



Stratégies & veille technologiques en environnement

Éditorial

Déchets : une forte ambition de recyclage et de prévention paierait

Le Bureau européen de l'environnement (BEE) vient de faire paraître un nouveau rapport intitulé « *utiliser nos ressources plus efficacement : une chance à saisir pour l'Europe* ». Un rapport dont l'intérêt repose sur le chiffrage économique et environnemental de politiques des déchets plus ou moins ambitieuses. Les chiffres avancés sont alléchants : du scénario le plus modeste au plus ambitieux, on parle de 634 769 à 747 829 emplois créés en 2025 et jusqu'à 867 000 en 2030 dans le scénario le plus optimiste. L'estimation repose sur des données sur la réduction du gaspillage alimentaire, la réutilisation des textiles et du mobilier et le recyclage. Pour les ménages, la seule réduction du gaspillage représenterait une économie financière de plus de 73 Md€ à l'échelle de l'Europe en 2030. Sans compter les atouts environnementaux. Le rapport souligne les émissions de CO₂ évitées grâce à la réduction du gaspillage, la réutilisation des textiles et le recyclage, qui totaliseraient plus de 400 Mt de CO₂, soit l'équivalent de 4 voitures sur 10 retirées de la circulation. Le rapport chiffre aussi des économies d'eau, d'utilisation de fertilisants et pesticides ainsi que l'économie de surface agricole alimentaire.

Ces chiffres très prometteurs visent à apporter un éclairage aux décideurs politiques alors même que la Commission finalise une révision majeure des objectifs déchets en lien avec sa feuille de route sur l'utili-

sation efficiente des ressources. Bien évidemment, il s'agit pour le BEE d'accentuer la hiérarchisation qui existe déjà dans le traitement des déchets, en augmentant le gap entre le recyclage matière et les autres voies, non seulement la mise en décharge mais aussi l'incinération. Les objectifs de recyclage des déchets ménagers pourraient ainsi atteindre près de 70 % en 2025 et 2030, la réutilisation des textiles jusqu'à 30 % et la réduction de gâchis de 30 à 50 % selon les ambitions.

Le rapport souligne les outils disponibles pour favoriser l'optimisation des ressources (taxes positives et négatives, tarification incitative pour les ménages, renforcement de la responsabilité du producteur). Mais il ne faudra sans doute pas oublier que rien ne sera possible sans une dynamique retrouvée d'innovation, point qui n'est pas abordé dans le rapport. Il y a quotidiennement des exemples de projets novateurs en matière de recyclage et de tri, et le dernier colloque éco-technologies de l'ANR tout comme quelques témoignages de PME au forum du PEXE il y a quelques jours en ont été l'illustration. Mais en dépit d'une certaine reprise de dynamique, d'un plan de filière dans le programme de Nouvelle France industrielle et d'une sélection dans le plan Innovation 2030, la valorisation matière a incontestablement besoin de renforcer ses moyens académiques et industriels pour se développer. La réussite d'objectifs ambitieux ne pourra pas s'affranchir de cela.

Sommaire :

Acteurs p. 2/3

Start-up

- Airlyse cible les aérocontaminants biologiques
- Une maison passive en bois et carton à coût accessible
- Du graphène de haute qualité et produit en ligne : une offre qui répond aux attentes du marché de l'énergie et de l'électronique flexible

Nouvelle structure

- Moyens renforcés pour la recherche en écotoxicologie

Développement industriel

- Biométhane : Arol Energy cible les petites méthanisations

À suivre...

- **Projet industriel** : Metabolic Explorer et la Bio-L-Methionine
- **Levées de fonds** : SP3H et Innoveox

Partenariats

- Cofely / Smart Impulse
- IFP EN / Enogia

Technologies p. 5/7

Air - Analyse

- Des cellules respiratoires utilisées pour un test in vitro de la toxicité des matériaux

Matériaux

- Isolants biosourcés : l'apport thermique et mécanique des tiges de tournesol
- Des pigments thermochromes aux applica-

tions environnementales variées

- **À suivre** : mousse Solvay pour câbles et modifiants d'Arkema dans le PLA

Déchets

- L'extrusion réactive sur des déchets textiles ?

Prospective

- Les plantes nanobioniques : une voie ouverte au MIT

Brevets p. 7

Retour d'expériences p. 8

Récompenses

- Quatre projets ambitieux mis en exergue par l'ANR



Start-up

Airlyse cible les aérocontaminants biologiques

En médecine, l'efficacité grandissante des traitements se traduit paradoxalement par une augmentation de la fragilité des patients durant cette période vis-à-vis d'autres germes. La question des infections nosocomiales, depuis longtemps bien identifiée, prend ainsi de l'ampleur et d'autres problématiques se font jour, notamment dans le cadre des hospitalisations à domicile de patients immuno-déprimés. Les milieux hospitaliers se mobilisent depuis des années sur ces questions d'exposition aux germes avec en particulier un effort considérable mené sur les contaminations manu-portées. En matière d'aéro-contamination par les champignons, bactéries et virus, si les blocs opératoires et les chambres stériles disposent de moyens avancés de traitement d'air, il reste tout un champ de travail à couvrir dans les chambres ou les salles d'attente par exemple ou dans des zones moins spécifiques pendant des périodes à risques comme celle de travaux qui remettent en suspension des microorganismes. Ce problème ne se limite d'ailleurs pas au milieu purement hospitalier, les besoins s'élargissant dans de nombreux établissements accueillant des personnes fragilisées (enfants, personnes âgées), des cabinets médicaux et même à domicile. C'est donc pour apporter une solution simple et locale à la question des pollutions biologiques aéroportées que la société Airlyse s'est créée en 2010 (incubée à Agoranov) et arrive aujourd'hui à une maturité de sa technologie lui permettant d'attaquer la phase industrielle et commerciale.

Nouvelle structure

Moyens renforcés pour la recherche en écotoxicologie

L'Inéris et les universités de Reims Champagne-Ardenne et du Havre viennent de signer la convention pour la création de l'unité mixte de recherche (UMR I 02) Sebio, sur les « *Stress environnementaux et la biosurveillance des milieux aquatiques* ». L'objectif affiché par ce projet est clairement de se donner les moyens d'accélérer les travaux sur la compréhension des mécanismes fondamentaux à la base de l'action toxique et ainsi de développer et valider de nouveaux biomarqueurs chez différentes espèces (poissons, mollusques, crustacés) utilisables comme indicateurs pour la surveillance des milieux aquatiques. Autrement dit, il s'agit pour les équipes des trois structures qui se connaissent déjà (pour avoir travaillé

Le procédé d'Airlyse revendique une triple action sur les microorganismes aéroportés : un choc physique, des oxydations aux UVc et par photocatalyse. Le premier principe technique retenu pour abattre les microorganismes est issu du raisonnement inverse à celui d'un prélèvement microbiologique destiné à une analyse. En effet dans le cas d'une analyse, tout est fait pour préserver les organismes lors du prélèvement, notamment en évitant un choc trop brutal sur le support du prélèvement. L'idée a donc été de créer un choc physique d'impact des microorganismes sur une paroi en choisissant une vitesse adéquate et une géométrie de réacteur garantissant ce contact. Ensuite, pour des questions pratiques, il fallait pouvoir rendre la surface d'impact auto-nettoyante, d'où le recours à la photocatalyse. De fait, les UVc mis en œuvre pour la photocatalyse ont ainsi un effet direct sur les polluants biologiques visés tout comme les radicaux libres créés en surface du support d'impact. La synergie entre les trois effets garantit ainsi une efficacité maximale d'abattement, y compris avec des débits relativement faibles (500 m³/h) pour disposer d'un appareil peu énergivore et à moindre bruit.

Si le principe technique paraît logique, encore fallait-il démontrer son efficacité scientifiquement. Sur ce point, Airlyse a mené un développement peu commun. Car comme l'explique sa fondatrice, Marie-Charlotte Bernard, contrairement au domaine des polluants chimiques qui sont assez homogènes, les polluants microbiologiques ne se me-

surent pas globalement. Leur grande diversité impose des méthodologies de mesures différentes et complexes. C'est donc tout un travail scientifique qui a été mené spécifiquement sur la mesure avec l'Université de Tours (programme Aerobio) sur chaque type de pollution (fongique, bactérienne ou virale) pour démontrer l'efficacité réelle du dispositif d'épuration Airlyse. Des essais en chambre expérimentale puis dans une pièce d'hôpital désaffectée ont été menés, permettant aujourd'hui d'apporter des résultats scientifiquement encadrés sur l'épurateur Airlyse. Les premiers résultats publiés l'ont été sur les champignons, la pollution biologique la plus coriace (résistance et comportement aérodynamique), montrant un abattement total de la contamination en 20 minutes. Pour les bactéries et les virus, les résultats définitifs devraient être prochainement divulgués.

Après un travail d'ingénierie mené avec un partenaire industriel, la conception de l'appareil dans sa version industrialisable est finalisée depuis quelques semaines. Airlyse, qui est lauréate cette semaine du Tremplin PME INNOV'ECO, est donc aujourd'hui à la recherche d'un soutien pour l'amorçage industriel et commercial (environ 700 k€ recherchés) afin notamment de pouvoir mener des tests pilotes sur sites réels, toutes les voies de poursuite du développement industriel (notamment partenariales) restant par ailleurs ouvertes.

 **Airlyse**, Marie-Charlotte Bernard
> airlyse@orange.fr

ensemble sur le projet post-Grenelle DEVIL sur ce même thème) de travailler plus étroitement et en plus grande synergie.

L'UMR-I 02 SEBIO développe trois thèmes de recherche : les effets de stress environnementaux sur la physiologie des organismes aquatiques (action des polluants chimiques ou des stress d'origines biologique et physique); l'influence des paramètres biotiques (propres à l'individu : âge, sexe...) et abiotiques (propres au milieu : température, nourriture...) sur la réponse des biomarqueurs à un stress; et enfin, la place que peuvent occuper les biomarqueurs dans la surveillance environnementale. A noter que les équipes s'intéressent à trois fonctions biologiques clés pour le maintien des orga-

nismes dans le milieu, et qui peuvent être affectées par des polluants : la reproduction et l'endocrinologie, l'immunité et enfin la gestion de l'énergie et le métabolisme.

La nouvelle équipe ainsi construite s'appuiera sur les moyens expérimentaux déjà en place : le mésocosme de l'Inéris, et les plateaux techniques de cytométrie environnementale (Mobicyte) et Presen en biologie cellulaire et protéomique. Elle sera dirigée par Alain Geffard, représentant 43 chercheurs et 28 doctorants : une taille qui permettra à l'expertise d'écotoxicité française d'être plus visible au plan international.

 **Sebio**, Alain Geffard (Reims)
> 03 26 91 33 42

Start-up

Une maison passive en bois et carton à coût accessible

Sur Ecobat était représenté le projet d'entreprise Nid'home dont l'objectif est de proposer une offre de maisons, personnalisées au plan architectural, mais aussi écologiques et passives, peu chères (100 000 à 120 000 € pour 100 m²) et socialement responsables dans leur conception et fabrication, faisant appel notamment pour la préfabrication des éléments constructifs à des ressources humaines locales et en insertion. Très tôt dans son projet, Claude Pérard s'est intéressé à la technologie de murs isolants et structurants en carton ondulé proposée par Machome (cf. GNT n°114), avec l'idée d'être capable de proposer avec des ESAT des pans de ces murs à des tailles non standardisées, donc à façon. Cette réflexion visant à produire les assemblages de carton ondulé contre-collé localement et sur mesure a conduit Claude Pérard à travailler aussi sur un système constructif nouveau mettant en œuvre ces murs de carton : la géométrie d'assemblage armature bois/mur structurant a ainsi été revue permettant de totalement éviter les ponts thermiques grâce à un découpage particulier des panneaux de cartons. Par ailleurs, Claude Pérard a travaillé sur l'amélioration environnementale du procédé de production des contre-collés en carton. En effet, la technologie d'origine mettait en œuvre des colles hot melt, qu'il

faudrait séparer du carton en fin de vie pour faciliter le recyclage. Nid'Home mettra donc en œuvre dans les Esat un procédé de collage utilisant une colle cellulosique en phase aqueuse (de chez Bostik) qui ne gênera pas le recyclage en fin de vie. Enfin, plutôt que d'appliquer un film polymère sur le carton pour le rendre hydrofuge, la conception prévoit dans un premier temps d'utiliser des films plastiques non collés avant de trouver une solution d'hydrofugation du carton compatible avec le recyclage.

Si le concept Nid'home repose sur ce dispositif constructif amélioré en bois et carton, il ne se limite pas à cela, ni à la dimension sociale et locale évoquée. Gérard Pérard s'est entouré d'experts en architecture et énergies renouvelables, d'un bureau d'étude thermique et de compétences complémentaires visant à réduire l'impact de la maison, y compris en exploitation. Un exemple est l'engagement aux côtés de Nid'Home de la société ETS (Eau tiède sanitaire) qui a développé une offre de micro-chauffe-eau adaptée aux applications de type lavage des mains. L'idée est de disposer sous le lavabo un tout petit chauffe-eau électrique qui maintient un petit volume d'eau chaude (55°C) à proximité de l'usage. Plus besoin dans ce cas là de tirer de gros volumes d'eau pour attendre l'eau

chaude venant du chauffe-eau central. Ce qui se traduit par un besoin en débit beaucoup plus faible (1,5 l/min au lieu de 6, voire 12 l/min) : puisqu'on n'a pas à attendre, pas besoin de gros débits pour limiter cette attente. Le résultat, c'est une consommation d'eau divisée par 5 et une consommation d'électricité divisée par deux. Pour ETS qui jusqu'ici se développait de manière artisanale (avec des applications dans les cabinets médicaux, les bureaux, les écoles...), cette visibilité auprès de Nid'home est une des opportunités de dynamiser la commercialisation de son produit.

D'ici un ou deux mois, la société Nid'home devrait être créée et mener une campagne de levée de fonds dans un dispositif de financement participatif (250 000 € recherchés). Il s'agit de rassembler les moyens nécessaires à la mise en place de la ligne de production des panneaux de cartons dans un premier Esat et d'un atelier de pré-fabrication des panneaux des maisons (pour une mise en œuvre rapide ensuite sur le site de construction). Un premier projet en Gironde est dans l'attente de son permis de construction, ce qui devrait offrir rapidement à Nid'home une première référence.

📍 **Nid'home** > claud.peraud@nidhome.com

À suivre...

Projet industriel

• Le projet d'industrialisation de **Bio-L-Methionine** conjoint à **Metabolic Explorer** et **Roquette** marque une pause. Roquette avait envisagé de se positionner sur ce marché de L-Méthionine, un acide aminé essentiel à l'alimentation animale mais complexe à produire par la voie pétrochimique, avec un procédé alternatif totalement biosourcé. L'accord entre Roquette et Metabolic Explorer portait sur la capacité de ce dernier à finaliser avant mi-2014 la technologie à un stade pré-industriel. Les objectifs techniques ont été atteints, mais Roquette pour des raisons stratégiques a préféré renoncer à ce projet industriel. De ce fait, l'accord d'exclusivité dont bénéficiait Roquette prend fin, Metabolic Explorer récupérant l'ensemble des droits de propriété intellectuelle liés à la technologie de bioproduction de L-Méthionine. Charge à la PME désormais de valoriser la technologie auprès d'un tiers industriel, sachant que les **discussions engagées** par Roquette auprès d'un **acteur des acides aminés vont être**

poursuivies avec son soutien. A noter que les démarches réglementaires et d'homologation du produit sont en cours, l'autorisation de la FDA américaine étant attendue pour fin 2014.

Levées de fonds

• **SP3H**, société qui a développé une technologie de « **profiling** » des carburants utilisant un **capteur optique miniaturisé** capable de mesurer la qualité de carburant et donc d'améliorer en fonction de cela la combustion, vient d'annoncer avoir **levé 2,5 M€**. Ce tour de financement a été réalisé par Truffle Capital, investisseur historique. Les fonds doivent servir à **accompagner les premiers essais du capteur industriel** embarqué à bord des véhicules et à finaliser le lancement commercial auprès des garages et concessions. SP3H entend aussi nouer des partenariats industriels stratégiques dans le secteur du raffinage et dans l'aéronautique.

• **Nouvelle étape pour Innoveox**, qui industrialise un procédé **d'oxydation hydrother-**

male supercritique de déchets toxiques et très complexes : après avoir consolidé sa propriété industrielle en février dernier par la cession par le CNRS de la totalité des brevets afférant à sa technologie (cf. GNT n°123), la jeune entreprise innovante se lance en bourse sur Alternext Paris. Avec son unité de Arthez de Béarn, Innoveox a réalisé des essais qualifiants sur 15 familles de déchets, et a notamment signé avec Total un contrat de qualification qui constitue une étape primordiale de validation pré-industrielle. Le temps est donc venu pour la start-up de transformer l'essai industriel, **des contacts avancés étant engagés avec trois sites industriels**. Innoveox espère ainsi signer son premier contrat de prestation de services longue durée au second semestre 2014. L'objectif est donc aujourd'hui de lever les fonds nécessaires à la construction de deux prochaines unités : l'unité industrielle de 10 000 t/an et une autre de démonstration, ainsi qu'un laboratoire en propre, complémentaire de celui mis à disposition par le CNRS.

Start-up en création

Du graphène de haute qualité et produit en ligne : une offre qui répond aux attentes du marché de l'énergie et de l'électronique flexible

Le forum européen des start-up et entrepreneurs innovants Innovact a distingué la semaine dernière une poignée d'entreprises et de projets d'entreprises. Et Graphos, projet d'entreprise visant à produire par une nouvelle voie technique du graphène, en fait partie, distingué par La Jeune chambre économique française, partenaire de l'édition. Cette future entreprise actuellement incubée à Carinna à Reims (la création est prévue courant de l'été) se positionne sur un secteur encore émergent puisque le graphène n'a été découvert qu'en 2004, mais au potentiel énorme. En effet, cette structure de carbone (une fine couche mono-atomique à la géométrie hexagonale) fait l'objet de toutes les attentions car elle ouvre la voie à des progrès conséquents en matière d'efficacité énergétique et de stockage d'énergie notamment. Elle affiche en effet des propriétés électriques et thermiques très intéressantes permettant d'envisager par exemple la conception de semi-conducteurs moins consommateurs d'énergie et très rapides, mais aussi d'électrodes de batteries plus performantes qu'avec du graphite (charge et décharge plus rapides, densité plus grande). Ses propriétés mécaniques, notamment sa ca-

pacité à être intégré dans des surfaces flexibles sans perdre ses propriétés de conductivité, mais aussi sa transparence, en font aussi un candidat de choix pour les développements dans l'électronique souple (notamment le photovoltaïque organique) et dans les OLED en remplacement des couches ITO (qui contiennent des métaux stratégiques rares). En dépit de ce potentiel énorme, l'usage du graphène est freiné par la filière industrielle de production qui jusqu'à présent a des difficultés à produire ce graphène avec la qualité optimisée nécessaire pour bénéficier pleinement de ses propriétés, et à un coût acceptable. C'est là qu'entre en jeu Graphos. Le développement original de l'équipe Graphos, menée par Eric Sandana, est une nouvelle méthode de dépôt qui présentent trois atouts majeurs. D'une part, contrairement aux techniques CVD actuelles, elle s'affranchit du cuivre comme substrat de dépôt, en s'appliquant sur n'importe quel support. On peut donc produire le graphène directement sur le support souhaité pour l'application visée sans avoir à passer par une étape de dépôt sur cuivre, puis une séparation de la couche pour faire un deuxième dépôt sur le substrat final. Et deuxième point de différenciation de Graphos : ce dépôt peut se

faire en ligne sur la chaîne de production, donc dans des conditions d'intégration industrielle permettant de réduire fortement les coûts de production (environ 30% de moins). Enfin, et ce n'est pas la moindre des améliorations, la géométrie hexagonale du graphène ainsi déposé est très homogène (ce qui n'est pas le cas en CVD), lui conférant ses propriétés maximales, telles qu'elles sont constatées en laboratoire. Ces trois atouts différentiels ouvrent donc potentiellement des marchés de forte croissance pour Graphos dont la vocation sera de vendre la technologie à implanter sur les lignes industrielles. D'ici là, l'équipe est déjà en mesure de proposer des dépôts de graphène à façon sur les supports choisis par ses clients, qu'ils soient des laboratoires pour des projets de R&D ou des industriels (notamment dans les batteries et l'électronique flexible ou les OLED) pour des productions de pré-séries. Graphos doit à l'occasion de sa création lever environ 500 k€ pour le lancement commercial de l'activité et notamment l'achat des machines nécessaires pour la production du graphène à façon (aujourd'hui produit dans un laboratoire partenaire).

 **Graphos** > info@graphos-tech.com

Développement industriel

Biométhane : Arol Energy cible les petites méthanisations

Arol Energy, la start-up savoyarde qui s'est positionnée sur la purification des biogaz en vue de leur valorisation (cf. articles dans GNT n°119 et 124) s'apprête à passer réellement en phase commerciale à partir de mai avec sa gamme AE-Membrane qui cible le marché de la méthanisation agricole. La jeune entreprise a conçu un module très compact qui permet d'assurer l'épuration par voie membranaire du biogaz en biométhane ayant un

taux de pureté de 97% (extraction du CO₂) à toute petite échelle. Arol Energy a en effet encore abaissé le seuil d'application de son procédé par rapport à ce qui était annoncé en fin d'année dernière, en adressant avec ce module AE-Compact des sites de méthanisation dont le débit oscille entre 50 Nm³/h et 150 Nm³/h (soit 30 à 90 Nm³/h de biométhane). Il s'agit d'une offre nouvelle sur ce créneau de marché des très petits débits de

biogaz qui apporte une alternative à la cogénération quand celle-ci n'est pas optimale. Le biométhane pourra être injecté au réseau basse pression de GrDF ou être comprimé pour être utilisé sous forme carburant : une unité AE-Compact pourra ainsi typiquement alimenter au minimum l'équivalent de 10 bus urbains à l'année (ou 30 véhicules légers).

 > contact@arol-energy.com

Partenariats

- Un accord **partenariat** de trois ans signé en fin d'année entre **Cofely** (GDF Suez) et **Smart Impulse** vient d'être rendu public. Cette start-up créée en 2011 développe et commercialise des techniques innovantes de mesure des consommations électriques par **reconnaissance de la signature électrique des appareils** consommateurs, donc sans besoin d'installation de multiples capteurs (voir article détaillé dans GNT n°69). Depuis la signature de cet accord, fin 2013, Cofely a déployé la solution Smart Impulse dans une trentaine de bâtiments, déploiement qui doit se poursuivre désormais au niveau

international dans les pays où Cofely travaille.

 > www.smart-impulse.com

- **L'IFP Energies nouvelles** vient de signer un **partenariat stratégique avec la start-up Enogia** qui développe une gamme de micro-turbines mettant en œuvre le cycle organique de Rankine (ORC) pour valoriser la chaleur en électricité. Enogia dispose d'un savoir-faire spécifique qui lui permet d'adresser un **marché très ciblé des petites puissances** (à partir de 5 kW et jusqu'à 100 kW) et donc de se positionner comme un élément de dopage des rendements

de petits groupes électrogènes et de cogénération, par exemple en exploitation agricole en sortie de valorisation du biogaz de méthanisation. Le partenariat avec l'IFP EN a une **double ambition** : d'une part, **élargir la gamme de puissance** des turbines Enogia et d'autre part **adresser le marché des transports**. L'IFP EN et Enogia sont d'ailleurs déjà partenaires du projet ANR Trenergy depuis janvier 2013 impliquant également Alstom Transport. Sont principalement visés les marchés des motorisations fluviales, navales et ferroviaires, avant par la suite de cibler les poids lourds et autocars.



Air / Analyse

Des cellules respiratoires utilisées pour un test *in vitro* de la toxicité des matériaux

A l'occasion du colloque scientifique Ecobat, la société de biotechnologie suisse Epithelix spécialisée dans l'ingénierie tissulaire, a présenté les résultats d'une étude qu'elle a menée en collaboration avec le Codem Picardie visant à valider une méthode d'analyse des risques respiratoires engendrés par certains matériaux de construction lors de leur mise en œuvre. Epithelix détient un savoir-faire spécifique qui lui permet de recréer à partir de cellules humaines prélevées post-opération un tissu en 3D de cellules respiratoires supérieures (celles qui ont un rôle épuratoire avant que l'air n'atteigne les alvéoles respiratoires). Le produit baptisé Mucilair permet donc de suivre les effets toxiques d'émissions aériennes à l'échelle d'un organe et non plus d'une cellule seule, et donc de tirer des conclusions représentatives pour l'homme. Utilisé dans de nombreux protocoles d'études de toxicité, en alternative aux tests sur animaux, le Mucilair n'avait jamais été mis en œuvre pour étudier des émissions pulvérolentes de matériaux de construction. L'étude avait donc pour vocation de valider le pouvoir discriminant du test pour ce type de composés et matériaux. Cinq matériaux de référence ont été étudiés à l'aveugle : 3 panneaux souples ou semi-rigides susceptibles d'être découpés et donc d'émettre des poussières (fibres de bois, laine de verre et polyuréthane), et deux isolants en vrac (ouate de cellulose et paille oléagineuse) destinés à être insufflés et donc de générer aussi des poussières à la mise en place. Une stratégie d'exposition a été définie,

avec le tissu placé à l'interface air-liquide pour imiter le vivant, et quatre grands paramètres ont été suivis sur les cellules : l'intégrité du tissu, la cytotoxicité (mort cellulaire), les effets sur les cils (petits poils qui servent avec le mucus à piéger puis évacuer les polluants) et l'inflammation potentielle des tissus. Les effets ont été regardés à deux jours et sept jours, l'objectif étant ici de tester la toxicité potentielle des matériaux à la mise en œuvre (et non sur leur durée de vie complète). Point primordial des résultats obtenus, Epithelix a obtenu des informations de réactions (par exemple de vitesse de circulation des particules) quasiment équivalentes à celles qu'on observe *in vivo* par bronchoscopie, permettant de démontrer la représentativité des tests *in vitro*. Par ailleurs, les données obtenues sur les différents paramètres suivis avec différentes doses d'émissions de particules montrent que deux paramètres semblent particulièrement pertinents pour une discrimination entre les matériaux : la clairance mucociliaire (la vitesse de circulation des particules évacuées par les cils) et l'inflammation. L'étude a aussi mis en exergue l'intérêt de pouvoir tester des produits finis mais aussi leurs composés séparément, pour comprendre le rôle de chacun dans l'effet observé. Epithelix a ainsi étudié la paille de colza traitée à la chaux, très inflammatoire, et les deux composés séparément. Il s'est ainsi avéré, contrairement aux a priori, que le caractère inflammatoire provenait essentiellement de la paille et non de son traitement. Cette capacité à tester séparément des com-

posés peut s'avérer un atout précieux pour les fabricants de matériaux qui souhaitent tester de nouvelles formulations ou traitement avant mise sur le marché, par des tests beaucoup plus légers que des tests sur animaux. On notera que si le risque inflammatoire existe du fait des poussières pour tous les produits étudiés (naturels ou non – ce qui impose des EPI pour les utilisateurs), les tests ont aussi montré qu'il n'y avait pas de mort cellulaire. Avec cette étude, Epithelix a donc montré que les stratégies *in vitro* étaient utilisables pour étudier et classer les risques d'usage des matériaux de construction à leur mise en œuvre, ce qui devrait être utile aux fabricants pour qualifier leurs produits et rappeler les consignes de sécurité en manipulation, ou éviter la mise sur le marché de nouvelles formulations pouvant augmenter ces risques d'inflammation ou engendrer d'autres risques plus graves. Samuel Constant, co-fondateur de l'entreprise, a aussi rappelé que ces tests avaient été réalisés sur des expositions de court terme (bien que le Mucilair ait la capacité à être utilisé sur du long terme, pour des expositions chroniques, jusqu'à un an) et ne présageaient donc en rien du comportement du matériau en place. Il a également souligné qu'il faudrait aussi disposer à terme d'autres modèles tissulaires correspondant à la zone alvéolaire du système respiratoire pour compléter les études de risques.

📞 Epithelix > 00 41 22 794 65 15
✉ samuel.constant@epithelix.com

Matériaux

Isolants biosourcés : l'apport thermique et mécanique des tiges de tournesol

Le projet ANR Demether qui se finira en janvier prochain a déjà abouti à des résultats très concrets en matière de formulation d'un nouveau type d'isolants biosourcés pour la rénovation énergétique des bâtiments qui a été présenté lors du récent colloque Eco-technologies de l'Agence nationale de la recherche à Paris. Deux points distinguent notamment ce projet piloté par un laboratoire Irstea : le premier est d'utiliser comme sous-produit agricole structurant des tiges de tournesol, le deuxième étant la mise au point d'un liant biosourcé. Le recours à la tige de tournesol est particulièrement intéressant car ce sous-produit agricole est constitué à la fois d'une écorce qui apporte de très

bonnes propriétés mécaniques et d'une moelle duveteuse qui confère au matériau final des propriétés isolantes plus grandes. Assemblées avec un liant à base de polysaccharide, les tiges broyées, compressées et liées par le polysaccharide forment un panneau solide dont la tenue mécanique est élevée, permettant donc de concevoir des panneaux de relativement grande taille qui restent très légers, avec une conductivité de 0,065 W/m.K. Point très intéressant, la résistance mécanique des panneaux autorise une certaine pression dans leur mise en place les uns contre les autres, afin d'éviter tout pont thermique à l'interface des panneaux, ce qui est traditionnellement une difficulté dans les

panneaux de fibres aux contours irréguliers. Actuellement, le matériau a été finalisé et testé au laboratoire pour valider ses propriétés techniques. Il est en cours de mise en place pour la fin du projet dans des pièces réelles pour des tests en situation réelle (production de panneaux au laboratoire de 1,2 m x 60 cm). A noter que la méthodologie générale développée pour la mise au point de ce matériau pourrait s'appliquer à d'autres composés et à d'autres marchés applicatifs finaux. Des réflexions sont en cours à ce sujet au laboratoire Irstea.

📞 Irstea Clermont, LISC, Jean-Denis Mathias
> jean-denis.mathias@irstea.fr

Matériaux / Énergie

Des pigments thermochromes aux applications environnementales variées

Peut-on imaginer un revêtement de façade qui selon la saison pourrait varier en teinte, afin d'avoir en période chaude une couleur claire qui n'absorbe pas trop la chaleur et en hiver, un comportement au contraire d'absorption de cette chaleur grâce à un revêtement plus foncé ? Ce concept est possible grâce à des pigments dits thermochromes qui changent de couleur en fonction d'un seuil de température. Mais jusqu'à présent, les compositions de ces pigments n'étaient pas satisfaisantes pour répondre au marché, quelles que soient les applications visées, bien au-delà des applications environnementales. Les pigments thermochromes déjà disponibles avaient en effet soit des problèmes de tenue aux UV et donc de durabilité (pigments organiques), soit des problèmes de toxicité intrinsèque avec l'utilisation de métaux (pigments inorganiques). La société Olikrom devrait réconcilier tout le monde en palliant ces deux problèmes majeurs, et en ouvrant ainsi la voie de multiples applications industrielles pour les pigments thermochromes, notamment avec un impact favorable sur l'environnement. L'entreprise qui devrait être créée cet été mais qui est déjà pré-structurée sous la forme d'une cellule de transfert à l'Adera (association de transfert technologique des universités de Bordeaux) exploite en effet

une série de brevets du CNRS concernant une gamme de pigments organo-métalliques non toxiques dont Olikrom peut maîtriser notamment le seuil de changement de couleur et le caractère réversible ou non, selon les applications visées. Jean-François Létard qui porte le projet pré-industriel depuis 2009 travaille déjà au stade de la R&D et de la production de petites quantités de pigments avec de nombreux secteurs d'applications, allant des peintures et encres, aux aérosols filmogènes en passant par l'énergie solaire. Les usages finaux de ces pigments sont très variés et Jean-François Létard ne néglige aucun marché, et notamment pas celui de l'environnement et de l'énergie. Outre les applications en revêtement de bâtiment (avec un double effet des pigments en terme colorimétrique et de matériau à changement de phase pour la régulation thermique), Olikrom travaille par exemple sur des applications de réutilisation de papier imprimé. En effet, si l'encre d'impression contient des pigments thermochromes, on pourrait envisager un dispositif chauffant la feuille usagée en entrée de l'imprimante pour faire disparaître définitivement l'impression précédente (disparition complète et non réversible qui est l'une des propriétés des pigments Olikrom) avant une nouvelle impression (projet papier étudié

avec l'INP-Grenoble dans le cadre d'un projet ANR). Autre exemple, l'amélioration des cellules solaires. Une structuration des couches d'encapsulation avec des pigments pourraient faciliter la pénétration de la lumière dans le matériau vers la cellule active et donc augmenter le rendement de production électrique. Cette voie est explorée par Olikrom dans le cadre du projet Isocel, porté par Arkema (programme des investissements d'avenir).

Actuellement, Olikrom est en capacité de produire quelques kilogrammes par semaine et devrait d'ici la fin du mois atteindre une capacité de 25 kg/sem, soit une tonne dans l'année. De quoi répondre à la demande de formulation de matériaux (minéraux et plastiques) et autres encres et vernis à hauteur de plus de 100 tonnes (10% de pigments dans les formulations), et donc préparer activement un déploiement plus massif du marché dans les prochaines années jusqu'à créer un site de production industriel de grande échelle en 2019. Des perspectives qui expliquent sans doute le « coup de cœur » du jury obtenu dans la catégorie création dans le cadre des trophées Innovact (prix soutenu par Kpmg).

 **Olikrom** > letard@olikrom.com

Déchets

L'extrusion réactive sur des déchets textiles ?

Valagro a fait lors du forum du PEXE à Paris il y a quelques jours un point sur son procédé d'extrusion réactive, mis en œuvre jusqu'à présent dans le but de pré-traiter les matières lignocellulosiques traditionnelles (pailles ou bois) avant l'hydrolyse enzymatique de la cellulose en glucose pour les filières de bio-éthanol (voir l'article sur l'unité pilote d'Eco-Ethanol à Melle dans GNT n°116). Frédéric Bataille, le directeur général de Valagro, a expliqué que si pour l'instant seules des discussions au Japon étaient avancées pour le transfert industriel de cette technologie complète (pré-trai-

tement, hydrolyse enzymatique et recyclage des enzymes), la phase de pré-traitement thermo-mécanique par extrusion réactive issue de la plasturgie pouvait être profitable à d'autres filières de déchets. En particulier, des essais ont été menés avec succès sur des bois créosotés (traverses de chemin de fer) dont Valagro a pu ainsi extraire la créosote (la rendant recyclable en plus de la valorisation de la cellulose et des autres composés du bois). Autre exemple prometteur, celui des textiles usagés contenant coton ou laine : soit pour valoriser des textiles souillés (vêtements

professionnels, tissus d'essuyage), soit pour séparer les différentes fibres cellulosiques et synthétiques sur des pièces mélangées. Dans ce dernier cas, on pourrait ainsi envisager non seulement la valorisation de la cellulose (par exemple comme source de sucre de 2ème génération), mais aussi la re-granulation des fibres polyester. Valagro a d'ailleurs obtenu sur ce sujet du recyclage des textiles mélangés un soutien de l'organisme Eco TLC pour monter un pilote.

 **Valagro** > 05 49 45 40 28

À suivre... Matériaux

• **Solvay** vient d'annoncer la disponibilité d'une nouvelle **mousse de polysulfone, l'Idel**, dont la teneur en halogène est particulièrement basse et qui affiche un très faible dégagement de fumées à la combustion. Ce nouveau matériau est destiné aux **applications de fils et câbles** et offre, en plus de ses atouts environnementaux, un avantage

de coût substantiel par apport aux résines d'éthylène propylène perfluoré.

• **Arkema** a obtenu le prix de l'environnement de la SPE (society of plastics engineers) aux Etats-Unis pour sa **gamme de modifiants Biostrength**, des agents qui permettent **d'améliorer les propriétés du PLA**

(acide polylactique). Les agents Biostrength agissent d'une part sur la résistance aux chocs (pour les applications dans l'emballage, mais aussi l'automobile, l'électroménager ou les ordinateurs) mais aussi pour d'autres sur la résistance à l'état fondu, ouvrant l'utilisation du PLA dans des industries de thermoformage et soufflage.

Prospective

Les plantes nanobioniques : une voie ouverte au MIT

Combiner nanotechnologies et végétal, c'est l'idée originale développée par le professeur Michael Strano du MIT qui a publié dans Nature Materials un article montrant que la capacité d'absorption du rayonnement solaire par les plantes peut être augmentée de 30% en incorporant des nanotubes de carbone dans les chloroplastes, centre névralgique de la photosynthèse. Cette idée est venue du fait que le Pr Strano cherchait un moyen de développer des cellules solaires capables de s'auto-réparer à l'instar des cellules des plantes. Travaillant parallèlement sur les nanotubes de carbone, qui sont capables de capter des longueurs d'ondes de la lumière non absorbées par la plantes, le chercheur a eu alors l'idée de cette combinaison des propriétés des plantes et des nanotubes. Le premier verrou pour l'étude de ces associations a été l'étude ex vivo des chloroplastes qui perdent rapidement leur capacité de s'auto-réparer et de photo-

synthèse. Pour l'étude et la manipulation des chloroplastes, il a donc fallu mettre au point une technique d'injection dans les chloroplastes de nanoparticules d'oxydes de cérium (enrobées d'acide polyacrylique) capables de piéger les radicaux libres dérivés d'oxygène et ainsi de retarder la destruction des chloroplastes. Si parallèlement, on injecte des nanoparticules de carbone enrobées d'ADN, on peut mesurer que l'activité photosynthétique est supérieure de 49% par rapport à des chloroplastes sans inclusion de nanotubes de carbone. Cette opération a été reconduite mais sur une plante vivante, l'arabette des dames (plante modèle), sur laquelle les chercheurs ont utilisé une technique de diffusion vasculaire pour introduire les nanoparticules sous les feuilles (via les stomates). La migration vers les chloroplastes a alors engendré une augmentation du flux d'électrons de 30%. Ce savoir-faire en nanobionique, pourrait cepen-

dant surtout trouver des applications dans le domaine des biocapteurs avec ces mêmes plantes. Il existe en effet des nanomatériaux, développés au MIT, pour détecter des substances dangereuses telles que le TNT ou le gaz sarin. Ces particules modifient leur fluorescence quand la molécule recherchée se lie à un polymère enrobant le nanotube. La combinaison de ces nanotubes dans les plantes pourrait ainsi permettre de disposer de capteur très réactifs et très sensibles, et donc très utiles pour la détection de risques, aussi bien en matière de polluants chimiques (y compris les pesticides) que d'attaques fongiques ou bactériennes pathogènes. Ces travaux dans un champ de recherche totalement nouveau ne sont cependant que des pistes qui demanderont aussi un travail sociétal, éthique et d'analyse des risques (dissémination de nanoparticules dans la nature) pour déterminer le champ du possible pour la nanobionique.

Brevets

Déchets

Ensemble de conteneur destiné à contenir des déchets à collecter au moyen d'un véhicule de collecte

n° 2994957 - Biloba Environnement rep. par cabinet Germain et Maureau 7 mars 2014

Conteneur de déchets

n° 2994958 - Plastic Omnium rep. par cabinet LLR - 7 mars 2014

Dispositif pour améliorer le tri des matériaux et déchets par un opérateur

n° 2995229 - Manufacture à Besançon 14 mars 2014

Procédé de recyclage d'écrans plats à cristaux liquides

n° 2995230 - ENVIE 2E rep. par Matkowska & ass. - 14 mars 2014

Procédé de traitement mécanique et biologique pour décomposer et réduire les matières organiques

n° 2995299 - Michel Tombeur 14 mars 2014

Énergie

Dispositif autonome de cuisson thermorégulé utilisant l'énergie solaire

n° 2995070 - Martine Augizeau 7 mars 2014

Appareil d'assistance au relevage de panneaux solaires

n° 2995071 - Hervé Riveslange 7 mars 2014

Le système cible le relevage de panneaux solaires placés sur le toit d'un habitacle

de véhicule de type camping car, et s'installe sans modification du véhicule.

Générateur électrochimique pour engin naval

n° 2995144 - DCNS rep. par cabinet Lavoix - 7 mars 2014

Procédé de fabrication d'une pile à combustible incluant un assemblage électrode/membrane

n° 2995145 - CEA rep. par Opilex 7 mars 2014

Pile à combustible limant le phénomène de corrosion

n° 2995146 - CEA rep. par Opilex 7 mars 2014

Garnissage structuré haute performance pour colonne de mise en contact de fluides

n° 2995223 & 224 - IFP Energies nouvelles - 14 mars 2014

Ce garnissage est composé d'un empilement de plaques comportant des ondulations formant une succession d'arêtes positives et négatives, chaque arête comportant des ailettes. Application aux échanges entre gaz et liquides.

Procédé de gestion d'ensembles de stockage d'énergie électrique pour l'alimentation électrique d'un véhicule à moteur électrique

n° 2995263 - Batscap rep. par Remimbeau - 14 mars 2014

Procédé d'apprentissage d'économie d'énergie pour la conduite d'un véhicule électrique ou hybride

n° 2995275 - Peugeot Citroën Automobiles - 14 mars 2014

Matériau d'électrode positive pour accumulateur lithium-ion

n° 2995298 - Saft et Umicore rep. par Hirsch & Partners - 14 mars 2014

Produits contenant des matériaux à changement de phase microencapsulés

n° 2995315 - MCI Technologies rep. par cabinet Le Guen et Maillet 14 mars 2014

voir aussi notre article sur le produit Enerciel mis en oeuvre par Winco Technologies (maison mère de MCI Technologies) dans GNT n°114

Chimie verte / Technologies propres

Procédé alternatif de micro-encapsulation de principe actif

n° 2995222 - Creathes rep. par cabinet Pontet Allano & ass. 14 mars 2014

Ce procédé répond aux exigences grandissantes des secteurs utilisateurs de la micro-encapsulation, notamment pour maîtriser la libération des principes actifs, de disposer d'une procédure d'encapsulation sans réactifs chimiques, avec des matières issues du végétal et biocompatibles.

Procédé de production de kérosène à partir de butanols

n° 2995306 - IFP Energies nouvelles 14 mars 2014

Ce procédé concerne la transformation du

butanol et plus précisément du biobutanol en base carburant et a trait plus particulier à un procédé catalytique flexible qui permet cette transformation du bio-butanol en distillats moyens.

Procédé de préparation d'une dispersion aqueuse stable de polyamide-imide exemple de substance cancérigène, mutagène ou reprotoxique et applications à revêtements

n° 2995312 - Vallourec Mannesmann oil & Gas France rep. par cabinet Netter - 14 mars 2014

Préparation multi-enzymatique contenant le secrétome d'une souche d'aspergillus japonicus

n° 2995319 - INRA et IFP Energies nouvelles rep. par cabinet Orès 14 mars 2014

Le présent brevet porte sur une préparation multi-enzymatique contenant le secrétome (ensemble des enzymes sécrétées par le champignon) d'aspergillus japonicus, afin de rendre plus efficace la phase d'hydrolyse enzymatique (saccharification) de la cellulose issue des substrats ligno-cellulosiques, en combinant la diversité des enzymes de ce champignon avec la grande quantité d'enzymes (moins diversifiées) produites par le Trichoderma reesei, couramment employé pour ces opérations d'hydrolyse.

Divers

Cercueil en matière cellulosique, notamment en carton ondulé

n° 2994835 & 836 - Smith Packaging France rep. par Gevers France 7 mars 2014

Récompenses

Quatre projets ambitieux mis en exergue par l'ANR

La journée Ecotechnologies de l'Agence nationale de la recherche qui avait pour vocation d'établir un bilan des neuf ans de l'agence dans le secteur environnemental à travers les programmes Précodd et Ecotech, a décerné quelques prix de l'innovation à des projets aujourd'hui finis.

A ainsi été récompensé dans la catégorie métrologie, le projet LOAC qui a permis la mise au point d'un dispositif optique innovant permettant de comptabiliser mais aussi caractériser (en taille et pour partie en typologie) les particules dans l'air (projet mené avec Environnement SA). Pour l'instant commercialisé avec succès pour le suivi de l'air extérieur en temps réel (très utile pour les épisodes de pollution par les particules), le dispositif vise aussi le marché de l'air intérieur. En particulier, une demande s'exprime auprès d'Environnement SA pour le suivi de l'aéro-contamination en milieu hospitalier, même si aucune application n'a encore été développée. A noter également qu'un accord a été passé avec le fabricant de drones Fly-n-Sense pour intégrer les nouveaux capteurs optiques dans ces supports mobiles volants et augmenter ainsi les capacités de cartographie de la pollution particulière en extérieur.

La session portant sur les technologies de traitement a valorisé pour sa part le projet Photox de textiles de fibres optiques polymères photocatalytiques et microstructurées, porté notamment par Brochier Technologies avec l'IRCE Lyon. Le projet de conception du textile de fibres optiques recouvertes d'un dépôt photocatalytique et apportant les UV au cœur du réacteur grâce aux fibres optiques est arrivé à un niveau de maturité industrielle pour la production du substrat, le produit ayant été validé en terme d'efficacité sur les COV (notamment formaldéhyde et toluène). Mieux grâce à l'usage de LED comme source d'énergie, on divise par 100 la consommation énergétique du photocatalyseur, ce qui se traduit, grâce à l'efficacité augmentée de l'abattement (avec la source UV intégrée dans le réacteur), par une efficacité multipliée par 300. Reste maintenant à trouver les industriels souhaitant mettre en œuvre ce nouveau support photocatalytique, Brochier ayant vocation seulement à le produire. C'est notamment l'objet du projet FUI en cours COV KO, tandis que les recherches se poursuivent, non seulement pour les applications air pour améliorer la stabilité du procédé (éviter la dégradation des fibres optiques par effet photocatalytique) et surtout dans le domaine de l'eau avec le projet Aquaphotex pour adapter la technologie à la problématique de l'abattement des micropolluants (adaptation de dépôt photocatalytique pour une meilleure tenue dans l'eau)

Enfin, la catégorie « technologies et services pour la valorisation matière » a distingué le projet Tricotex auquel participait notamment Plastic Omnium sur le recyclage des polymères issus des véhicules en fin de vie. Si une technique de séparation par broyage cryogénique a montré des possibilités de séparer ensuite par criblage les fractions PE et PP (et obtenir un PP à 95 % de pureté), les conditions économiques ont incité les équipes de l'Insa et de l'Ensam à chercher plutôt le moyen de compatibiliser les mélanges issus des filières de récupération. Ce travail

a permis de valider l'utilisation d'un copolymère (5 %) dans un mélange PP/PE (PE à 20 %) pour obtenir un matériau dont les propriétés sont proches des matières vierges utilisées dans la fabrication des pare-chocs automobiles. Actuellement, une unité de production a été montée de 700 t/an de ce polymère baptisé Greenlène et le faire évoluer pour que ses caractéristiques lui permettent d'être utilisé dans des filières actuelles de plasturgie. Le pare-choc arrière de la 208 est ainsi fabriqué avec ce produit. Aujourd'hui, Plastic Omnium a trois autres projets d'utilisation du Greenlène et de nouveaux travaux visent à optimiser les phases de tri des matériaux pour améliorer les rendements globaux de la filière. Par ailleurs, les efforts faits pour faciliter l'adhérence des peintures sur les matériaux recyclés ont amené à des progrès applicables à des matériaux vierges, ce qui ouvre de nouveaux travaux de R&D. Enfin, Plastic Omnium a en vue de s'attaquer à l'élaboration de pièces allégées plus fines en recyclé greenlène et veut bien évidemment élargir la source de plastiques à celles des déchets électriques et électroniques.

A noter un prix « coup de cœur » qui a été remis au projet Opportunité(E)4, encore en cours, qui a permis la mise au point d'une filière innovante de production de bio-catalyseurs polymétalliques à la structure chimique totalement inédite par phyto-extraction de métaux dans les sols dégradés. Ce projet qui a donné naissance à la start-up Stratoz avait d'ailleurs été primé par Green News Techno en décembre dernier sur Innov'Eco (cf. GNT n°119). L'entreprise Stratoz collabore notamment aujourd'hui avec Chimex pour mettre en œuvre ces nouveaux catalyseurs dans des réactions de chimie verte innovantes. A noter aussi qu'en terme d'exploitation de sites miniers dégradés pour la production des éco-catalyseurs, ce qui a été fait en Nouvelle-Calédonie est aujourd'hui en voie de transposition sur d'autres territoires avec d'autres espèces métalliques. C'est le cas en Crète, en Sardaigne et en Chine, mais aussi au Congo où un projet démarre pour exploiter les ressources de cuivre et de cobalt de terrains dégradés.

Les contacts projets :

- 📧 **Loac**, Thierry Tonnelier, Environnement SA,
> t.tonnelier@environnement-sa.com
- 📧 **Photex**, Laure Perruchon, Brochier Technologies,
> laure.perruchon@brochiertechnologies.com
- 📧 **Tricotex**, Frédéric Viot > fviot@plasticomnium.com
- 📧 **Opportunité (E)4** > claude.grison@cnr.fr

Abonnez-vous sur

www.green-news-techno.net

> Pour 1 destinataire : **489 € HT**

> Pour 4 destinataires* : **759 € HT**



Abonnement pour une année : **32 numéros**

Tarifs spéciaux collectivités, TPE, universités etc. : consultez le site

*4 destinataires d'une même entreprise

Co-Clickquot Éditions

Siège social et rédaction : 5, clos fleuri - 76 113 Sahurs, RCS Rouen 524709011

Rédactrice en chef :

Cécile Clicquot de Mentque, tél. : 02 35 32 65 39
cecile.clicquot@green-news-techno.net

Service commercial / abonnement :

Thierry Clicquot de Mentque,
tél. : 07 60 47 29 04
thierry.clicquot@green-news-techno.net

Directeur de la Publication :

Jean-François Capo Canellas

Maquette : fx Ponchel - www.fxponchel.fr

32 numéros par an, diffusé exclusivement par abonnement.

Abonnement 1 destinataire : 499,27 € TTC - Abonnement 4 destinataires : 774,94 € TTC - Commission paritaire : 0515W91832

ISSN : 2110-6800 - Dépôt légal à parution. © Green News Techno

Reproduction interdite pour tous pays sauf autorisation expresse de l'éditeur.

*Tarifs 2014 - TVA : 2,1 %

Imprimé en interne.