons, Sonochimie, Catalyse, Energie, Reformage à sec de méthane.*

Récemment, le processus de reformage à sec de méthane attire l'attention. En effet, cette réaction présente l'avantage de transformer deux principaux gaz à effet de serre en un mélange équimolaire de gaz de synthèse (H₂ et CO) convenable à la production de méthanol, d'acide acétique, d'hydrocarbures... (1). De nature endothermique, cette réaction nécessite des températures élevées (900-1000 °C) pour atteindre des hauts degrés de conversion. L'utilisation de catalyseurs entraîne l'augmentation de la cinétique de la réaction à des températures plus basses (650-800 °C) (2). Due à sa grande disponibilité, à son coût faible, ainsi qu'à sa réactivité en reformage à sec, le nickel est le métal le plus employé pour ce processus. De plus, l'ajout de cobalt a montré des effets bénéfiques au niveau de l'activité et de la stabilité des solides (3). En revanche, ces catalyseurs peuvent se désactiver rapidement par dépôt de carbone (4). Ces deux métaux ont été largement employés dans la synthèse des catalyseurs à base d'oxydes mixtes à partir des précurseurs hydrotalcites qui ont montré une bonne activité catalytique. Parmi les techniques employées dans le but d'améliorer les propriétés texturales et morphologiques des catalyseurs, l'application d'une irradiation ultrasonique a montré des effets significatifs sur la dispersion de la phase active, l'empêchement d'agglomération des particules, l'augmentation de la surface spécifique... (5). Dans ce travail, des précurseurs hydrotalcites à base de Ni et de Co ont été synthétisés par la méthode traditionnelle de co-précipitation et par l'assistance d'ultrasons afin de voir l'impact de l'irradiation ultrasonique sur leurs propriétés physicochimiques.

Références :

- [1] Tanios, C., Bsaibes, S., Gennequin, C., Labaki, M., Cazier, F., Billet, S., Tidahy, H.L., Nsouli, B., Aboukaïs, A., Abi-Aad, E., Syngas production by the CO₂ reforming of CH₄ over Ni-Co-Mg-Al catalysts obtained from hydrotalcite precursors, *Int. J. Hydrog. Energy* 42, 12818–12828, (2017).
- [2] Mahfouz, R., Estephane, J., Gennequin, C., Tidahy, L., Aouad, S., Abi-Aad, E., CO₂ reforming of methane over Ni and/or Ru catalysts supported on mesoporous KIT-6: Effect of promotion with Ce. *J. Environ. Chem. Eng.* 9, 104662, (2021).
- [3] Zhang, X., Yang, C., Zhang, Y., Xu, Y., Shang, S., Yin, Y., Ni-Co catalyst derived from layered double hydroxides for dry reforming of methane. *Int. J. Hydrog. Energy* 40, 16115–16126, (2015).
- [4] Estephane, J., Aouad, S., Hany, S., El Khoury, B., Gennequin, C., El Zakhem, H., El Nakat, J., Aboukaïs, A., Abi Aad, E., 2015. CO₂ reforming of methane over Ni-Co/ZSM5 catalysts. Aging and carbon deposition study. *Int. J. Hydrog. Energy* 40, 9201–9208, (2015).
- [5] Hosseini, T., Haghghi, M., Ajamein, H., Fuel cell-grade hydrogen production from methanol over sonochemical coprecipitated copper based nanocatalyst: Influence of irradiation power and time on catalytic properties and performance. *Energy Convers. Manag.* 126, 595–607, (2016).

Valorization of plastics into syngas using Ru-Ni/Al₂O₃ catalysts

Aida YOUNIS¹, Jane ESTEPHANE², Cédric GENNEQUIN¹, Samer AOUAD^{3*}, Edmond ABI AAD¹

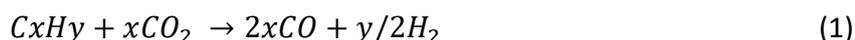
¹UCEIV, EA 4492, ULCO, 145 Avenue Maurice Schumann, 59140 Dunkerque, France (E-mail: aidafouadyounis@gmail.com, cedric.gennequin@univ-littoral.fr, edmond.abiaad@univ-littoral.fr)

²Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Balamand, Lebanon (E-mail: jane.estephane@balamand.edu.lb)

³Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, University of Balamand, Lebanon (E-mail: samer.aouad@balamand.edu.lb)

Key words: Polypropylene; dry reforming; carbon dioxide; catalyst; syngas

In recent years, the production and consumption of materials plastics has grown considerably due to their low cost, versatility, ease of manufacturing and their use in a wide range of application.[1] In 2020, the “Plastics the facts” study showed that out of the 29.1 million tons of plastic post-consumer wastes collected in Europe, 43% are used in energy production, 32% recycled, however the remaining 25% are still deposited in landfills.[2] This high percentage of landfilling poses a serious environmental problem and threatens the health of aquatic and terrestrial animals.[3] A promising solution is the dry reforming process (1), where carbon dioxide is used, in the presence of a catalyst, to crack the high molecular weight hydrocarbons to produce synthesis gas (also known as syngas: mixture of CO and H₂).[4]



However, this reaction is highly endothermic and requires a catalyst to increase its efficiency. In this work, the catalysts were prepared by impregnating Ni or Ru-Ni over alumina. They were then tested in the two-stage pyrolysis-catalytic dry reforming of polypropylene reaction. The process involves a two-stage fixed bed reactors (figure 1), where the pyrolysis of the plastics occurs in the first stage, and the resulting hydrocarbons are sent into the second stage to be reformed in the presence of CO₂ and our catalyst. The catalytic performance of the different γ Ru_xNi/Al₂O₃ catalysts was evaluated. The number of moles of hydrogen produced increased with active phase loading (maximum theoretical moles of H₂= 0.14 mole). It appeared that promoting a catalyst containing 15wt.% of Ni with 1 wt.% of Ru was the best compromise with an H₂ yield of 0.086 mol (figure2).

References:

[1] Lopez, G., Artetxe, M., Amutio, M., Alvarez, J., Bilbao, J. & Olazar, M., Recent advances in the gasification of wasteplastics. A critical overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bilbao, Spain, Volume 82, pp. 576-596, (2018).

[2] Plastics Europe, (2020) Plastics the facts2019/2020. *Plastics Europe*, Brussels, Belgium, (2019).

[3] Kunwar, B., Cheng, H. N., Chandrashekar, S. R., & Sharma, B. K., Plastics to fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Illinois, United States, Volume 54, pp. 421-428, (2016).

[4] Saad, J. M., Nahil, M. A., Wu, C., & Williams, P. T., Influence of nickel-based catalysts on syngas production from carbon dioxide reforming of waste high density polyethylene. *Fuel Processing Technology*, Leeds, United Kingdom, Volume 138, pp. 156-163, (2015).

Acknowledgment:

The authors would like to thank the Université du Littoral – Côte d’Opale (ULCO), the National Council for Scientific Research –Lebanon (CNRS-L) and the Balamand Research Grant project RGA/FAS/19-20/008.

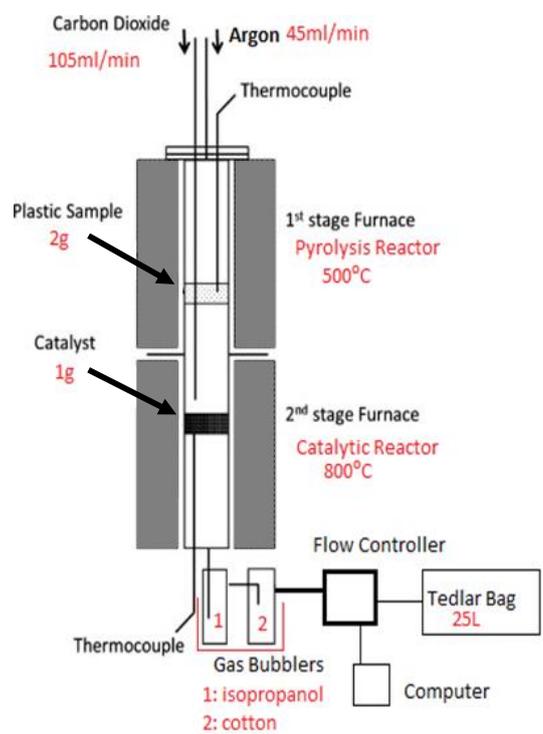


Figure 1 Schematic diagram of the two-stage fixed bed reactor.

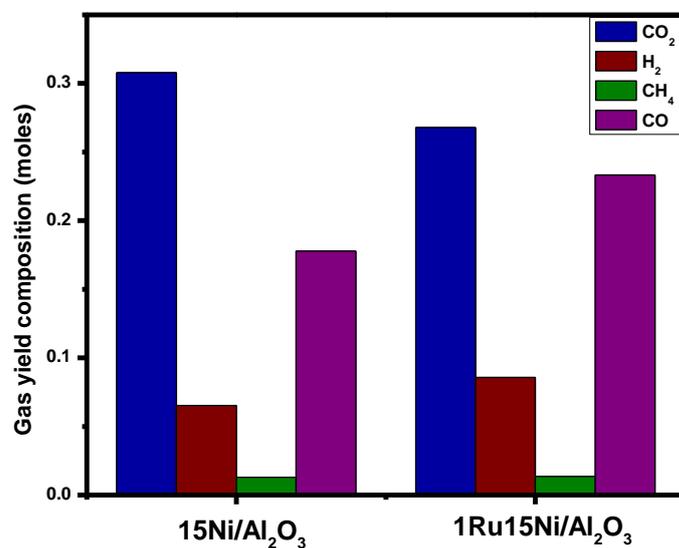


Figure 2 Gas yield composition from the catalytic dry reforming of polypropylene over γ Ru_xNi/Al₂O₃

Valorization of sediments in bio-based materials

Application to fluvial sediments with incorporation of natural fibers

Mazhar Hussain^{1,2*}, Daniel Levacher², Nathalie LEBLANC¹, Hafida ZMAMOU¹

¹UniLaSalle, Univ. Artois, ULR7519 - Transformations & Agro-ressources, Normandie Université,
3 rue du Tronquet, 76130 Mont-Saint-Aignan, France.

²Normandie Université, Unicaen, UMR 6143 CNRS - M2C, 24 rue des Tilleuls, 14000 Caen, France

*(Corresponding author: mazhar.hussain@unilasalle.fr)

Keywords: *Dredged sediments, palm oil fibers, crude bricks*

Dredged sediments from rivers and ports are waste material, generally stored on land sites. Presence of contaminants in sediments and leaching sediments triggers environmental concerns. Sediment recycling in crude bricks is interesting due to low energy consumption as consumption of energy in buildings sector and building materials is massive. In case of France, energy share of building sector is 44% [1]. Due to higher energy consumption of construction materials, earth bricks present an ecofriendly solution as their manufacturing involve minimum energy and their thermal conductivity is significantly lower than concrete and fired bricks. Earth bricks are made with soil and natural fibers as reinforcement. Natural fibers are another waste material, generated by different industries such as sugar, oil and food industry. Natural fiber's disposal causes environmental degradation due to CO₂ production and land pollution

In this study, Usumacinta River sediments and palm oil flower fibers were used to make earth bricks. Characteristics of sediments and fibers and their suitability for crude bricks was determined by different approaches. Fibers were cut with grid of 2cm and 3cm length. Sediment's mixture was prepared by mixing sediments and fibers at fibers content of 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5%. Sediments and fibers matrix were moulded into specimen of size 4*4*16 cm³ and compacted dynamically. Finally, these bricks samples were dried naturally and in oven at 40 °C. Tensile and compressive strengths were performed on bricks to observe their resistance. Similarly, toughness index, fibers distribution inside the bricks and thermal conductivity of bricks was also observed. Crude bricks have maximum tensile strength at 4% fiber content with G-2cm and 3% fiber content with G-3cm long fibers and satisfy minimum tensile strength requirement of 0.25 MPa [2].

References:

- [1] Énergie dans les bâtiments | Ministère de la Transition écologique. <https://www.ecologie.gouv.fr/energie-dans-batiments> (accessed November 3, 2021).

[2] NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings [Building Code Compliance Document E2 (AS2)]

Funding: This work has been funded by the project “From traditional uses to an integrated valorisation of sediments in the Usumacinta River basin (VAL-USES)” from the Agence Nationale de la Recherche of France (ANR-17-CE03-0012-01) and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología of Mexico (FONCICYT-290792).



Figure 1: Raw material and manufacturing of crude bricks



Figure 2: Crude bricks samples at different fibers percentage with G-2cm and G-3cm fibers

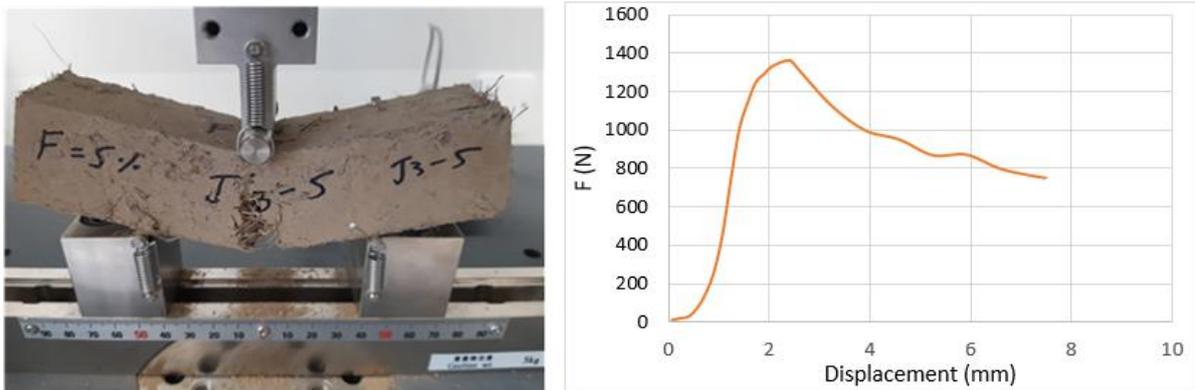


Figure 3: Tensile strength testing of brick and tensile load deflection curve

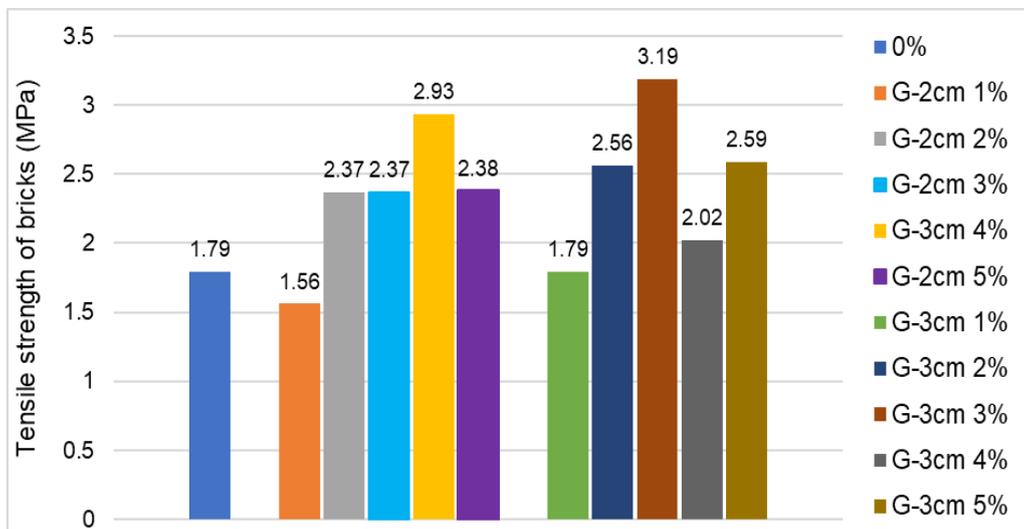


Figure 4: Tensile strength of bricks at different fiber content

Vers la production d'hydrogène par reformage catalytique du biogaz et de bio-huile produits durant la pyrolyse de biomasse

Mira ABOU RJEILY¹, Muriel CHAGHOURI², Cédric GENNEQUIN², Hervé PRON¹, Edmond ABI AAD², Jaona RANDRIANALISOA^{1,*}

¹ Université de Reims Champagne-Ardenne, Institut de Thermique, Mécanique, Matériaux – ITheMM, EA 7548, SFR Condorcet - FR CNRS 3417, Campus Moulin de la Housse, 51687 Reims Cedex 2, France

² Université du Littoral Côte d'Opale, Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant - UCEIV, UR 4492, SFR Condorcet - FR CNRS 3417, 145 avenue Maurice Schumann, 59140 Dunkerque, France

* (jaona.randrianalisoa@univ-reims.fr)

Mots-clés: biomasse, pyrolyse, reformage, énergie, hydrogène, gaz de synthèse

Résumé

La demande massive d'énergie et l'épuisement des combustibles fossiles avec leurs effets dévastateurs sur l'environnement, nécessitent la production d'énergie "verte" qui permettra de subvenir aux besoins globaux en électricité et en carburants. L'hydrogène est un vecteur énergétique ayant un grand potentiel dans le futur proche aux niveaux national et international. Malgré son abondance sur Terre, l'hydrogène est en grande majorité associé à d'autres éléments comme dans l'eau, les hydrocarbures ou la biomasse. Plusieurs procédés existent pour extraire la molécule de dihydrogène (H₂) de ces produits. Citons l'électrolyse nécessitant elle-même de l'électricité, le vaporeformage de combustibles fossiles émettant du dioxyde de carbone (CO₂) et la gazéification de la biomasse sollicitant des étapes de purification. La conversion de la biomasse en combustibles tel que la bio-huile, par exemple par le procédé de pyrolyse, a été largement étudiée mais la tendance actuelle se dirige vers les produits à fortes valeurs ajoutées tels les gaz de synthèse et plus particulièrement l'hydrogène [1].

Notre approche vise à réaliser un procédé en deux étages pour valoriser la biomasse en gaz de synthèse notamment en H₂. Dans le premier étage, nous pouvons réaliser des procédés thermo-chimiques tels que la pyrolyse et la gazéification, qui consistent en la décomposition thermique de la biomasse. Dans le second, des réactions de reformage catalytiques visent à augmenter la co-production de H₂ et de CO [2]. Dans cette communication, nous présentons les résultats de pyrolyse de copeaux de bois suivi par un reformage catalytique dit « hybride » (à sec et humide) des volatiles formés en consommant le CO₂ et l'éventuelle vapeur d'eau produits lors de la pyrolyse. On montre que cette approche permet de maximiser la production de gaz de synthèse tout en réduisant le CO₂. Les catalyseurs testés sont le nickel (Ni), Cobalt-Nickel (CoNi) et Nickel sur alumine (Ni/Al₂O₃). Nos résultats dévoilent que réaliser la pyrolyse de biomasse à 700°C suivie du reformage catalytique hybride des volatiles à 800°C en présence d'un catalyseur Ni/Al₂O₃ maximise la production de CO et H₂ (87 vol.%) avec 44.6 vol.% d'H₂, en comparaison à la pyrolyse seule qui produit 19.2 vol.% d'H₂ (Figure 1). Le reformage hybride avec le Ni/Al₂O₃ à 800°C permet d'aboutir à un taux de conversion de la bio-huile de 31.3%, du méthane CH₄ (81.3 %) et du CO₂ (61.8%) Figure 2. La répartition des produits majeurs (biogaz, charbon et bio-huile) est détaillée dans le Tableau 1.

Références:

- [1] J. Manna, P. Jha, R. Sarkhel, C. Banerjee, A.K. Tripathi, M.R. Nouni, Opportunities for green hydrogen production in petroleum refining and ammonia synthesis industries in India, *Int. J. Hydrog. Energy*. 46 (2021) 38212–38231. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.064>.
- [2] S. Aouad, M. Labaki, S. Ojala, P.K. Seelam, E. Turpeinen, C. Gennequin, J. Estephane, E. Abi-Aad, A Review on the Dry Reforming Processes for Hydrogen Production: Catalytic Materials and Technologies, in: 2018: pp. 60–128. <https://doi.org/10.2174/9781681087580118020007>.

Remerciements :(Calibri, 10 pts)

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à la SFR Condorcet et Reims Métropole pour le soutien apporté à ces recherches.

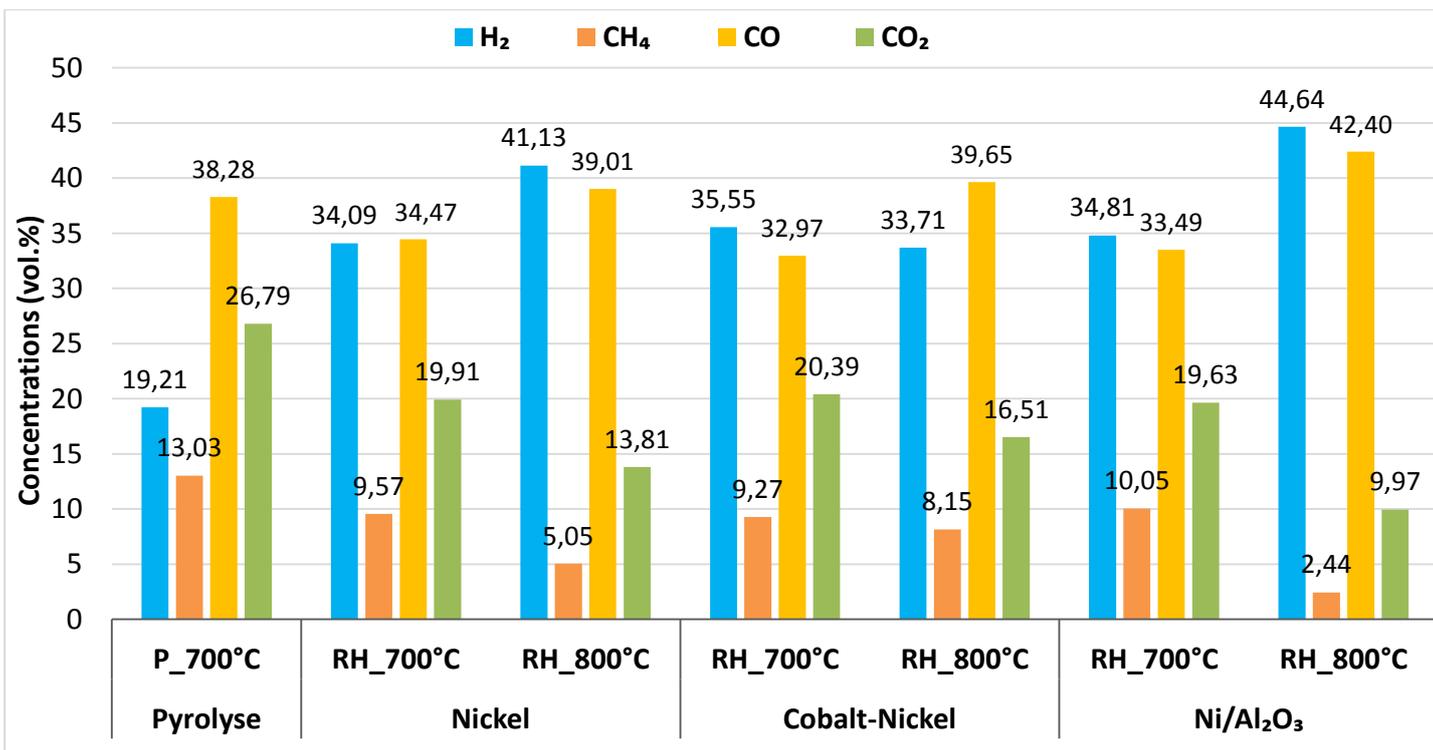


Figure 1 Variation de la composition des gaz produits par le reformage hybride (RH) de bio-huile et du biogaz issus de la pyrolyse de biomasse avec plusieurs catalyseurs à différentes températures, avec les résultats de la pyrolyse à 700°C (P_700°C) comme référence.

Tableau 1 Répartition des produits du reformage hybride à différentes températures avec plusieurs catalyseurs

	Biogaz	Charbon	Bio-huile
Pyrolyse_700°C	25.67	25.14	49.19
Ni_RH_700°C	35.38	24.61	40.01
Ni_RH_800°C	40.39	25.20	34.41
CoNi_RH_700°C	36.25	24.63	39.12
CoNi_RH_800°C	42.97	24.62	32.41
Ni/Al ₂ O ₃ _RH_700°C	35.78	25.54	38.68
Ni/Al ₂ O ₃ _RH_800°C	41.03	25.17	33.80

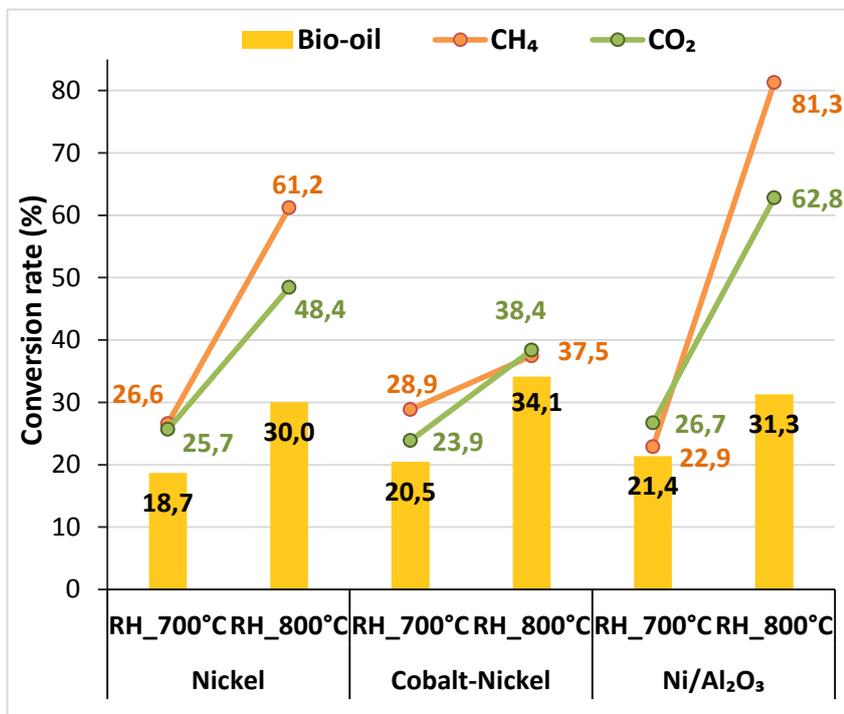


Figure 2 Evolution des taux de conversion du bio-huile, CH₄ et CO₂ en fonction de la température avec plusieurs catalyseurs

Environnement

Contribution au développement d'un procédé « low cost » de stabilisation des boues d'épuration

Hajer BEN HAMED^{1*}, Dominique TOYE¹, Angélique Léonard¹

Chemical Engineering – PEPs, Université de Liège, Belgique

hajer.benhamed@uliege.be

www.chemeng.uliege.be

Mots-clés : *Boues, traitement, microalgue-bactérie, Photobioréacteur, écologique, Low cost*

Le traitement des eaux usées par la méthode de boue activée est devenu une pratique inévitable dans plusieurs pays. Cependant, cette stratégie est à l'origine d'une quantité importante de boues résiduelles. En Wallonie, la quantité de boues produites est estimée à 50.500 tonnes de matières sèches (TMT) en 2017. Une fois séparée des eaux épurées, les boues se retrouvent sous forme liquide et avec une charge élevée en matière organique fortement fermentescible. Ces deux caractéristiques posent beaucoup de problèmes, citons les nuisances olfactives et le coût élevé lié aux transports et aux stockages (Dumontet et al., 2001). Plusieurs filières sont mises en place actuellement pour le traitement de ces boues. Le choix peut reposer sur des contraintes législatives ou être lié à des considérations de coût de traitement ou d'impact du procédé sur l'environnement. L'épandage agricole des boues d'épuration déshydratées ou séchées est la première voie de valorisation en Europe et en Wallonie. Ce retour au sol permet une valorisation des matières organiques et minérales présentes. Cependant, cette approche est limitée par la présence de métaux lourds toxiques et d'agents pathogènes pouvant présenter un risque accru pour la santé humaine (Al-Gheethi et al., 2018). Avant d'être épandues, les boues doivent donc subir un traitement de stabilisation, visant principalement à réduire leur pouvoir fermentescible et à éliminer les micro-organismes pathogènes. Durant la dernière décennie, un véritable intérêt pour les microalgues et le rôle clé qu'elles peuvent jouer dans cette stabilisation a été constaté. En tant que micro-organismes photosynthétiques, elles peuvent assurer la séquestration biologique de CO₂ (Singh et al., 2019), éliminer le coût de l'aération mécanique en fournissant de l'oxygène par photosynthèse (Tiron et al., 2017), récupérer les ressources (C, N et P) (Kumar et al., 2018), convertir l'énergie solaire en biomasse valorisable (Zullaikah et al., 2019) et hygiéniser la boue, notamment à travers l'élimination des coliformes fécaux (Msarchello et al., 2015). Ce projet possède une double originalité : développer un procédé de stabilisation « low cost » via l'utilisation d'algues et envisager une optimisation globale du traitement des boues allant jusqu'à la déshydratation et le séchage.

Références

- [1] Singh, J., & Dhar, D. W. (2019). Overview of Carbon Capture Technology: Microalgal Biorefinery Concept and State-of-the-Art. *Frontiers in Marine Science*.
- [2] Tiron, O., Bumbac, C., Manea, E., Stefanescu, M., & Nita Lazar, M. (2017). Overcoming Microalgae Harvesting Barrier by Activated Algae Granules. *Scientific Reports*, 7(1). P.A., Muñoz, R., 2015. Evaluation of wastewater treatment in a novel anoxic-aerobic
- [3] Zullaikah, S., Utomo, A. T., Yasmin, M., Ong, L. K., & Ju, Y. H. (2019). Ecofuel conversion technology of inedible lipid feedstocks to renewable fuel. *Advances in Eco-Fuels for a Sustainable Environment*, 237–276
- [4] Marchello, A. E., Lombardi, A. T., Dellamano-Oliveira, M. J., & Souza, C. W. O. de. (2015). Microalgae population dynamics in photobioreactors with secondary sewage effluent as culture medium. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(1), 75–84.

Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à l'équipe de microbiologie (Cebedeau) pour la collaboration.

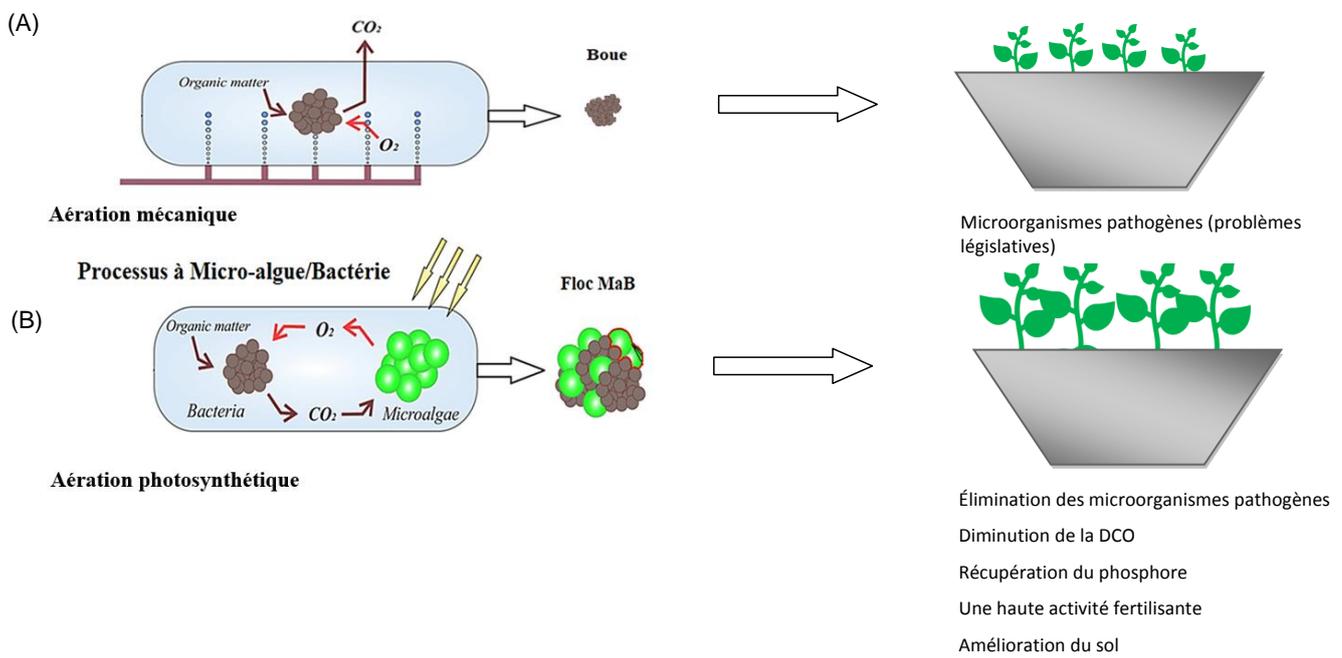


Figure1 : Comparaison entre la stabilisation aérobie de boue (A) et la stabilisation dans un photobioréacteur écologique via le couplage Micro-algues/ Bactéries (B). Floc MaB : Floc de MicroAlgue-Bactérie.

Decision Support Tool (DST) for CO₂ Capture Technologies using Analytic Hierarchy Process

Somang Kim^{1*}, Grégoire Léonard¹

¹University of Liège, Liège, Belgium

* (auteur correspondant : sm.kim@uliege.be)

Mots-clés: *Decision Support Tool, CO₂ capture technologies, Analytic Hierarchy Process*

Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) will play an important role in achieving the path to net-zero emissions [1]. There are many CO₂ capture technologies available today however, making an optimal decision between available technologies may not be immediate and tedious as the choice of the right capture technology is associated with CO₂ concentration in the flue gas, the existence of impurities, operating pressure, etc. (refer to Table 1).

A decision support tool (DST) based on the Analytical Hierarchy Process (AHP) [2] is presented to evaluate and rank various CO₂ capture technologies in terms of three main criteria: engineering, economics, and environment. There are numerous key performance indicators (KPIs) under each criterion as presented in Figure 1 where the user preferences are introduced to the tool in two steps. First, preferences among, economic, engineering, or environment with respect to the others are indicated by the user. Then, KPIs under each criterion such as Technology Readiness Level (TRL), CO₂ capture rate, capture cost per ton of CO₂, etc. are evaluated against each other by the user. These preferences (for both criteria and KPIs) are then converted to score weights via AHP and the ranks of each technology will be calculated with a database associated with each KPI. Lastly, CO₂ capture technology options are screened to recommend suitable options considering all criteria and indicators suited to a decision maker's needs. An example of the technology ranks is presented in Figure 2.

The decision support tool is intended to provide an overview and assist the user to select most promising options for the available CO₂ capture technologies in line with the user requirements. The present tool can be further developed as a practical assessing tool with a detailed database from simulations, life cycle assessment studies, and industrial data. Areas for future work includes development of an open platform where verified data can be updated regularly to accelerate carbon capture demonstration and deployment for various industries.

Références : (majeures - max 5), par ordre d'apparition dans le texte

[1] IEA (2020), Energy Technology Perspectives 2020, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

[2] Saaty TL. (1980) Analytic hierarchy process. New York, NY: McGraw-Hill

Table 1: Technical options for CO₂ capture

CO ₂ capture technology	Descriptions
Oxy	<ul style="list-style-type: none"> • Typical operating pressure and % of CO₂: 1 bar, 75-95% • E.g. Chemical Looping
Pre	<ul style="list-style-type: none"> • Typical operating pressure and % of CO₂: 10- 80 bar, 20-40% • E.g. Physical solvents, Membrane Systems, Pressure (and/or Temperature) swing adsorption
Post	<ul style="list-style-type: none"> • Typical operating pressure and % of CO₂: 1 bar, 3-15% • E.g. Amine solvents, Solid sorbents, Ionic liquids, Metal Organic Framework (MOFs), membrane
Direct Air Capture	<ul style="list-style-type: none"> • Typical operating pressure and % of CO₂: 1 bar, 400 ppm • E.g. Climeworks, Carbon Engineering and Global Thermostat

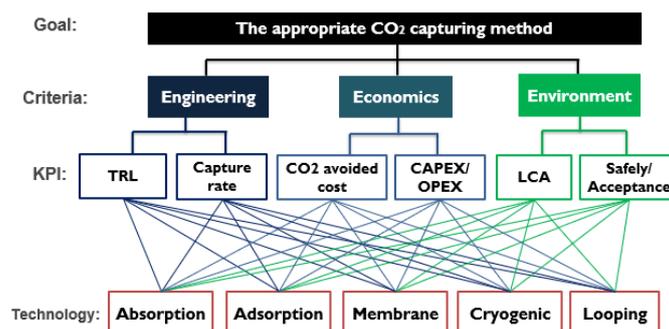


Figure 1: A schematic diagram of analytical hierarchy

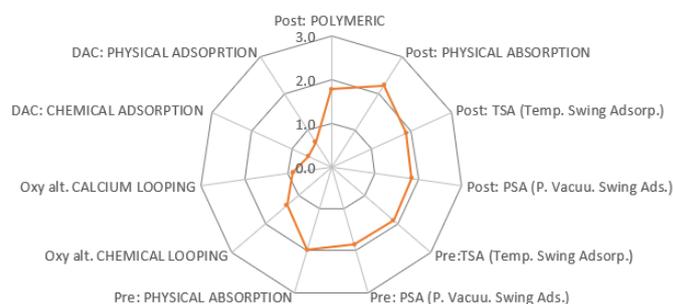


Figure 2: A rank of the selected CO₂ capture technologies based on user preferences

Durability of hemp concrete under cyclic wetting/drying: Degradation mechanism

Redouane ZERROUKI^{1*}, Amar BENAZZOUK^{1*}

¹La Laboratoire des Technologies Innovantes (UR-UPJV 3899) / Université de Picardie Jules Verne, 80025 - Amiens - France
* (auteurs correspondants : redouane.zerrouki@etud.u-picardie.fr ; amar.benazzouk@u-picardie.fr)

Mots-clés: *Hemp concrete, Metakaolin, Wetting/Drying cycles, Durability properties, Degradation mechanisms, Mineralisation of embedded hemp.*

Despite several beneficial properties of construction materials-based vegetable particles to replace mineral aggregates, as regards energy a saving and hygro-thermal performance, their use in hydraulic binder is limited by their low durability in alkaline environment. When exposed to the alkaline pore solution, the properties of vegetable particles can deteriorate causing their embrittlement and low interfacial bond with the binder-matrix.

This study reports the results of the experimental investigation of the effect of air lime-based binder modification on the durability of hemp concrete material subjected to continuous wetting and drying cycles. The influence of partial replacement of air-lime based Tradial PF70 binder by metakaolin was studied by testing the physico-mechanical properties (mass loss, porosity, compressive and flexural strengths, and corresponding toughness) of samples. Considered as a critical factor which contributes to the concrete specimen deterioration, a separate investigation of the degradation rate of the embedded hemp particles in specimens at aging cycle intervals due to the combination effect of mineralisation and alkaline attacks was performed. The analyses included the variation in their component changes, microstructure modifications, and variation of crystalline properties, characterized by means thermal analysis (TGA and derived DTG), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffraction (XRD), respectively.

The results have indicated that the pozzolanic reaction resulting from the reaction process of amorphous silica contained in metakaolin with dissolved calcium hydroxide appears to significantly minimise the hemp particle degradation, as evidenced by the low variation of crystalline properties along aging cycles due to the reduction of the alkalinity degree of binder. The pozzolanic reaction consumes calcium hydroxide to produce hydrated calcium silicates (C-S-H) and in turn will lead to decrease the pH of pore solution which is responsible for hydrolysis of amorphous phase of hemp particles. This results in less degradation of HCMS specimen, than the sample without metakaolin addition. The relationship between hemp particle degradation degree and the loss of the mechanical properties of hemp concrete subjected to wetting and drying cycles has shown that the use of metakaolin is an effective means to improve durability of hemp concrete through the restrain of hemp particle degradation.

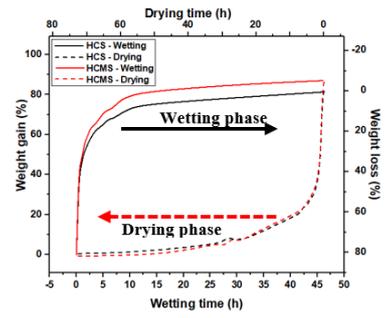
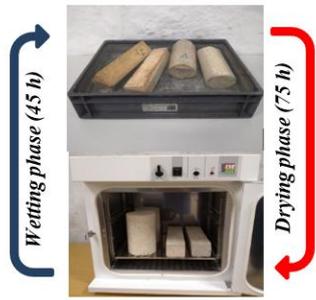


Fig. 1. Set-up and duration-test of wetting/drying cycle

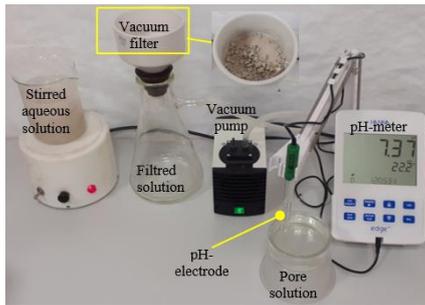


Fig. 2. Pore solution preparation of sample and pH-measurements



Fig. 3. Shapes of specimen submitted to compressive test, after 50 aging cycles

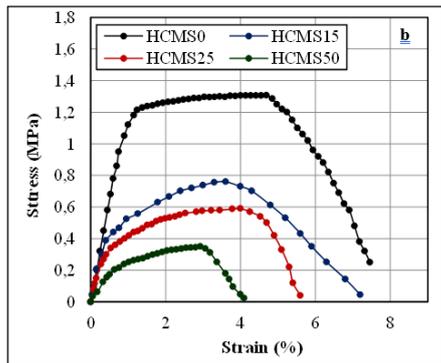
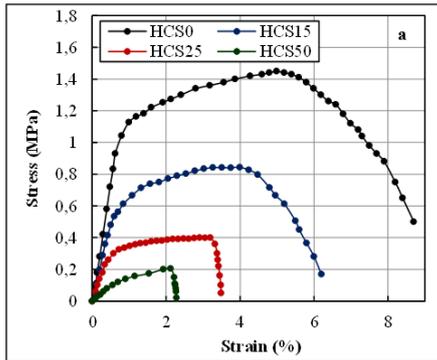


Fig. 4. Typical stress-strain diagrams of HCS (a) and HCMS (b) samples vs. wetting/drying cycles

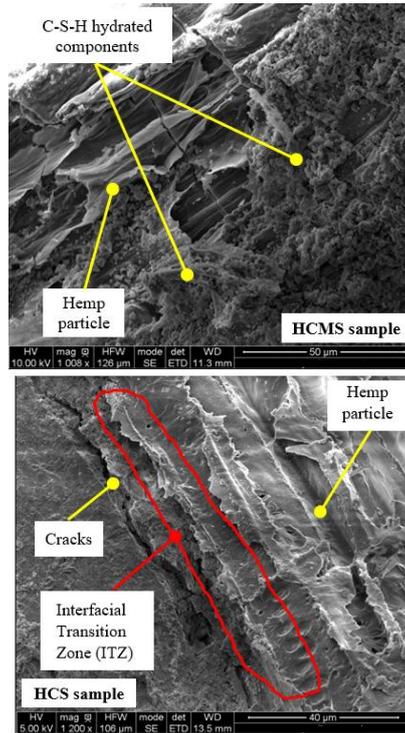


Fig. 5. SEM micrographs of hemp particle-matrix bonding, after 50 wetting/drying cycles

Décontamination des plastiques issus des DEEE en vue de leur revalorisation

Hussam ALDOORI^{1,2}, Hanene OUMEDDOUR¹, Zohra BOUBERKA², Corinne FOISSAC¹, Philippe SUPLOT¹, Ulrich MASCHKE¹

¹ Univ. Lille, CNRS, UMR 8207 – UMET – Unité Matériaux et Transformations, Lille, France

² Laboratoire Physico-Chimie des Matériaux-Catalyse et Environnement (LPCM-CE), Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « USTO », Oran, Algérie

* (auteur correspondant : hussam.aldoori@univ-lille.fr)

Mots-clés: Retardateur de flamme bromé ; BDE-209 ; photodégradation ; UV-visible ; plastique

L'utilisation des retardateurs de flamme bromés fait l'objet de restrictions dans l'Union européenne en raison de leur toxicité et de leur persistance dans l'environnement. Par conséquent, les déchets plastiques contenant des ignifugeants bromés ne peuvent être valorisés sans un traitement préalable garantissant leur élimination.

L'abattement photochimique est reconnu comme une technique efficace pour dégrader ces retardateurs de flamme bromés dans les matériaux plastiques [1]. L'objectif de notre travail est d'étudier la faisabilité d'un procédé de décontamination des déchets plastiques bromés par irradiation UV sans détruire les propriétés souhaitées du polymère pour permettre son recyclage.

Une étude préliminaire sur les paramètres influençant la photodégradation des additifs cibles et l'effet de l'irradiation sur la matrice polymère a été réalisée sur des échantillons standards de polymères (ABS, PC et HIPS) contenant du décabromodiphényl éther (BDE-209). Les résultats des analyses GC/MS et de spectroscopie infrarouge ont montré une dégradation effective du BDE-209 dans tous les polymères testés. Ces derniers subissent toutefois une détérioration superficielle tout en conservant leurs propriétés structurelles et thermiques globales.

Références :

[1] Khaled, A.; Richard, C.; Rivaton, A.; Jaber, F.; Sleiman, M.; Chemosphere, 2018, 211, pp. 943–951.

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude au programme Interreg FWVI pour le soutien financier apporté à ces recherches.



Développement de composites biosourcés à base de fil hybride chanvre/PA11

Chaimae LAQRAA ^{1,2*}, Manuela Ferreira ¹, Damien Soulat ¹, Ahmad Rashed Labanieh ¹

¹ENSAIT, GEMTEX, 2 Allée Louise et Victor Champier BP30329 59056 Roubaix Cedex 1, France

²Centrale-Lille, Lille, France

* (auteur correspondant : chaimae.lagraa@ensait.fr)

Mots-clés : *Fibres naturelles, polymère biosourcé, guipage, préformes textiles, caractérisations multi-échelles*

L'utilisation de fibres naturelles dans la fabrication de renforts pour matériaux composites présente de nombreux avantages par rapport aux fibres synthétiques issues de ressources pétrolières en termes de légèreté, de prix et de recyclabilité. Parmi ces fibres, les fibres de chanvre représentent un bon compromis de performance et de prix [1]. L'association de ces fibres végétales à des polymères thermoplastiques biosourcés permet la fabrication de matériaux 100% biosourcés ayant un impact faible sur l'environnement tout en apportant de meilleures propriétés thermiques et acoustiques. Ces polymères thermoplastiques biosourcés peuvent être transformés en multifilaments par filage et mélangés aux fibres naturelles, à l'échelle des mèches, par différentes technologies, pour réaliser des renforts, puis des matériaux composites par thermocompression [1-3].

Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude est de développer des fils hybrides à partir de rovings de chanvre non traité (*Figure 1*) et de polyamide 11 (PA11), 100% biosourcé afin d'élaborer des composites à l'aide du procédé de thermocompression [4]. Les fils hybrides ont été produits par le procédé de guipage (*Figure 2*) dans lequel le multifilament de PA11 est guipé autour de la mèche de chanvre afin de produire un fil ayant une ténacité optimisée pour fabriquer des renforts tissés, puis des échantillons composites par thermocompression. Les propriétés de ces matériaux ont été évaluées à chaque échelle (fils, renforts et composites) pour maîtriser les paramètres et analyser l'influence de ces propriétés entre chaque échelle.

Références :

- [1] Corbin, A.C., Développement et Analyse Multi-Échelle de Renforts En Chanvre Pour Applications Biocomposites, Thèse de l'Université de Lille, (2020).
- [2] Corbin, A.C., Ferreira, M., Labanieh, A.R., Soulat, D., Natural Fiber Composite Manufacture Using Wrapped Hemp Roving with PA12, *Materials Today: Proceedings*, 31, S329–S334, (2020).
- [3] Baghaei, B., Skrifvars, M., Berglin, L., Manufacture and Characterisation of Thermoplastic Composites Made from PLA/Hemp Co-Wrapped Hybrid Yarn Prepregs, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 50, 93-101, (2013).
- [4] Laqraa, C., Ferreira, M., Labanieh, A.R., Soulat, D., Elaboration by Wrapping Process and Multiscale Characterisation of Thermoplastic Bio-composite Based on Hemp/PA11 Constituents, *Coatings*, 11, 770, (2021).

Remerciements :

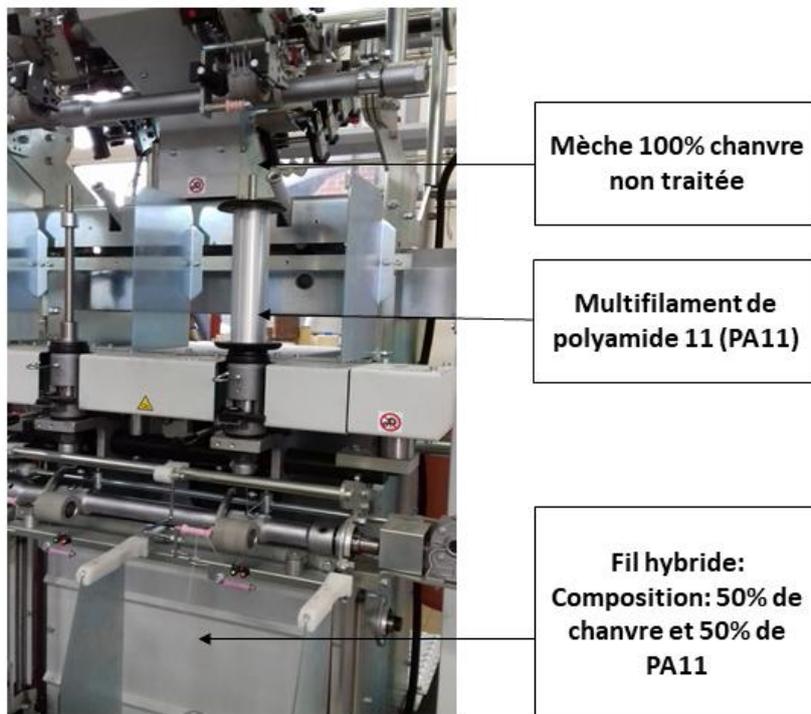
Les auteurs souhaitent remercier l'entreprise italienne Linificio et Canapificio Nazionale (LCN) pour les rovings de chanvre utilisés dans cette étude et la Région Hauts-de-France pour le co-financement de ce projet.



a

b

Figure 1 : a. Fil guipé Chanvre/PA11 b. rovings de chanvre



**Mèche 100% chanvre
non traitée**

**Multifilament de
polyamide 11 (PA11)**

**Fil hybride:
Composition: 50% de
chanvre et 50% de
PA11**

Figure 2 : Procédé de guipage

Etude expérimentale thermo-rhéologique de boues digérées issues de station d'épuration

Antoine CHARLES¹, S. Amir BAHRANI¹, Vincent ROCHER³, Sam AZIMI³, Jean-Christophe BAUDEZ¹, Thierry RIBEIRO^{2,*}

¹ IMT Nord Europe, Institut Mines Télécom, Univ. Lille, Center for Energy and Environment, 59000 Lille, France.

² Institut Polytechnique UniLaSalle, Université d'Artois, ULR 7519, 19 rue Pierre Waguët, 60000 Beauvais, France.

³ SIAAP, Direction Innovation, 92700 Colombes, France.

* (auteur correspondant : thierry.ribeiro@unilasalle.fr)

Mots-clés: *Thermo-rhéologie, Echangeur-réacteur, Transition énergétique, Transition écologique, Boues de station d'épuration, Méthanisation*

La méthanisation des boues issues de STations d'EPuration (STEP) est un procédé biologique consistant en la biodégradation des boues issues du traitement des eaux en STEP par un consortium microbien en conditions d'anaérobiose dans un digesteur, réacteur du procédé, pour produire du biogaz, majoritairement composé de méthane, et de digestat [1]. La valorisation de ces boues comme matière première, et non plus comme déchet à éliminer, se place dans une démarche de transition énergétique et écologique. L'étude s'inscrit dans le cadre de l'intensification du procédé de méthanisation des boues de STEP, en assurant des conditions d'écoulement et des conditions thermiques optimales, tenant compte de la thermo-rhéologie des boues digérées.

Les boues digérées sont des fluides rhéologiquement complexes. Ces boues présentent un caractère non-Newtonien, incluant notamment la présence d'un seuil d'écoulement (contrainte minimale nécessaire pour l'écoulement) et un caractère rhéofluidant (diminution de la viscosité avec le cisaillement) [2]. Leur comportement rhéologique est également dépendant de leur composition initiale (Taux de matière sèche et organique), du temps (vieillessement du fluide), de l'histoire mécanique (caractère thixotrope) et surtout de la température (dépendance irréversible à la température) [3].

La caractérisation thermo-rhéologique de ces boues digérées présente donc un intérêt scientifique fort mais également opérationnel. Une méthodologie de caractérisation thermo-rhéologique efficace et les résultats obtenus permettent ainsi de réfléchir au dimensionnement d'un échangeur-réacteur pertinent avec cette rhéologie et en adéquation avec le procédé de méthanisation. Un banc expérimental intégrant cet échangeur-réacteur est en développement. Le fluide synthétique, mimant les propriétés rhéologiques complexes des boues digérées, circulant dans l'échangeur-réacteur sera caractérisé par une métrologie optique laser utilisant les techniques de Particles Image Velocimetry (PIV) et de Laser Induced Fluorescence (LIF).

Références :

- [1] René Moletta, La méthanisation, 3^e. Edition, *Editeur Lavoisier* (2015)
- [2] J-C. Baudez et al., The rheological behaviour of anaerobic digested sludge, *Water Research*, p.5675-5680 (2011)
- [3] J-C. Baudez, P. Slatter, N. Eshtiaghi, The impact of temperature on the rheological behaviour of anaerobic digested sludge, *Chemical Journal Engineering*, p.182-187 (2013)

Remerciements :

High-volume use of wood biomass ash in binding matrix for insulating mortar

Désiré NDAHIRWA^{1*}, Hélène LENORMAND¹, Hafida ZMAMOU¹, Nathalie LEBLANC¹

¹UniLaSalle, Univ. Artois, ULR7519 - Transformations & Agro-ressources, Normandie Université,
3 rue du Tronquet, 76130 Mont-Saint-Aignan, France.

*(Corresponding author: desire.ndahirwa@unilasalle.fr)

Keywords: *Wood biomass ash, compressive strength, flexural strength, mortar*

The production of cement, which is the main ingredient of concrete is an energy intensive process and generates enormous amounts of carbon dioxide (CO₂) emissions in the atmosphere. For instance, the cement industry accounts 6-9% anthropogenic CO₂ emissions and 4-5 GJ/ton energy use [1,2]. The building sector represents 44% of energy consumption in France [3]. Given that the demand in concrete has been increasing for the past few decades, there is a need to find alternative approaches to produce sustainable construction materials. Several research works have suggested the utilization of supplementary cementitious materials (SCMs) such as limestone powder, coal fly ash, silica fume, ground granulated blast furnace slag, etc. in cementitious materials as one of potential solutions [4,5].

Therefore, this study attempts to elaborate a binding matrix for the insulating mortar based on high-volume wood biomass ash as OPC and NHL replacement. Two different types of wood biomass ashes (BA3 and BA4) were used in the combination with small amounts of OPC and NHL ranging from 5% to 20%. The results indicate that BA3 and BA4 pastes exhibited relatively lower compressive and flexural strengths compared to OPC and NHL pastes. However, the incorporation of OPC into BA3 and BA4 pastes resulted in a significant increase of the strength while, BA3 and BA4 pastes containing NHL at similar content showed slight improvement. Considering BA3 and BA4 pastes, the best mechanical performance was observed on the paste BA3-OPC20, exhibiting the compressive strength of 5.6 MPa and flexural strength of 3.1 MPa at 28 days. As a result, the latter could be applied as a binder in the production of insulating mortars.

Reference:

- [1] P.P. Li, H.J.H. Brouwers, W. Chen, Q. Yu, Optimization and characterization of high-volume limestone powder in sustainable ultra-high performance concrete, *Construction and Building Materials*. 242 (2020) 118112. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118112>.
- [2] J. Skibsted, R. Snellings, Reactivity of supplementary cementitious materials (SCMs) in cement blends, *Cement and Concrete Research*. 124 (2019) 105799. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105799>.
- [3] Énergie dans les bâtiments | Ministère de la Transition écologique. <https://www.ecologie.gouv.fr/energie-dans-batiments> (accessed November 3, 2021).
- [4] P.-C. Aïtcin, Supplementary cementitious materials and blended cements, in: *Science and Technology of Concrete Admixtures*, Elsevier, 2016: pp. 53–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100693-1.00004-7>.
- [5] M.C.G. Juenger, R. Snellings, S.A. Bernal, Supplementary cementitious materials: New sources, characterization, and performance insights, *Cement and Concrete Research*. 122 (2019) 257–273. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.05.008>.

Funding: The authors would like to acknowledge the financial support by the French environmental and energy management agency (ADEME) through the DIVA project in collaboration with partners including PAREXGROUP, UNILSALLE, OVALIE, LA DAUPHINOISE, GDA-LM, ENTPE and FLDI.

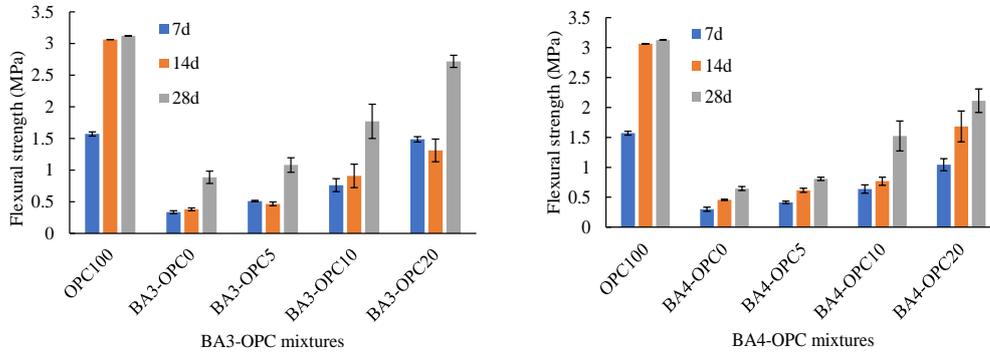


Figure 1: Flexural strength (R_f) of BA3 and BA4 mixtures containing OPC

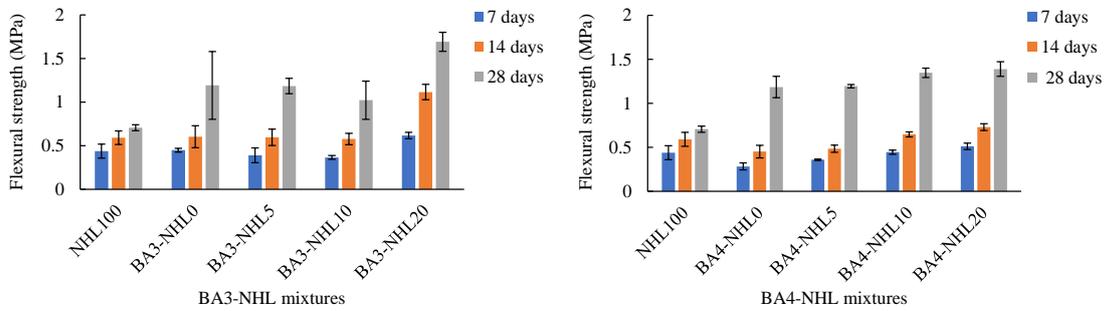


Figure 2: Flexural strength (R_f) of BA3 and BA4 mixtures containing NHL

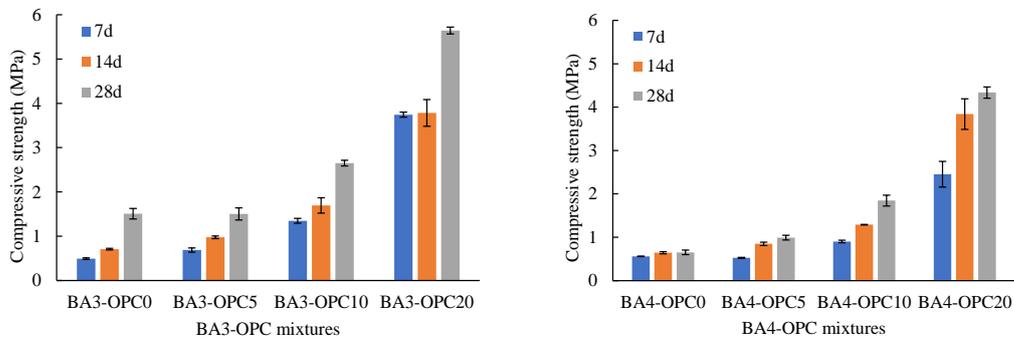


Figure 3: Compressive strength (R_c) of BA3 and BA4 mixtures containing OPC

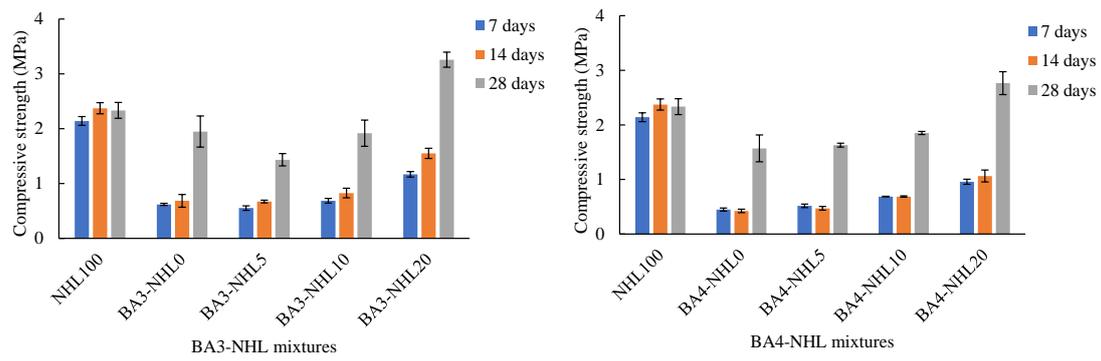


Figure 4: Compressive strength (R_c) of BA3 and BA4 mixtures containing NHL

INTERETS DES SYNTHESES CHIMIO-ENZYMATIQUES DANS LA CONCEPTION DE DERIVES BIOSOURCES

Alexis Spalletta*, Nicolas Joly, Patrick Martin

Unité Transformations & Agroressources, Université d'Artois, ULR7519, F-62408 Béthune, France

*alexis.spalletta@univ-artois.fr

Mots-clés : biosourcé, biocatalyseur, chimio-enzymatique, optimisation, environnement

Les biosurfactants sont décrits comme des molécules amphiphiles. Ils ont donc la propriété de réduire la tension superficielle aux interfaces air/eau et la tension interfaciale huile/eau. Cet ensemble de molécules, les « tensioactifs », est majoritairement obtenu par voie chimique ou microbienne, à l'exemple des rhamnolipides. L'utilisation de microorganismes ne permet pas aujourd'hui d'obtenir des rendements intéressants et génère un coût de production non négligeable. L'alternative serait d'avoir recours à des synthèses dites de chimie « classique ». Néanmoins, cette chimie est difficile à mettre en œuvre avec les glucides, à la base de nombreux tensioactifs « verts » [1]. Au cours des deux dernières décennies, l'intérêt pour les transformations biocatalysées a augmenté en raison d'un besoin de procédés industriels plus durables et conformes aux principes de la chimie verte [2]. Le recours aux enzymes répond en parti au principe n°8 de la chimie verte, à savoir la réduction des déviations du schéma de synthèse, avec un schéma réactionnel court, permettant une diminution de la consommation énergétique globale en réactifs et une diminution de la production de résidus (figure 1). La synthèse enzymatique permet ; économie d'énergie, sélectivité des produits, monodispersité, réduction du recours aux solvants pétrosourcés (figure 2). Ainsi, des produits biosourcés tels que les glucides (glucose, rhamnose, xylose, cellobiose, cellulose, ...), issus de biomasses régionales comme la betterave ou les cultures amidonnières, sont des entités plateformes afin d'obtenir des produits à forte valeur ajoutée.

Une synthèse d'esters de monosaccharides a été optimisée en évaluant différents paramètres avec l'acide linoléique comme modèle d'acide gras (AG) : solvant, température de réaction (56°C), vitesse d'agitation moyenne, temps de réaction (72h), ratio enzymatique (1% lipase *Aspergillus Niger*), dessiccant dans le milieu réactionnel (1g de tamis 3Å), et ratio ose:AG (1:3). De plus, les rendements ont été améliorés en ajoutant un agent solubilisant. Les paramètres optimaux ont été appliqués à d'autres acides gras (AG) et ont permis de déterminer une affinité relative pour les longues chaînes hydrocarbonées par rapport aux chaînes plus courtes ainsi qu'une affinité identique pour tous les épimères de glucose. Les conditions opératoires optimisées ont été transposées à la transestérification pour l'ester laurique de glucose et de meilleurs rendements ont été obtenus (44 % avec l'éthyle laurate contre 32 % avec l'AG). Les résultats montrent de meilleurs résultats pour un temps de réaction de 48h, ainsi qu'une température d'activation catalytique comprise entre 50°C et 60°C. Comparativement, une synthèse dite de chimie conventionnelle, sans étape de protection, a été réalisée. Le monoester laurique de glucose a été obtenu avec un rendement de 19% ainsi que des sous-produits (figure 3).

[1] Nott, K., Richard, G., Laurent, P., Jérôme, C., Blecker, C., Wathélet, J.-P., Paquot, M., Deleu, M., 2013. Enzymatic synthesis and surface properties of novel rhamnolipids. *Process Biochem.* 48, 133–143

[2] Santi, M., Sancineto, L., Nascimento, V., Braun Azeredo, J., Orozco, E.V.M., Andrade, L.H., Gröger, H., Santi, C., 2021. Flow Biocatalysis: A Challenging Alternative for the Synthesis of APIs and NC. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 990

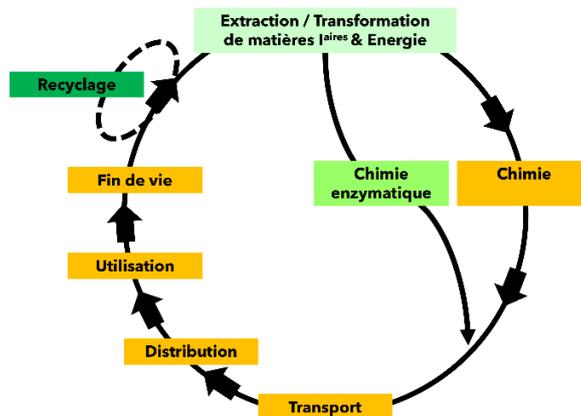


Figure 1: ACV (Analyse Cycle de vie) classique d'un produit issu de l'industrie chimique

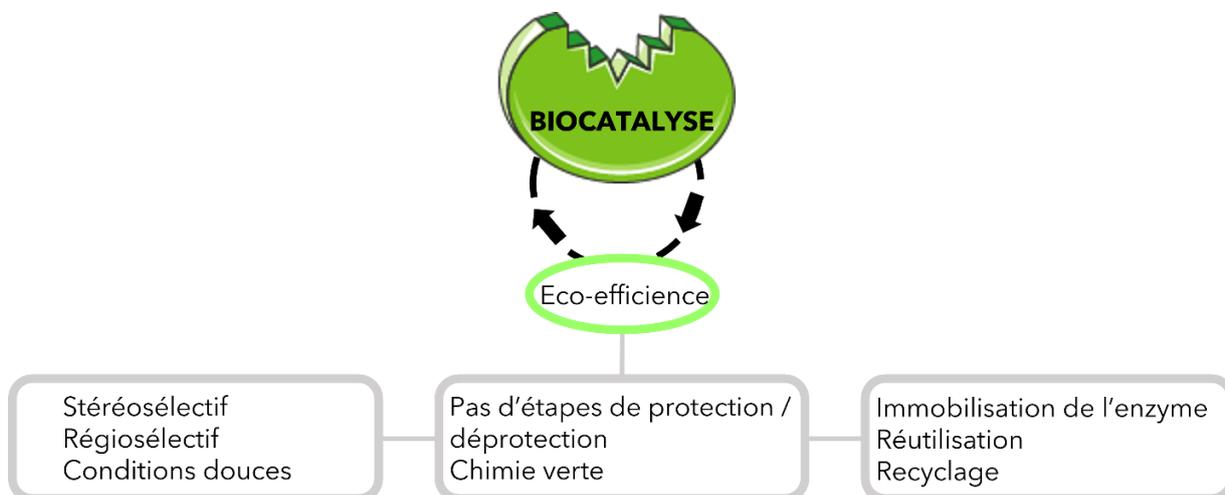


Figure 2: Avantages clés de l'usage de biocatalyseur

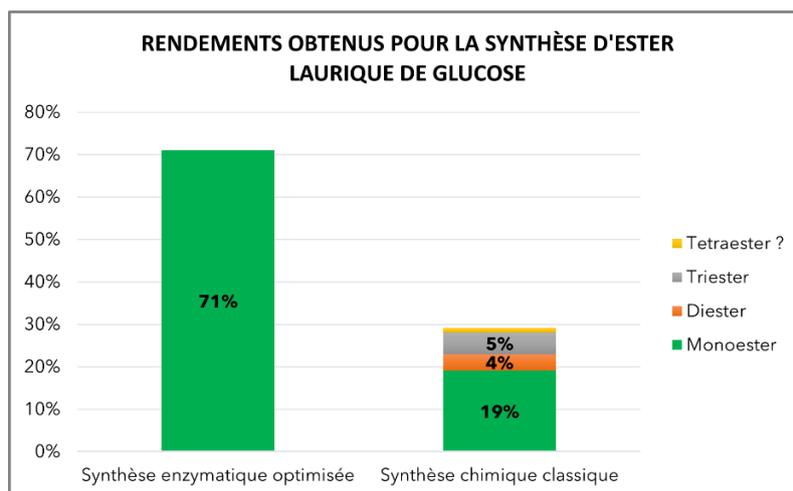


Figure 3: Comparaison des rendements obtenus pour l'ester laurique de glucose. Les rendements obtenus en synthèse chimique sont exprimés en proportion molaire contre le monoester.

Influence of Mn-content on the catalytic properties of Mn-Mg-Al mixed oxides for the total oxidation of VOCs

Rebecca El Khawaja^{1*}, Mariebelle Tannous¹, Lilian Olivet¹, Christophe Poupin¹, Stéphane Siffert¹, Renaud Cousin¹

¹Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Unité de chimie Environnementale et Interactions sur le vivant (UCEIV, E.A.4492) MREI1, 145 avenue Maurice Schumann 59140 Dunkerque, France
*(rebecca.el-khawaja@univ-littoral.fr)

Keywords: *Mn-based hydrotalcite, Catalytic oxidation, VOCs (Toluene, ethanol)*

Catalytic total oxidation is among one of the most promising technologies for the abatement of harmful Volatile Organic Compounds (VOCs) emitted by anthropic activities. The synthesis of mixed oxides with remarkable structural and redox properties needed for good performance in these oxidation processes can be obtained via a reproducible hydrotalcite route. Manganese species are reported to have a good activity in the catalytic oxidation of VOCs while also being considered as ecofriendly materials. Their catalytic properties are mainly related to the variability of the manganese oxidation states (+II, +III, +IV...) and their high oxygen storage capacity [1]. The aim of this work is to compare the properties of Mn-Mg-Al mixed oxides catalysts for the total oxidation of toluene and ethanol, which represent probe molecules for cyclic BTEX compounds and oxygenated VOCs, respectively. The synthesized materials will contain bivalent cations in various combinations ($Mn_xMg_{6-x}Al_2$ with $x=0, 2, 4, 6$) in order to study their influence on the physicochemical properties and thus on the catalytic performance.

Water molecules and CO_2 were the final reaction products identified at high temperatures. Therefore, the by-products formed during the reactions (CO and acetaldehyde in toluene and ethanol oxidation, respectively) were totally oxidized at high conversion. The lowest temperatures of VOC oxidation were obtained over Mn-Mg-Al mixed oxides with the increase of Mn-content in the catalyst. For example, the temperature at which 50% of the ethanol is converted (T_{50}), was found to be nearly 45°C lower for $Mn_4Mg_2Al_2-O$ and Mn_6Al_2-O compared to $Mn_2Mg_4Al_2-O$, even if this latter presents a higher specific surface area. Thus, synergic effects of the transition metal cations presented a significant influence on the structural and catalytic properties. According to TPR analysis, reduction peaks shifted towards lower temperature and the amount of hydrogen consumption increased with the increase of Mn-content indicating that the catalytic performance is highly related to the amount of easily reducible components. In addition, an increase in the Mn^{3+}/Mn^{2+} ratio was connected with an increase in the VOC conversion, which suggested that Mn^{3+} species greatly contributed to the catalytic activity.

$Mn_4Mg_2Al_2-O$ was selected as the most active mixed oxide for both reactions. This catalytic system also proved to be more efficient than a commercial palladium-based catalyst, highlighting the potential of transition metal based materials.

Reference:

- [1] M. Luo, Y. Cheng, X. Peng, W. Pan, Copper modified manganese oxide with tunnel structure as efficient catalyst for low-temperature catalytic combustion of toluene, *Chem. Eng. J.* 369 (2019) 758–765. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.03.056>.

Acknowledgements:

The authors would like to express their gratitude to the "DépollutAir" (Interreg V France-Wallonie-Vlaanderen) and "COVO" (CPER-IRENE) projects for their financial support of this research.

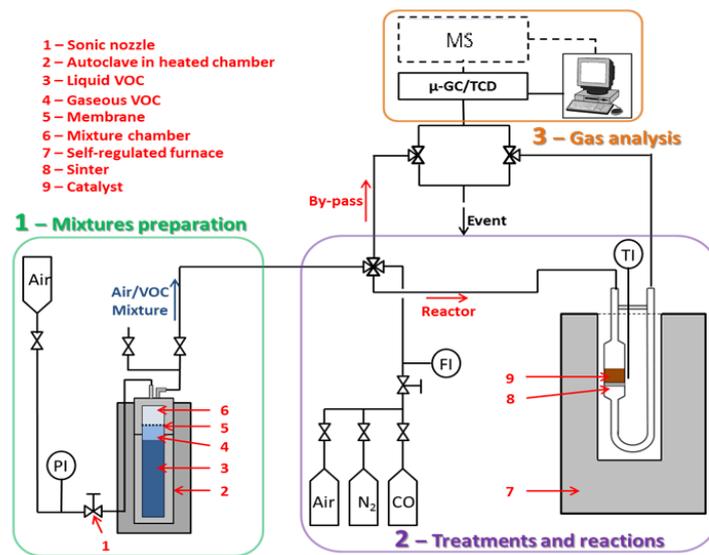


Figure 1 : Catalytic test for the total oxidation of toluene and ethanol

La Waide (*Isatis tinctoria* L.), plante historique des Hauts-de-France, source de métabolites secondaires pour des applications colorantes et biologiques: Extraction, caractérisation, formulation, modulation des propriétés

Romain VAUQUELIN, Pr Nicolas JOLY¹, Dr Elodie CHOQUE², Pr. Nathalie JULLIAN², Pr. Patrick MARTIN¹

¹Unité Transformations & Agroressources site Artois, ULR7519 (UTA site Artois)

²Biologie des Plantes et Innovation, UMRT INRAe 1158 BioEcoAgro (BIOPI UPJV)

Mots-clés: *Waide, valorisation, zéro-déchet, glucosinolate, indigo*

Dans une démarche de développement durable, l'un des buts premiers est la préservation des ressources naturelles. L'extraction de pétrole nécessaire à la production de produits dans divers domaines, ne constitue pas une proposition durable dans le temps. Face à cette problématique, remplacer ces produits par une valorisation de bio-ressources, notamment l'extraction de métabolites secondaires issus de végétaux est une des réponses. Dans cette approche, la valorisation de la "Waide" (*Isatis tinctoria* L. ou pastel des teinturiers) plante historique oubliée des Hauts-de-France, s'inscrit dans cette proposition, notamment par les propriétés tinctoriales et médicinales que propose cette plante.

L'objectif principal de la thèse est de proposer une valorisation zéro-déchet du pastel des teinturiers dans sa totalité, en le réintroduisant à terme, dans la région des Hauts-de-France. Le premier axe d'étude de la thèse concerne l'extraction de l'indigo provenant des feuilles de la plante afin d'optimiser le processus de macération en réduisant notamment la quantité d'eau utilisée. Le deuxième axe correspond à l'extraction et la caractérisation de nouvelles molécules d'intérêt biologique¹ tout en évaluant leurs propriétés. Elles peuvent être antioxydantes, fongicides, ou encore destinées à un usage en biocontrôle, et pourront éventuellement être modifiées chimiquement afin d'augmenter leur stabilité ou encore leurs propriétés. Le troisième axe correspond à l'étude de l'extraction particulière et le mécanisme d'action des glucosinolates² dans du biocontrôle spécifiquement destinés aux insectes. Ces molécules se retrouvent en forte abondance dans la partie racinaire de la plante. Il sera donc nécessaire de trouver une méthode d'extraction solide-liquide particulière par l'intermédiaire notamment d'agro-solvant comme le cyrène³.

Les extractions seront réalisées sur des plantes cultivées en hydroponie⁴ afin d'être dans des conditions de culture contrôlées. Le but à terme sera de transposer cette culture en champ et d'y transposer les méthodes d'extraction sur les plantes afin d'observer les variations liées à l'environnement par rapport à la culture hydroponique. Le but étant de créer une chaîne de valorisation en partant de la culture de la plante, en passant par l'extraction et la caractérisation de métabolites secondaires jusqu'à la production de produits biosourcés. Ils répondront à des offres dans différents domaines, comme le domaine des colorants, celui des matériaux ou encore de l'agro-alimentaire. Ils pourront également répondre à des champs d'application biologique avec un intérêt en santé/bien-être comme par exemple les nutraceutiques, la cosmétique et l'industrie pharmaceutique.

Références :

- [1] Speranza J, Miceli N, Taviano MF, Ragusa S, Kwiecień I, Szopa A, Ekiert H. *Isatis tinctoria* L. (Woad): A Review of its Botany, Ethnobotanical Uses, Phytochemistry, Biological Activities, and Biotechnological Studies. *Plants (Basel)*. 2020 Mar 1;9(3):298. doi: 10.3390/plants9030298. PMID: 32121532; PMCID: PMC7154893.
- [2] Mohn T, Hamburger M. Glucosinolate pattern in *Isatis tinctoria* and *I. indigotica* seeds. *Planta Med*. 2008 Jun;74(8):885-8. doi: 10.1055/s-2008-1074554. Epub 2008 Jun 6. PMID: 18537074.
- [3] Mario De bruyn, Vitaliy L. Budarin, Antonio Misefari, Seishi Shimizu, Heather Fish, Martin Cockett, Andrew J. Hunt, Heike Hofstetter, Bert M. Weckhuysen, James H. Clark, and Duncan J. Macquarrie. Geminal Diol of Dihydrolevoglucosenone as a Switchable Hydrotrope: A Continuum of Green Nanostructured Solvents. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2019 7 (8), 7878-7883. DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b00470.
- [4] Jia H, Wang X, Shi C, Guo J, Ma P, Ren X, Wei T, Liu H, Li J. Hydrogen sulfide decreases Cd translocation from root to shoot through increasing Cd accumulation in cell wall and decreasing Cd²⁺ influx in *Isatis indigotica*. *Plant Physiol Biochem*. 2020 Oct;155:605-612. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.08.033. Epub 2020 Aug 18. PMID: 32846396.

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude auprès de la région Hauts-de-France pour le financement de cette thèse ainsi que le Jardin des Plantes d'Amiens et la Savonnerie des Hauts-de-France pour nous avoir fourni des graines.

Tableau 1: Différents glucosinolates présent dans les racines d'*Isatis tinctoria*

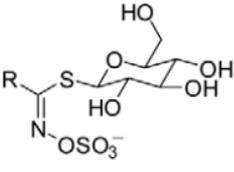
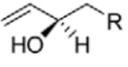
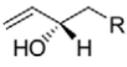
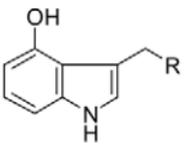
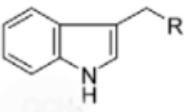
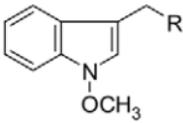
Structure générale Glucosinolate	Progoitrin	Gluconapin	Epiprogoitrine
			
	4-Hydroxyglucobrassicin	Glucobrassicin	Neoglucobrassicin
			



Figure 1: Illustration de la culture d'*Isatis tinctoria* dans un système hydroponique

La microencapsulation conjointe d'enzymes à pouvoir destructurant et d'antimicrobiens pour lutter contre les biofilms de bactéries pathogènes

Samah MECHMECHANI ¹, Nour-Eddine CHIHIB ^{1*}

¹Univ. Lille, CNRS, INRAE, Centrale Lille, UMR 8207 - UMET - Unité Matériaux et Transformations, Lille, France.

* (auteur correspondant : nour-eddine.chihib@univ-lille.fr)

Mots-clés: *Biofilm, Surfaces abiotiques, Enzymes, Huiles essentielles, Microencapsulation.*

Un des problèmes majeurs de l'hygiène industrielle, domestique et des lieux collectifs est la capacité des bactéries pathogènes à adhérer aux surfaces et à se structurer en biofilms. Sous cet état physiologique, les bactéries sont plus résistantes aux agents de nettoyage et de désinfection que les bactéries planctoniques (1–4). Les travaux menés sur *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* ont montré que l'historique écologique de la bactérie influence significativement les propriétés physicochimiques de sa surface et son adhésion à différents matériaux. Ainsi que la matrice extracellulaire ne permet pas toujours d'expliquer la résistance des biofilms aux traitements biocides et que l'état physiologique des bactéries structurées en biofilms joue un rôle significatif dans ce phénomène. Il a aussi été établi que la nature et la quantité des exopolysaccharides synthétisés dépendent à la fois, de l'espèce bactérienne, mais aussi des conditions de croissance (5). Par ailleurs, l'activité des enzymes et des molécules antibactériennes utilisées pour déstabiliser et détruire les biofilms est fortement diminuée à cause de leurs interactions avec les éléments constitutifs de la matrice, limitant l'accessibilité aux couches profondes des biofilms.

La stratégie innovante et durable proposée dans ce projet de thèse est basée sur la microencapsulation et la vectorisation d'enzymes et d'antimicrobiens. Les enzymes sélectionnées vont déstabiliser et déstructurer la matrice des biofilms, ainsi les bactéries moins protégées par la matrice seront éliminées de façon plus efficace par les antimicrobiens (ammoniums quaternaires, huiles essentielles,) encapsulés. Cette encapsulation vise à contrôler la diffusion de ces molécules actives au sein du biofilm. Ce concept constitue une alternative intéressante car il devrait aussi permettre de limiter les interactions physicochimiques entre les antimicrobiens et les composants de la matrice des biofilms souvent associées à la baisse de leur efficacité. Ceci nécessite de séparer les antimicrobiens de l'environnement en les piégeant dans des structures capables de franchir la matrice du biofilm (déstructurée par les enzymes) et de les libérer à un endroit et à un instant bien précis.

Les principaux résultats concernent le développement de systèmes à base de microcapsules contenant des enzymes et des antimicrobiens avec une double action déstabilisatrice de la matrice et létale pour les bactéries, la mise en évidence des relations entre l'efficacité déstabilisatrice des enzymes de la matrice (nature des polysaccharides et/ou des protéines) des biofilms et l'activité antimicrobienne des biocides utilisés et le développement de solutions innovantes et durables pour assurer l'hygiène des surfaces industrielles, domestiques et des lieux collectifs.

References

- [1] de Carvalho, CCCR., Biofilms: Microbial Strategies for Surviving UV Exposure. In: Ahmad SI, éditeur. *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment*, Springer International Publishing, 2017, Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5_19
- [2] Gebreyohannes, G., Nyerere, A., Bii, C., Sbhatu, D.B., Challenges of intervention, treatment, and antibiotic resistance of biofilm-forming microorganisms, *Heliyon*, 2019;5(8):e02192.
- [3] Rodrigues, C.F., Černáková, L., Farnesol and Tyrosol, Secondary Metabolites with a Crucial quorum-sensing Role in *Candida* Biofilm Development, *Genes*, avr 2020;11(4):444.
- [4] Xu, D., Jia, R., Li, Y., Gu, T., Advances in the treatment of problematic industrial biofilms, *World J Microbiol Biotechnol*, 2017;33(5):97.
- [5] Abdallah, M., Khelissa, O., Ibrahim, A., Benoliel, C., Heliot, L., Dhulster, P., et al, Impact of growth temperature and surface type on the resistance of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* biofilms to disinfectants, *Int J Food Microbiol*. 2015;214:38- 47.

Micro-encapsulation of bio-sourced antimicrobials for a persistent disinfection of food contact surfaces

Jina YAMMINE¹, Nour-Eddine CHIHIB^{1*}

¹UMET- Unité Matériaux et Transformations, University of Lille, CNRS, INRAE, UMR 8207, F-59000 Lille, France

* (auteur correspondant : nour-eddine.chihib@univ-lille.fr)

Keywords : *Micro-encapsulation, Essential Oils, Bio-sourced Antimicrobials, Disinfection, Biofilms*

Microbial adhesion to surfaces with their subsequent formation of biofilms result in an increased occurrence of food-borne diseases, outbreaks, reduced shelf-life of food products along with costly socio-economical losses. To overcome these contaminations, several control measures including the use of synthetic antimicrobials have been adopted. Nevertheless, these agents have become much less effective due to the microbial resistance developed towards them, to their side toxic and environmental effects along with negative consumers' perceptions (Burt et al. 2004). Therefore, increased efforts are urgently needed to find effective alternatives to control biofilms. In this project, bio-sourced antimicrobials and particularly essential oils (EOs) active components are used as convenient natural alternatives for synthetic antimicrobials. EOs are derived from plant sources, they are environmentally friendly, biodegradable into non-toxic products with potent antimicrobial activities against biofilms. However, the use of EOs in their free form is somehow limited as they represent low stability, high volatility, low water solubility as well as low bioavailability (Radünz et al., 2018). Therefore, recent micro-encapsulation methods have been developed to overcome EOs limitations and enhance their antimicrobial activity due to the remarkable reduced size of micro-capsules, in addition to the provided protection of EOs from external environmental factors (Granata et al., 2018; Shetta et al., 2019). Two types of micro-capsules made from natural carrier materials were elaborated : the first type is a monolayer capsule used for the immediate release of EOs for disinfection, and the second type is made of two layers and is used for the gradual controlled release of EOs from micro-capsules to ensure a permanent disinfection of food contact surfaces. The antibiofilm activity of both free and micro-encapsulated active EO components (carvacrol and thymol) was tested against *Salmonella* and *L. innocua* biofilms adhered to stainless steel coupons.

References :

- [1] Burt, S., Essential oils : Their antibacterial properties and potential applications in foods---a review, *International Journal of Food Microbiology*, pp. 223-253, (2004).
- [2] Radünz, M., Helbig, E., Dellinghausen Borges, C., Gandra, T.K.V., et Gandra, E.A.A., A Mini-Review on Encapsulation of Essential Oils, *Journal of Analytical & Pharmaceutical research*, pp. 183-205, (2018).
- [3] Granata, G., Stracquadiano, S., Leonardi, M., Napoli, E., Consoli, G. M. L., Cafiso, V., Stefani, S., et Geraci, C., Essential oils encapsulated in polymer-based nanocapsules as potential candidates for application in food preservation, *Food Chemistry*, pp. 286-292, (2018).
- [4] Shetta, A., Kegere, J., et Mamdouh, W., Comparative study of encapsulated peppermint and green tea essential oils in chitosan nanoparticles: Encapsulation, thermal stability, in-vitro release, antioxidant and antibacterial activities, *International Journal of Biological Macromolecules*, pp. 731-742, (2019).

Acknowledgements :

The authors would like to express their gratitude to the PHC Cèdre program (Project Number : 42281SD) for the support provided to this research.

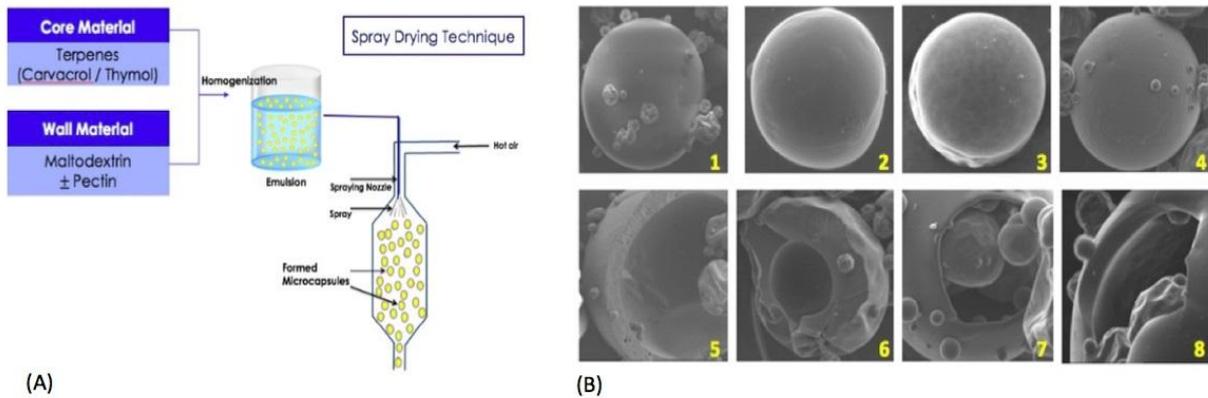


Figure 1: (A) Encapsulation method for thymol and carvacrol. (B) Scanning electron microscopy observations for : (1) external monolayer carvacrol capsule, (2) external multilayer carvacrol capsule, (3) external monolayer thymol capsule, (4) external multilayer thymol capsule, (5) internal monolayer carvacrol capsule, (6) internal multilayer carvacrol capsule, (7) internal monolayer thymol capsule, (8) internal multilayer thymol capsule.

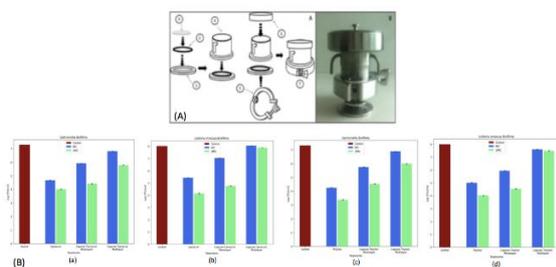


Figure 2 : (A) Biofilm formation set up. (B) Treatment of *Salmonella* biofilms with different concentrations of free and encapsulated carvacrol (a), thymol (c), and of *Listeria innocua* biofilms with different concentrations of free and encapsulated carvacrol (b), thymol (d).

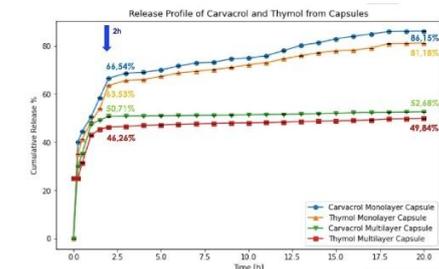


Figure 3 : Cumulative release profile of carvacrol and thymol from mono- and multi-layered capsules.

Mise en œuvre filamenteuse d'un mélange de polymères chargé en nanotubes de carbone pour la détection d'eau et d'humidité

Julie REGNIER¹, Clément CLOAREC¹, Aurélie CAYLA^{1*}, Christine CAMPAGNE¹, Eric DEVAUX¹

¹GEMTEX–Laboratoire de Génie et Matériaux Textiles, Univ.Lille, ENSAIT, F-59000 Lille, France

* (auteur correspondant : julie.regnier@ensait.fr)

Mots-clés: *détection de l'eau ; détection de l'humidité ; composite polymère conducteur ; nanotubes de carbone ; monofilament ; multifilament*

Afin d'éviter la pollution de l'environnement par des efflux, les structures industrielles en béton sont équipées d'une membrane d'étanchéité composée d'un textile en fibres de verre moulé dans une résine. La surveillance de cette membrane est donc essentielle pour détecter des fuites de fluides ou des fissures en cas de dommages[1]. L'incorporation de fils électriquement conducteurs peut permettre la détection de fluides via la modification de leur conductivité intrinsèque en présence d'eau [2]. Les composites polymères conducteurs comme fils détecteurs ont l'avantage d'avoir une plus grande résistance à la corrosion comparés aux fils métalliques [3].

Dans cette étude, un monofilament en composite polymère conducteur (CPC) a été développé par voie fondue et caractérisé afin d'observer l'influence de ses paramètres de mise en œuvre sur la détection d'eau sous forme liquide (Figure 1) ou gazeuse. Un mélange partiellement miscible de polyéthylène téréphtalate (PET) chargé de nanotubes de carbone (NTC) et de polytéréphtalate de butylène (PBT) [4]; un polymère destiné à améliorer la viscosité élongationnelle du CPC, a été formulé en différentes proportions. Les monofilaments extrudés ont été caractérisés par leurs propriétés rhéologique, électrique et de détection d'eau liquide et gazeuse afin de sélectionner un mélange pour optimiser ses propriétés en filage voie fondue. Les caractérisations de ce CPC ont montré une bonne propriété électrique et sensibilité à l'humidité pour les mélanges avec 1 % de NTC (Figure 2), ainsi qu'une viscosité adaptée pour le filage des mélanges avec l'incorporation de 2 % de NTC et de 10 % de PBT dans le PET (Figure 3). Ces résultats ont permis la mise en œuvre de l'échantillon avec 2 % de NTC et 10 % de PBT par filage d'un multifilament, destiné à être incorporé à la structure complexe textile.

Références :

- [1] Y. Goldfeld, O. Rabinovitch, B. Fishbain, T. Quadflieg, et T. Gries, « Sensory carbon fiber based textile-reinforced concrete for smart structures », *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, vol. 27, n° 4, p. 469- 489, mars 2016, doi: 10.1177/1045389X15571385.
- [2] M. Castro, B. Kumar, J. F. Feller, Z. Haddi, A. Amari, et B. Bouchikhi, « Novel e-nose for the discrimination of volatile organic biomarkers with an array of carbon nanotubes (CNT) conductive polymer nanocomposites (CPC) sensors », *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 159, n° 1, p. 213- 219, nov. 2011, doi: 10.1016/j.snb.2011.06.073.
- [3] Y. Goldfeld, T. Quadflieg, T. Gries, et O. Rabinovitch, « Smart textile reinforcement with embedded stainless steel yarns for the detection of wetting and infiltration in TRC structures », *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 243, p. 139- 150, juin 2016, doi: 10.1016/j.sna.2016.02.039.
- [4] N. Didane, « Elaboration et caractérisation fonctionnelle de matériaux polymères intumescents - Application aux textiles de recouvrements », 2012. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/166574244>

Remerciements :

Ces travaux s'inscrivent dans le projet FUI 25 MONI2TEX, financé par la Région Haut-de-France et BPI France.

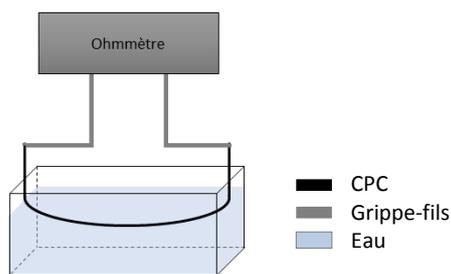


Figure 1: Détection de l'eau liquide

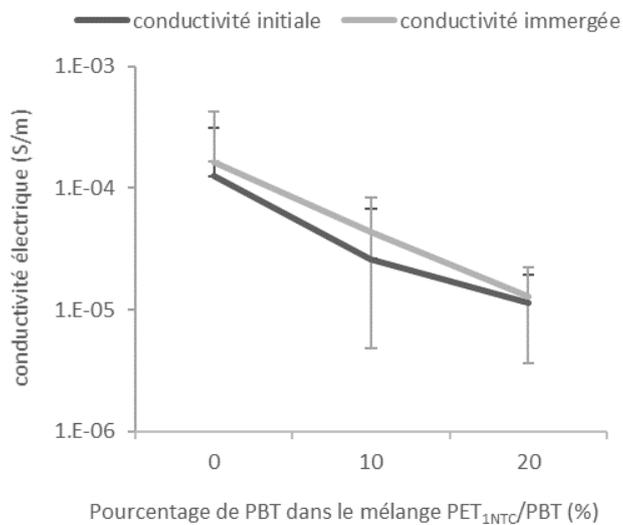


Figure 2: Influence de l'eau et du pourcentage de PBT sur la conductivité électrique du mélange de PET_{1NTC} / PBT

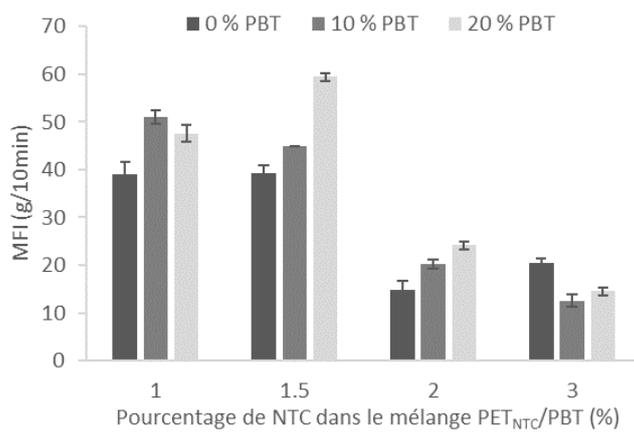


Figure 3: Melt Flow Index (MFI) (265 °C ; 2,16 Kg) : Influence du pourcentage de NTC et de PBT sur la fluidité des mélanges PET_{NTC} / PBT

Multifonctionnalisation d'un tissu extérieur pour Veste de costume en Laine

Amira BELHAJ RHOUMA^{1,2,3*}, Christine CAMPAGNE¹, Usha massika BEHARY¹, Sébastien FRANÇOIS³, Charles LANCERON³

¹GEMTEX, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT), Roubaix, France

²Centrale de Lille, Lille, France

³INDUO, 59200 Tourcoing, France

* (auteur correspondant : amira.belhaj-rhouma@ensait.fr)

Mots-clés : *Textile, Multi fonctionnalisation, tissu, laine, développement durable, déperlance*

Cette étude consiste à rendre un tissu pour veste de costume formelle, en 100% laine, déperlant et lavable en machine domestique. En effet, la laine est une fibre biosourcée et biodégradable. Elle a une structure particulièrement complexe qui lui confère des propriétés diverses et uniques à elle-même (1). Mais pour le domaine de l'habillement certaines propriétés de la laine présentent des enfreins au niveau de son usage telles que la présence des écailles et la frisure de la fibre dans un milieu humide et par conséquent son rétrécissement pendant le lavage. Aussi, durant l'étape de l'usage du vêtement, le lavage nécessite une consommation massive en énergie, en eau et en produit chimique dont la lessive, qui engendre une quantité importante des résidus chimiques dans les rejets. D'où le recours à des différents traitements de fonctionnalisation de stabilité dimensionnelle (2) anti salissures et de déperlance (3). Pour rendre la laine lavable en machine domestique, il existe plusieurs méthodes. Ces techniques consistent soit à la suppression totale ou partielle des écailles, figure 1, soit à la restriction des mouvements des fibres par l'intermédiaire d'un polymère liant. Pour cette étude, puisque les écailles du tissu ont été déjà érodées, figure 2, l'étoffe a subi, des traitements avec des résines à base de polysiloxanes et polyuréthanes afin de lui conférer une bonne tenue au lavage en machine domestique. Après 1 lavage, seulement 2,4 % de variation dimensionnelle de l'étoffe a été obtenue contre 24% de l'échantillon non traité, tableau 1. Ensuite, un deuxième traitement de déperlance a été fait avec des résines perfluorées et siliconées. Un angle de roulement de l'ordre de 30° a été obtenu contre plus de 90° pour le tissu non traité. Aussi une note de 5 à l'eau a été obtenue au spray test même après 10 lavages, 5 étant la meilleure où aucune goutte n'adhère à la surface. La combinaison des 2 traitements, une meilleure adhérence et un meilleur enrobage ont été obtenus, photos MEB, figure 3.

Références :

[1] Huson, Michael G. Properties of wool. [book auth.] Anthony R. Bunsell. Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres. Elsevier LTD, Australia, pp. 59-103 (2018).

[2] R. Kettlewell, A. De Boos, J. Jackson, Commercial shrink-resist finishes for wool. Functional finishes for textile: Improving Comfort, Performance and Protection. Woodhead Publishing Series in Textiles, Australia, pp. 193-226.

[3] J. SHEN. Wool finishing and the development of novel finishes. [book auth.] N.A.G. Johnson and I.M. Russell. Advances in Wool Technology. UK: s.n, pp. 147-182 (2009)

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à MIROGLIO pour les tissus de laine fournis pour mener à bien cette étude. Ainsi les fournisseurs des produits chimiques pour le soutien apporté à ces recherches. Un grand merci aussi à Julien VIEILLARD (Université de Rouen Normandie) pour sa disponibilité et pour la qualité des photos MEB.

Tableau 1 :variation dimensionnelle du tissu en 100% laine avant et après traitements.

Echantillon	Tissu non traité	Enrobage résine Polysiloxane Et/ou Polyuréthane	Combinaison Résines polyuréthane + Perfluorée
Variation dimensionnelle (%)	24%	0%	2,5%

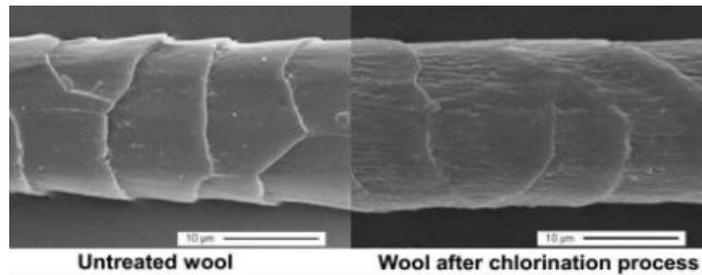


Figure 1:traitements antifeutrage des fibres de laine (4)

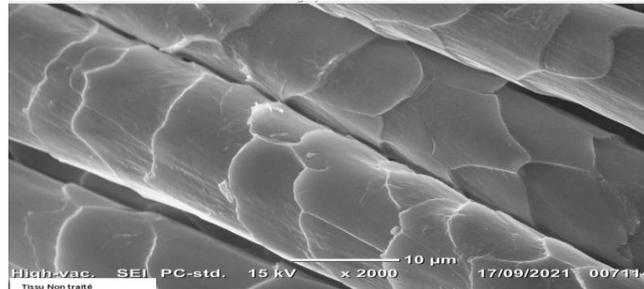
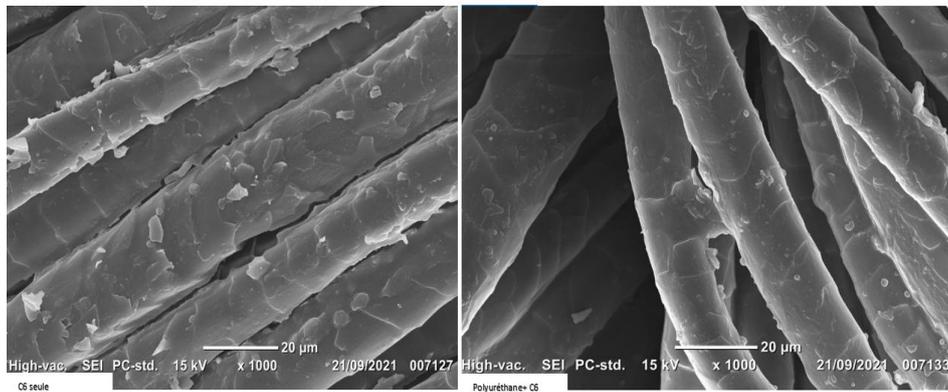


Figure 2 : images MEB montrant la suppression partielle des écailles des fibres de laine du tissu utilisé



(a)

(b)

Figure 3 : Enrobage avec une résine perfluorée seule (a) VS combinaison polyuréthane+ perfluorée (b)

Oxydes mixtes Co-Al et Mn-Al préparés par la voie HDL : application à l'oxydation totale catalytique de l'éthanol

Mariebelle Tannous¹, Renaud Cousin¹, Christophe Poupin¹

¹ Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), 59140 Dunkerque, France

Mots-clés: COV, Ethanol, Oxydation catalytique, hydroxyde double lamellaire, suspension

Les composés organiques volatils (COV) comptent parmi les polluants atmosphériques les plus courants émis par les industries chimiques et pétrochimiques. Ils sont l'une des principales sources de réaction photochimique dans l'atmosphère, qui entraînent divers risques environnementaux donnant lieu à des réglementations strictes pour contrôler leurs émissions telle la directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil¹. Ainsi le développement de procédés efficaces pour les détruire est hautement nécessaire. Parmi les différentes méthodes d'abattement, l'oxydation catalytique est une méthode prometteuse pour convertir à basse température les COV, surtout à faible concentration, en CO₂ et en eau². L'objectif de ce projet est donc la conception d'un système catalytique efficace pour le traitement d'effluents industriels chargés en COV oxygénés et l'éthanol étant initialement pris comme molécule modèle. Les catalyseurs d'oxydes métalliques mixtes sont fréquemment utilisés, en dehors des métaux nobles supportés, comme catalyseurs pour l'oxydation totale des COV. Une façon intéressante de les obtenir est le traitement thermique de matériaux préparés par la voie de «hydroxyde double lamellaire» dans des conditions spécifique³. Cette présentation traitera la synthèse et la caractérisation physico-chimique d'oxyde mixtes Mn-Al et Co-Al pouvant être utilisés dans l'oxydation de l'éthanol. L'utilisation en milieu industriel nécessite une mise en forme des matériaux catalytiques, c'est pourquoi l'étude du dépôt d'un de ce type d'oxyde mixte sur un support sous la forme de granulé sera présentée⁴.

Références:

- (1) Directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques; 2001; Vol. OJ L.
- (2) Huang, H.; Xu, Y.; Feng, Q.; Leung, D. Y. C. Low Temperature Catalytic Oxidation of Volatile Organic Compounds: A Review. *Catal. Sci. Technol.* **2015**, 5 (5), 2649–2669. <https://doi.org/10.1039/C4CY01733A>.
- (3) Cavani, F.; Trifirò, F.; Vaccari, A. Hydrotalcite-Type Anionic Clays: Preparation, Properties and Applications. *Catalysis Today* **1991**, 11 (2), 173–301. [https://doi.org/10.1016/0920-5861\(91\)80068-K](https://doi.org/10.1016/0920-5861(91)80068-K).
- (4) Balzarotti, R.; Cristiani, C.; Latorrata, S.; Migliavacca, A. Washcoating of Low Surface Area Cerium Oxide on Complex Geometry Substrates. *Particulate Science and Technology* **2016**, 34 (2), 184–193. <https://doi.org/10.1080/02726351.2015.1058872>.

Remerciements :

Le soutien financier du Pôle métropolitain côte-d'opale (PMCO) ainsi que de la Région Hauts-de-France est vivement remercié.

Photodégradation du décabromodiphényléther dans les déchets plastiques

Hanene Oumeddour^{1,2}, Hussam Aldoori^{1,2}, Zohra Bouberka², Philippe Supiot¹, Corinne Foissac¹, Ulrich Maschke^{1*}

¹ Unité Matériaux et Transformations – UMET (UMR CNRS N°8207), Bâtiment C6, Université de Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France ;

² Laboratoire Physico-Chimie des Matériaux - Catalyse et Environnement, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « USTO », El M'naouar, 31000 Oran, Algeria

* (auteur correspondant : ulrich.maschke@univ-lille.fr)

Mots-clés : DEEE, Polystyrène à fort impact, Décabromodiphényléther, photodégradation, rayonnement UV-Visible.

Les ignifugeants bromés (RFB) sont largement utilisés comme additifs dans les matières plastiques, textiles et électroniques [1]. Dans ce travail, nous avons étudié la photodégradation du décabromodiphényléther (Déca-BDE) dispersé dans la matrice solide du polystyrène à fort impact (HIPS). Cette technique a été déjà appliquée pour d'autres mélanges de polymères-RFB [2].

La technique de décontamination appliquée consiste à exposer les mélanges de HIPS/Déca-BDE sous forme des films minces au rayonnement UV-Visible. Le suivi de la photodégradation du Déca-BDE a été réalisé à l'aide de la spectrométrie infrarouge à transmission de Fourier (FTIR). A titre de comparaison, deux méthodes d'analyses ont été adoptées, en mode de réflexion totale atténuée pour suivre la cinétique de dégradation en surface, et en mode de transmission pour suivre la cinétique à travers le film pour différentes épaisseurs. La caractérisation et la vérification de la pureté du Déca-BDE et du HIPS ont été réalisées par résonance magnétique nucléaire du proton (¹H-RMN) et certaines propriétés du HIPS ont été étudiées par analyses chromatographiques et calorimétriques. Deux bandes du spectre infrarouge ont été sélectionnées pour suivre la photodégradation du Déca-BDE ; la première est celle associée à la liaison éther située à 1354 cm⁻¹ et la deuxième correspond à la liaison C-Brome située à 615 cm⁻¹. Pour des films ayant une épaisseur de 30µm, le Déca-BDE a subi une dégradation quasi-totale en peu de temps d'irradiation. En effet, le taux de dégradation du Déca-BDE a atteint dans ce cas 90% au bout de 6min.

Références :

[1] A. Khaled et al. Characterization and photodegradation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in car seat fabrics from end-of-life vehicles. *Journal of Environmental Science & Technology*, 52 (2018) 1216-1224.

[2] H. Aldoori et al. Photodegradation of decabromo diphenyl ether flame retardant in poly (Acrylonitrile Butadiene Styrene) (ABS). *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 59 (2020) 609-620.

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude au programme Interreg FWV pour le soutien financier apporté à ces recherches.

Recyclage des cristaux liquides et d'autres matériaux de valeur issus des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

Ana BARRERA¹, Corinne FOISSAC¹, Philippe SUPIOT¹, Corinne BINET¹, Frédéric DUBOIS²,
et Ulrich MASCHKE¹

¹Univ. Lille, CNRS, INRAE, Centrale Lille, UMR 8207 – UMET – Unité Matériaux et Transformations, F-59000 Lille, France.

²UR 4476, UDSMM, Unité de Dynamique et Structure des Matériaux Moléculaires, Université du Littoral Côte d'Opale, 59 379 Dunkerque, France.

* (auteur correspondant : ana-luisa.barrera-almeida@univ-lille.fr)

Mots-clés: *cristaux liquides, recyclage, DEEE, LCD, caractérisation*

Depuis plusieurs décennies, les écrans à cristaux liquides (LCD) sont largement utilisés dans les téléviseurs, les ordinateurs portables, les téléphones mobiles et d'autres appareils. Aujourd'hui, des quantités considérables d'écrans LCD arrivent en fin de vie et sont regroupés dans la catégorie des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques), avec un fort impact économique et environnemental [1-2]. Les LCD en fin de vie ont été soumis à un processus de désassemblage pour la séparation de divers composants de valeur. Ce processus consiste en un démantèlement ordonné comprenant la séparation et le recyclage des cartes électroniques, des tubes d'éclairage pouvant contenir du mercure, des métaux, des polymères et d'autres matériaux de valeur. Compte tenu de leur intérêt technologique et économique, cette étude est particulièrement focalisée sur la récupération et le recyclage des molécules de cristaux liquides (CL) ainsi que d'autres matériaux présentes dans les panneaux LCD en fin de vie. Les CL ont été extraits dans un bain de solvant organique activé par ultrasons. Les avantages de cette méthode d'extraction résident dans la rapidité de récupération de ces molécules, et dans les faibles effets de contamination. Par conséquent, seuls quelques processus de purification ont dû être effectués pour obtenir des matériaux de haute qualité et à haut rendement. Le mélange purifié de CL a été caractérisé essentiellement par des techniques physico-chimiques, à savoir la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), la spectroscopie (RMN), la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GC-MS), la calorimétrie à balayage différentiel (DSC), l'analyse thermogravimétrique (ATG) et la spectroscopie diélectrique (DS).

La valorisation d'autres matériaux de valeur présentes dans les écrans LCD a été également effectuée : ITO, polariseurs et polymères. Le procédé que nous envisageons de mettre en œuvre, pour la récupération de l'indium, est basé sur le broyage. Cette étape est indispensable pour diminuer la taille et libérer les particules d'indium présentes à de faibles concentrations dans les écrans LCD. La taille des particules a une forte influence sur le traitement acide qui sera utilisé ultérieurement.

Références :

[1] Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment (WEEE), Official Journal of the European Union, 55, 197 (2012).

[2] Amato, A et al. End of life liquid crystal displays recycling: A patent review, Journal of Environmental Management, 225, 1 (2018).

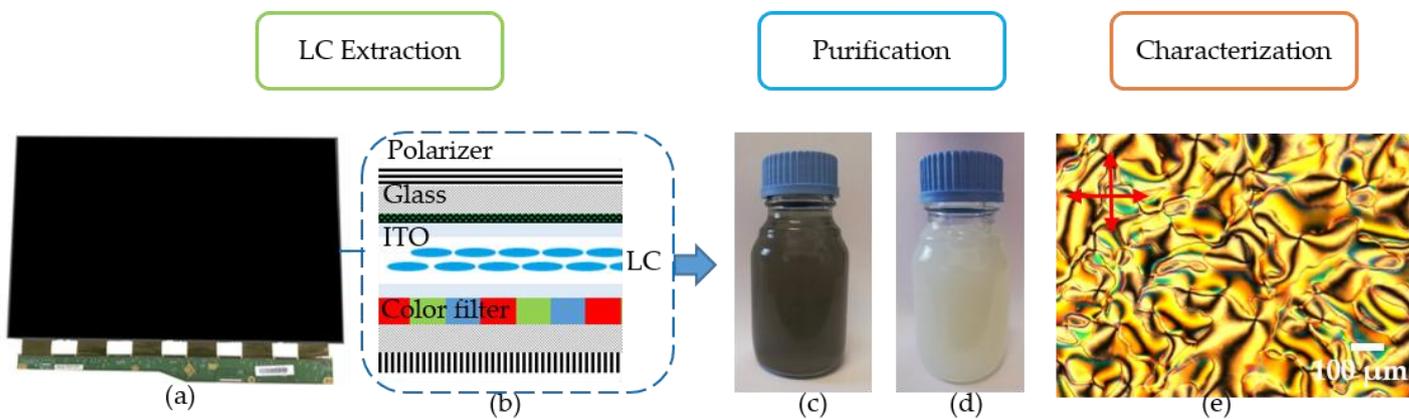


Figure 1 : (a) LCD en fin de vie, (b) composition d'un écran LCD, (c) mélanges de CLs non purifiés (d) purifiés et (e) texture d'un mélanges purifié de CLs observée au microscope optique polarisant présentant une texture nématique de Schlieren. Conditions : Polariseurs croisés et température ambiante.

Study of the CO₂ conversion into methanol: catalytic process innovation and optimization.

Rania DJETTENE*, Lionel DUBOIS, Guy DE WEIRELD, Diane THOMAS

Chemical & Biochemical Process Engineering and Thermodynamics Unit, Faculty of Engineering, University of Mons, 20 Place du Parc, 7000 Mons, Belgium

* (corresponding author: rania.djettene@umons.ac.be)

Keywords: CO₂ utilization, methanol, kinetics, catalytic process, heat integration.

Nowadays, it is widely assessed that greenhouse gases (GHG) emissions are one of the most challenging environmental issues. Anthropogenic Carbon dioxide (CO₂) emissions are the highest in terms of tonnage and the principal contributors to global warming. The carbon capture utilization or storage (CCUS) technologies are the most commonly cited techniques to reduce anthropogenic CO₂ emissions. Captured CO₂ can be converted to other chemical products which can reasonably replace the conventional ones. The hydrogenation of CO₂ into methanol has been already confirmed as one of the most promising CO₂ conversion pathways [1].

The methanol production from CO₂ as fuel or chemical building block attracts more and more the industrial sector. The development of new catalysts adapted to the hydrogenation of CO₂ is one of key elements to improve the process. Copper-based catalysts showed the highest activity toward the named reaction with a low price [2]. On the other hand, the kinetic study is an important tool to describe and evaluate the performance of the catalyst but also to estimate the efficiency of the process. Different models have been proposed in literature but the most performant are the Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson (LHHW) models. Experimental tests will be performed on micro-pilot installation to acquire data for improving the kinetic models but also to optimize the operative conditions.

To provide an original integrated process from CO₂ capture to its conversion into methanol, simulations of an industrial unit for methanol production have been carried out using Aspen Plus software. This part of the work aims to optimize the operating parameters as well as the configuration of the conversion unit but also to improve the reuse of the heat released within the process itself and the possibility of providing energy to the capture unit. Two configurations of reactor have been studied. In the first configuration, only an isothermal reactor has been used while in the second one, a first adiabatic reactor allows to preheat the flue entering the second isothermal reactor using the heat released by the reaction (thanks to its exothermicity). The overall CO₂ conversion achieve 99.6% for the two configurations but the second one is more interesting for future heat integration. As perspective for this work, a complete energetic integration will be carried out and thereafter a techno-economic and environmental study will be investigated.

References:

- [1] R. Chauvy *et al.*, "Selecting emerging CO₂ utilization products for short- to mid-term deployment," *Appl. Energy*, November 2018
- [2] J. Ma *et al.*, "A short review of catalysis for CO₂ conversion," *Catal. Today*, 2009.

Acknowledgments:

The authors acknowledge the European Cement Research Academy (ECRA) for their technical and financial supports.

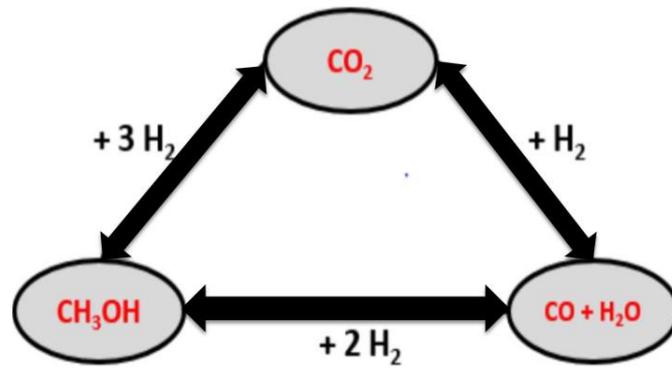


Figure 1: Main reactions of CO_2 conversion process into methanol.

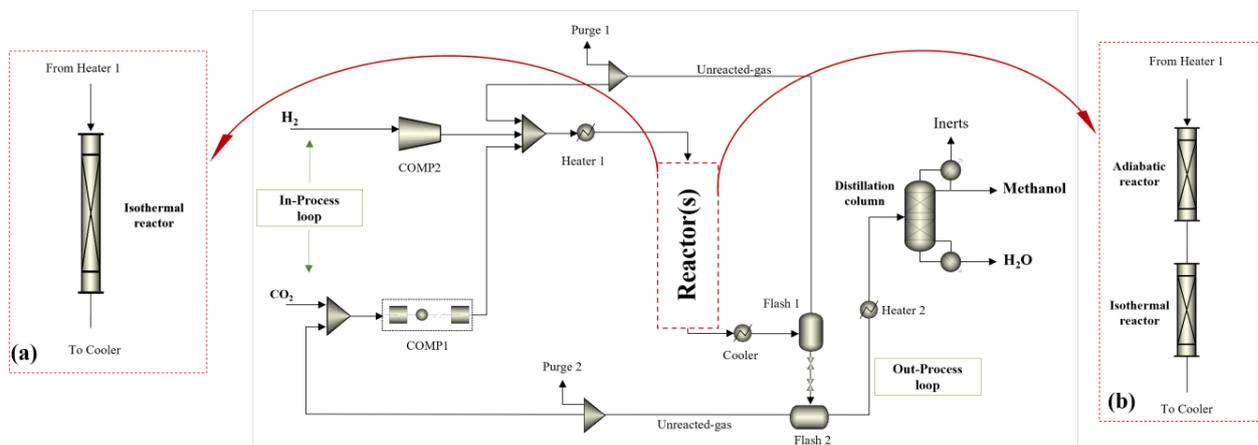


Figure 2: Flowsheet of: (a) the first configuration (isothermal reactor) and (b) the second configuration (adiabatic and isothermal reactor).

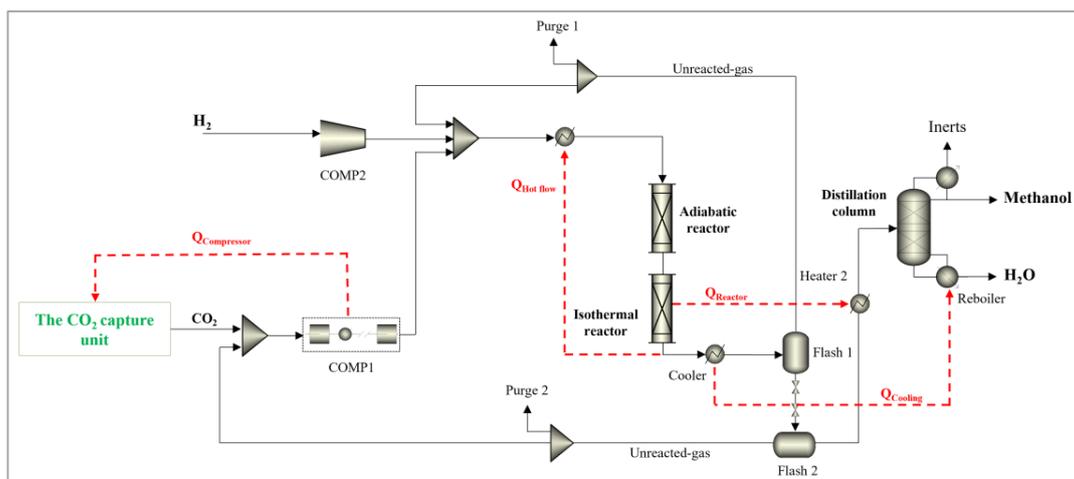


Figure 3: Heat integration of the process.

UV sensor for continuous monitoring of BTEX compounds in groundwater

Rachel GONZALEZ ^{1,2*}, Benoît HEINRICHS ¹, Sophie PIRARD ²

¹University of Liège – Department of Chemical Engineering - Nanomaterials, Catalysis, Electrochemistry, 11-13 Allée du 6 Août-Sart-Tilman – Belgium.

²Haute école Libre Mosanne – Centre de Recherches des Instituts Groupés, 27 Quai du Condroz - Angleur – Belgium.

* (r.gonzalez@uliege.be)

Keywords: *BTEX compounds, optical fiber, evanescent wave spectroscopy, PDMS, adsorption.*

Benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) are highly toxic and carcinogenic compounds. Analytical methods such as GC-FID are currently used to measure their concentrations in groundwater [1]. Although very sensitive, these methods are expensive, time-consuming, and based on a periodical sampling of water. Optical fiber sensors based on evanescent wave absorption spectroscopy could be a real-time, in-situ and low-cost alternative to quantify BTEX in water.

Optical fibers are made of three layers: (1) an external protective layer, (2) a fluorine-doped silica glass cladding, and (3) a pure silica core. Light can be transmitted along the optical fiber by total internal reflection. However, at the cladding-core interface, evanescent waves propagate in the normal direction and decrease exponentially with the distance beyond the core surface [2]. By removing the cladding layer, the evanescent waves can interact directly with the surrounding medium. Thus, if a cladding-free optical fiber is immersed in a medium which contains analytes that absorb light, a decrease of the signal transmitted along the fiber may be detected.

The aim of the present work is to develop an optical fiber sensor using evanescent wave spectroscopy absorption in the UV wavelength range to measure BTEX concentrations in groundwater in a monitoring mode. The sensitivity of the sensor is expected to be less than 1 ppm. To reach this goal, a polydimethyl siloxane layer is deposited on the core surface of the cladding-free optical fibers by dip-coating. This material has a great affinity with BTEX compounds which adsorb on its surface [3]. The coating concentrates BTEX near the core surface and allows a sensitivity increase of the sensor.

Last experiments show promising results as a signal loss was detected for a solution of 1 ppm of ethylbenzene. In addition, a first calibration curve has been drafted from 1 ppm to 16 ppm and a linear dependency between the signal loss and the concentration of ethylbenzene was observed. The study of the sensor repeatability and the enhancement of its sensitivity are in progress.

References :

- [1] Silva, L., Panteleitchouk, A., Freitas, A., Rocha-Santos, T., & Duarte, A. (2009). Microscale optical fibre sensor for BTEX monitoring in landfill leachate. *Analytical Methods*, 1(2), 100. doi: 10.1039/b9ay00077a
- [2] Messica, A., Greenstein, A., & Katzir, A. (1996). Theory of fiber-optic, evanescent-wave spectroscopy and sensors. *Applied Optics*, 35(13), 2274. doi: 10.1364/ao.35.002274

- [3] Chao, K., Wang, V., Yang, H., & Wang, C. (2011). Estimation of effective diffusion coefficients for benzene and toluene in PDMS for direct solid phase microextraction. *Polymer Testing*, 30(5), 501-508. doi: 10.1016/j.polymertesting.2011.04.004

Acknowledgements:

The authors are grateful to the Walloon Region for the funding of the project (Win2Wal) and to the project partners (Be-Sens, GEOLYS and GEO3) for their advice and expertise.

Figure 1: Cladding-free optical fiber (up) and polydimethylsiloxane coated optical fiber (down).

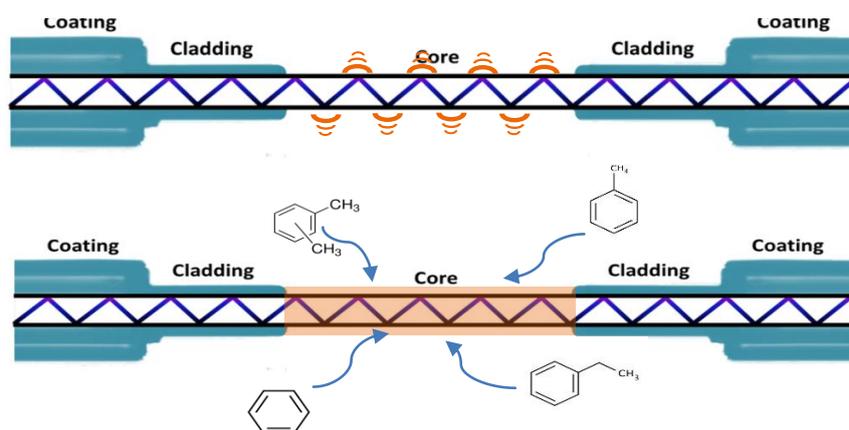
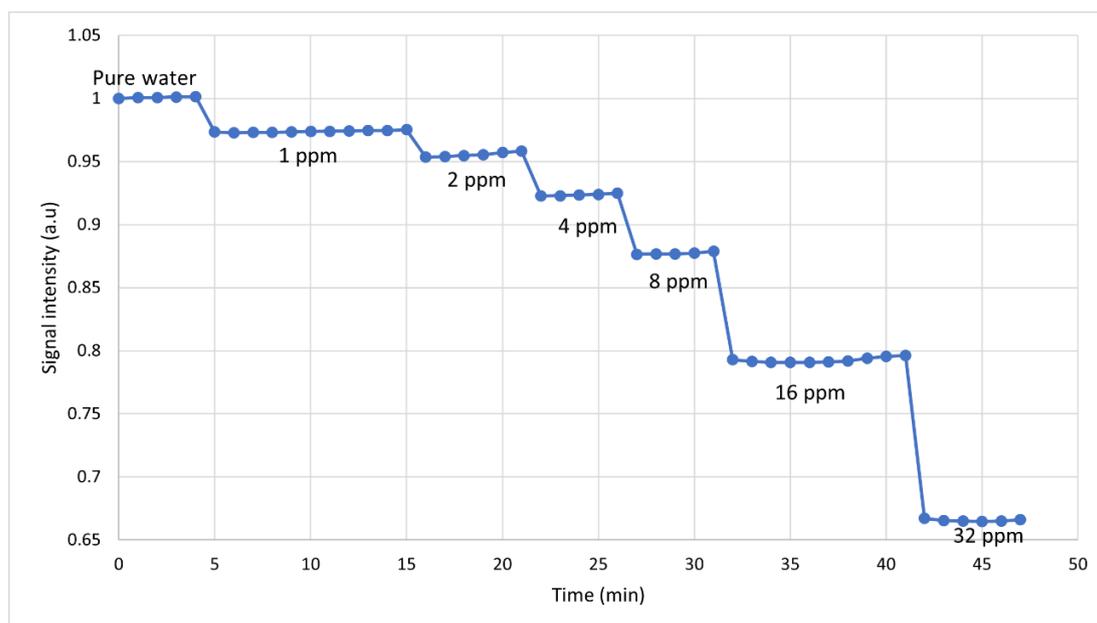


Figure 2: Successive additions of ethylbenzene in water. Each drop of the signal occurs when the pollutant is injected. The concentration of ethylbenzene in the cell test after each injection is given in the graph (below each plateau).



Valorisation du chanvre dans les matériaux de construction bio-sourcés pour des bâtiments durables

Maya-Sétan DIAKITÉ^{1,2}, Hélène LENORMAND^{1*}, Vincent LEQUART², Patrick MARTIN², Nathalie LEBLANC¹

¹UniLaSalle, Université d'Artois, ULR7519 – Transformations & Agro-ressources, Normandie Université, F-76130 Mont-Saint Aignan, France.

²Université d'Artois, UniLaSalle, ULR7519 – Transformations & Agro-ressources, F-62400 Béthune, France.

* (auteure correspondant : maya.diakité@unilasalle.fr)

Mots-clés : Valorisation – Biomasse – Chanvre – Matériaux – Bâtiments durables

Le secteur de la construction représente 44% de l'énergie consommée en France et chaque année ce secteur émet plus de 123 millions de tonnes de CO₂ [1]. Les enjeux actuels en matière de pollution ont fait naître une prise de conscience collective autour de nos habitudes de consommation. Cela nous amène à optimiser et minimiser notre impact environnemental, tout en améliorant notre qualité de vie.

La valorisation de coproduits issus de l'agriculture (anas, chènevotte, fibre de lin et de chanvre, moelle de tournesol...) dans le bâtiment comporte de nombreux avantages. Tout d'abord, ces ressources sont renouvelables et stocke du CO₂ sur de très longues périodes (50 - 100 ans) [2]. Ensuite, cette valorisation dynamise l'emploi local auprès de coopératives françaises. Enfin, l'incorporation de ces biomasses dans les matériaux de construction, contribue à améliorer la qualité de l'air dans les habitats, limite l'émission de polluants et améliore l'isolation thermique et acoustique [2].

Du fait de sa structure poreuse, la chènevotte de chanvre dispose de nombreuses propriétés. La variation de la taille des pores (1µm - 1cm) et une densité moyenne en vrac proche de 100 kg/m³, lui confère une faible conductivité thermique et en fait donc un très bon isolant. De plus, formuler sous la forme de béton de chanvre, la chènevotte peut stocker jusqu'à 35,5 kg de CO₂ par m² sur 100 ans [3].

Au vu de ces propriétés, il s'avère nécessaire de développer les filières de valorisation des coproduits agricoles (Figure 1) et de développer les connaissances sur ces nouveaux produits. La présente étude vise à analyser les molécules appelées « extractibles » libérées durant les procédés de formulation des mortiers et panneaux de particules. Durant la formulation l'action cumulée du pH et de la température libèrent des sucres et polyphénols qui favorisent l'interaction des particules dans les panneaux sans liants ou altèrent la rigidification des mortiers. Une meilleure compréhension de ces phénomènes permettrait d'améliorer le produit fini, en vue d'améliorer la qualité des habitations.

Références :

[1] Ministère de la transition écologique., Énergie dans les bâtiments, ecologie.gouv.fr, (2021).

[2] Glé, P., Gourdon, E., Arnaud, L., Acoustical properties of materials made of vegetable particles with several scales of 562 porosity. *Applied. Acoustics*. Vol 72, pp. 249-259, (2011).

[3] Boutin, M-P., Flamin, C., Quinton, S., Gosse, G., Analyse du cycle de vie : compounds thermoplastiques chargés fibres de chanvre et mur en béton de chanvre banché sur ossature bois, Rapport d'Étude INRA Lille, France, pp. 32, (2005).

Remerciements :

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à la Communauté d'agglomération de Béthune Bruay Artois Lys Romane (CABBALR), ainsi qu'au programme GoLaSalle d'UniLaSalle pour le soutien financier apporté à ces recherches.

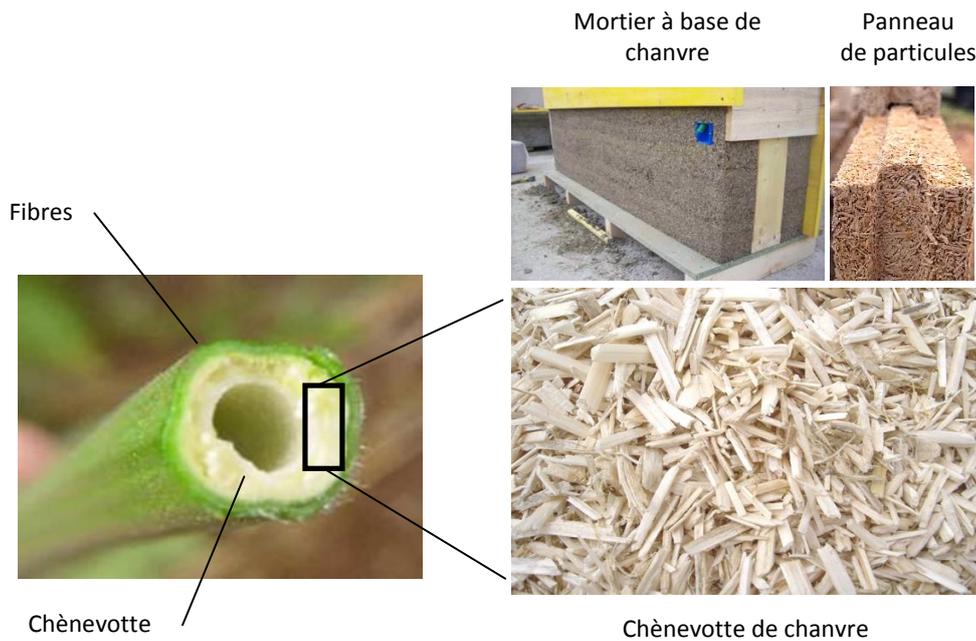


Figure 1: Illustration de la valorisation de la chènevotte de chanvre dans le bâtiment

Vers une meilleure compréhension du séchage des boues à travers ses propriétés rhéologiques

Sergio PARRA^{1*}, Angélique Léonard¹

Chemical Engineering – PEPs, University de Liège, La Belgique

slparra@uliege.be

www.chemeng.uliege.be

Mots clés : Séchage convectif, Boues d'épuration, Rhéologie, texturométrie.

La gestion et le traitement des boues d'épuration sont des défis croissants pour l'humanité, en 2020 au moins 13 millions de tonnes de boues sèches ont été générées dans l'Union Européenne. Les deux voies les plus courantes pour améliorer ce sous-produit sont l'incinération et l'application agricole, qui nécessitent une opération de séchage thermique. En général, l'efficacité du séchage des boues est faible et difficile à contrôler/prédire. Cependant, il a été déterminé que les processus de conditionnement et de déshydratation avant le séchage peuvent modifier les propriétés structurales et mécaniques des boues (Battistoni, 1997)(Lotito et al., 1997). En particulier, les propriétés rhéologiques et texturales qui sont étroitement liées à l'efficacité du processus de séchage(Léonard et al., 2004)(Pambou, 2016). Cette recherche vise à trouver une combinaison conditionnement-déshydratation optimale par rapport au temps de séchage convectif des boues. Plus précisément, il est prévu de comprendre le rôle du conditionnement et de la déshydratation dans le changement des caractéristiques rhéologiques et texturales des boues et déterminer comment ces changements sont liés au taux de séchage.

Références

- Battistoni, P. (1997). Pre-treatment, measurement execution procedure and waste characteristics in the rheology of sewage sludges and the digested organic fraction of municipal solid wastes. *Water Science and Technology*, 36(11), 33–41.
- Léonard, A., Vandevienne, P., Salmon, T., Marchot, P., & Crine, M. (2004). Wastewater sludge convective drying: Influence of sludge origin. *Environmental Technology*, 25(9), 1051–1057. <https://doi.org/10.1080/09593330.2004.9619398>
- Lotito, V., Spinosa, L., Mininni, G., & Antonacci, R. (1997). The rheology of sewage sludge at different steps of treatment. *Water Science and Technology*, 36(11), 79–85. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00672-0](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00672-0)
- Pambou, Y.-B. (2016). *Influence du conditionnement et de la déshydratation mécanique sur le séchage des boues d'épuration*. Université de Liège, Liège, Belgique.

Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude au pour leur fanatisation du Project FNRS.

Tableau 1 : Cohésivité et adhésivité des boues chaulées et non chaulées

Echantillon	Teneur en solides totaux (%)			
	Cohésivité (Nmm)		Adhésivité (N)	
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type
Boues pas chaulées	0,2948	0,0151	-0,29905	0,0355
Boues chaulées	1.8894	0,032	-1,0507	0,045

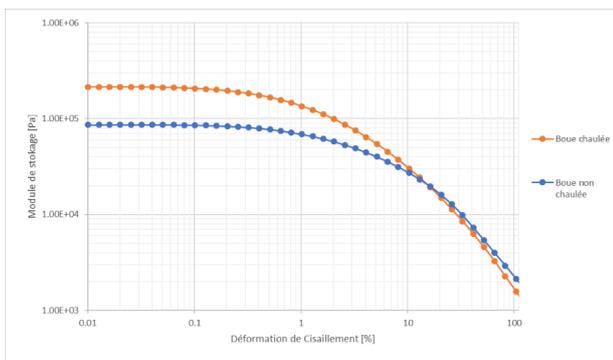


Figure 1 : Module de stockage les boues chaulées et non chaulées

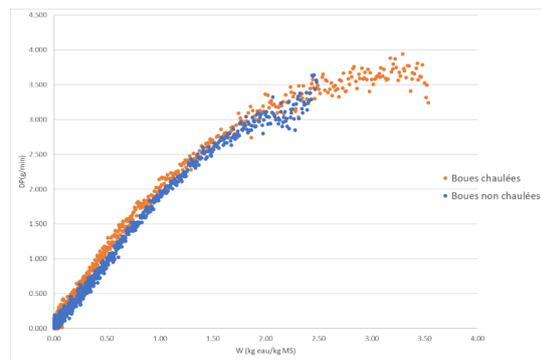


Figure 2 : Courbe de Krischer pour les boues chaulées et non chaulées

Liste des participants

- Abi Aad Edmond
- Abou Rjeily Mira
- Achkar Miriam
- Aguib Kather
- Al-Awaad Haidar
- Aldoori Hussam
- Aouad Samer
- Arayedh Wadii
- Bader Mireille
- Bakri Alaoui Soufiane
- Barrera Ana
- Belhaj Rhouma Amira
- Ben Hamed Hajer
- Bruneau Valentin
- Charles Antoine
- Costa Alexis
- Cousin Renaud
- Daouk Elias
- De Weireld Guy
- Depriester Michael
- Diakité Maya-Sétan
- Djettene Rania
- Drame Nouha
- El Khawaja Rebecca
- Farhat Layla

- Fayolle Joseph
- Ferreira Manuela
- Gautier Rémi
- Gennequin Cedric
- Genty Eric
- Gonzalez Rachel
- Goutier Fabrice
- Gregoire Manon
- Grzelak Aleksandra
- Hamadou Mohamed
- Hamidouche Souria
- Harion Jean-Luc
- Henrotin Arnaud
- Hus Philippe
- Hussain Mazhar
- Kalawoun Hamed
- Laqraa Chaimae
- Louati Maroua
- Madanikashani Sepehr
- Meenakshisundaram Shruthi
- Minette Florent
- Morales Alejandro
- Naji Amar
- Ndahirwa Desire
- Obeid Michel
- Olivet Lilian
- Osman Souraya
- Oumeddour Hanene
- Paris Caroline
- Parra-Angarita Sergio Luis
- Pelegris Christine
- Pitrel Grégory

- Poupin Christophe
- Regnier Julie
- Ribeiro Thierry
- Shisodia Shivani
- Siffert Stéphane
- Somang Kim
- Spalletta Alexis
- Supiot Philippe
- Tannous Mariebelle
- Thomas Diane
- Traisnel Michel
- Vauquelin Romain
- Yammine Jina
- Younis Aida
- Zerrouki Redouane

Liste des sponsors



Liste des auteurs

- Abi Aad Edmond, 33, 34
Abou Rjeily Mira, 38–40
 Achak M, 8, 9
 Al-Awaad Haidar, 4, 5
 Aldoori Hussam, 48, 73
 Aouad Samer, 33, 34
 Arayedh Wadii, 2, 3
 Azimi Sam, 51, 52

 Bahrani Amir, 51, 52
 Bakri Alaoui Soufiane, 8, 9
 Barrera Ana, 74, 75
Baudez Jean-Christophe, 51, 52
Belhaj Rhouma Amira, 70, 71
 Ben Hamed Hajer, 42, 43
 Benazzouk Amar, 46, 47
 Binet Corinne, 74, 75
 Bouberka Zohra, 48, 73
 Bougeard Daniel, 16–18
Campagne Christine, 10, 11, 68, 69
 Carquin Marie, 16–18
Cayla Aurélie, 10, 11, 68, 69
 CEBALLOS, Claire, 19
 Charles Antoine, 51, 52
 Chhiti Younes, 8, 9
Chihib Nour-Eddine, 63–67
 Cloarec Clément, 68, 69
 Costa Alexis, 20, 21
Cousin Renaud, 58, 59, 72
 Coutu Arnaud, 12, 13

 Daher Suzanne, 24, 25
 De Meester Steven, 6, 7
 De Weireld Guy, 20, 21, 29
 De Wilde Juray, 6, 7, 30, 31
 Devaux Eric, 68, 69
 DiakitÉ Maya-Sétan, 80, 81
 Djettene Rania, 76, 77
 Dubois Frédéric, 74, 75
 Dubois Lionel, 20, 21
El Khawaja Rebecca, 58, 59
 Estephane Jane, 33, 34

 Fayeulle, Antoine, 19
 Fayolle Joseph, 12, 13
 Foissac Corine, 48, 74, 75
 Foissac Corinne, 73
 Fontaine Julien, 16–18

 Gautier Rémi, 16–18
 Gennequin Cédric, 33, 34
 Gonzalez Rachel, 78, 79
 Grzelak Aleksandra, 26, 27

 Hamadou Mohamed, 14, 15
 Heinrichs Benoît, 78, 79
 Henrotin Arnaud, 29
Hernandez-Shek Manuel, 12, 13
 Heymans Nicolas, 29
 Hussain Mazhar, 35–37

 Joly Nicolas, 56, 57
 Jullian Nathalie, 60–62

 Kalawoun Hamed, 32
 Kim Somang, 44, 45

 Lamy Edvina, 8, 9
 Laqraa Chaimae, 49, 50
 Leblanc Nathalie, 80, 81
 Lenormand Hélène, 80, 81
 Lequart Vincent, 80, 81
 Louati Maroua, 10, 11
 Léonard Angélique, 82, 83
 Léonard Grégoire, 28, 44, 45
 Léonard, Estelle, 19
M'hamdi Alaoui Fatima Ezzahrae, 8, 9
 Madanikashani Sepehr, 6, 7
Martin Patrick, 56, 57, 60–62, 80, 81
 Maschke Ulrich, 48, 73–75
 Mechmechani Samah, 63, 64
Meenakshisundaram, Shruthi, 19
 Minette Florent, 30, 31
 Morales Alejandro, 28
 Mouchaham Georges, 29
 Mouhoubi Seloua, 20, 21

 Nandi Shyamapada, 29
 Ndahirwa Desire, 53–55
 Nouar Farid, 29

 Obeid Michel, 22, 23
 Olivet Lilian, 58, 59
 Osman Souraya, 16–18
 Oumeddour Hanene, 48, 73

Parra-Angarita Sergio Luis, 82, 83
Pauss André, 12, 13
Pauss, André, 19
Peultier Philippe, 12, 13
Pirard Sophie, 78, 79
Poupin Christophe, 58, 59, 72

Regnier Julie, 68, 69
Ribeiro Thierry, 12, 13, 51, 52
Rocher Vincent, 51, 52

Serre Christian, 29
Siffert Stéphane, 58, 59
Spalletta Alexis, 56, 57
Supiot Philipe, 73
Supiot Philippe, 48, 74, 75

Tannous Mariebelle, 58, 59, 72
Thomas Diane, 20, 21

Van Geem Kevin M., 6, 7
Vauquelin Romain, 60–62

Yammine Jina, 65–67
Younis Aida, 33, 34

Zerrouki Redouane, 46, 47

