

ASIRPA

Analyse Socio-économique des Impacts de la
Recherche Publique Agricole

Détection, prévention et lutte contre les biofilms

Executive Summary

Décembre 2012

Révision le 23 Juillet 2014

Ariane Gaunand
Mireille Matt

Contexte:

Les biofilms bactériens sont un ensemble de micro-colonies bactériennes engluées dans leurs propres exo-polymères et adhérant à une surface. Certains biofilms sont favorables au développement de germes pathogènes ou d'altération, d'autres défavorables, c'est pourquoi on les classe en deux catégories : les biofilms positifs et les biofilms négatifs.

Les enjeux liés aux biofilms sont considérables. Les recherches appliquées sur les biofilms positifs sont relativement récentes et encore peu valorisées, à l'exception notable des applications pour l'épuration des eaux usées et la méthanisation. La technologie de méthanisation des effluents Provéo, développée au Laboratoire des Biotechnologies de l'Environnement (LBE-INRA Narbonne) et valorisée par la start-up Naskéo, repose sur l'utilisation de biofilms pour amorcer la réaction de méthanisation.

Les biofilms négatifs sont responsables de 40% des toxi-infections et de 60% des infections nosocomiales en France, et causent également des pertes de qualité et de productivité importantes dans les industries agroalimentaires notamment. Les recherches sur la détection et l'élimination des biofilms négatifs sont récentes et ce sont fortement développées dans les années 2000. La "thématique biofilms" est "à la mode" pour plusieurs raisons : ils ont récemment été scientifiquement identifiés comme la cause de contaminations, ils sont récurrents et mal maîtrisés en conditions industrielles, ils peuvent héberger des pathogènes et altèrent la qualité et la salubrité des produits. Par ailleurs la conscience sociétale et environnementale a évolué dans les années 2000 : la société est plus avertie sur les toxi-infections, recherche des produits alimentaires plus naturels et consommant moins d'eau (ce qui requiert la prévention des biofilms plutôt que leur destruction par traitements chimiques).

Les recherches françaises sur les biofilms sont menées par de nombreux acteurs académiques et demeurent très disséminées malgré l'existence du Réseau National Biofilms. A l'INRA, plus de 6 laboratoires issus de 3 départements différents (CEPIA, MICA et E&A) travaillent sur la "thématique biofilms".

L'INRA travaille sur quatre thèmes de recherche autour des biofilms, qui ont donné lieu à des innovations.

1) L'identification et la détection des biofilms :

- Le LISBP (Toulouse) étudie l'adhésion et la détection des biofilms négatifs et a développé la sonde FS étudiée dans ce rapport, avec la start-up Neosens.
- L'UR Microbiologie (Theix)- étudie la capacité des bactéries à former des biofilms et a développé le kit Biofilm Ring Test avec la start-up Biofilm Control.

2) La prévention de la formation des biofilms :

- Le PIHM (Lille) est spécialisé dans les encrassements agroalimentaires.
- Les unités BHM, Micalis et GENIAL (Massy) - travaillent aussi sur la bioprotection contre les biofilms négatifs en agroalimentaire. Des traitements de surface des équipements par biosurfactants, des plastiques à usage alimentaire traités antimicrobiens et des pulvérisations de biofilms inoffensifs compétiteurs des pathogènes y sont développés.

3) La lutte et l'élimination des biofilms formés :

- Le PIHM étudie les écoulements du nettoyage industriel et les procédés de détergence et a développé avec l'entreprise Realco le détergent enzymatique BIOREM, étudié dans ce rapport.
- Micalis a développé le traitement électrique de surface Glidarc avec l'université de Yaoundé,

4) La valorisation et l'exploitation des propriétés des biofilms positifs :

- Le LBE de Narbonne étudie l'exploitation des biofilms en méthanisation et dépollution. Le brevet Provéo valorisé par Naskéo, concerne l'amorçage de la méthanisation par des biofilms.
- Le LISBP (Toulouse) étudie les biofilms pour leurs fonctionnalités d'épuration.
- Le MSE (Dijon) explore le potentiel de bioindication des biofilms.

Les biofilms sont résistants aux désinfectants chimiques, antibiotiques et autres agents antimicrobiens. En vue de diminuer l'usage de produits inefficaces ou présentant des risques inacceptables pour l'homme, l'animal ou l'environnement, l'élimination des biofilms est réglementée au niveau européen (réglementation REACH 2007 et directive Biocides 1998). Le nombre de produits détergents chimiques et biocides autorisés pour le nettoyage industriel est continuellement restreint.

Le détergent enzymatique BIOREM

Inputs et situation productive :

Les solutions de nettoyage industriel classiques ne sont pas satisfaisantes, car elles ne permettent ni de prévenir ni d'éliminer les biofilms des canalisations agro-alimentaires notamment. Par ailleurs, les options de nettoyage et de désinfection classiques (soude, peroxy, chlore...) contribuent à l'apparition et à la propagation de résistances des micro-organismes à ces agents de nettoyage (par mutation ou sélection). Vers la fin des années 2000, une nouvelle génération de stratégies « vertes » de lutte contre les biofilms, les biosolutions, émerge : la détergence enzymatique, la biorégulation par interactions inter-espèces...

Le laboratoire Processus aux Interfaces et Hygiène des Matériaux (PIHM) de l'INRA de Lille étudie la problématique de nettoyage des biofilms depuis 2003. La PME belge Realco est créée en 1968 et spécialisée dans le nettoyage et l'épuration d'installations industrielles à base d'enzymes. Realco organise un colloque sur les biofilms en 2005 auquel intervient un chercheur du PIHM. Les deux parties décident alors de collaborer dans la recherche d'un détergent enzymatique pour prévenir et éliminer les biofilms dans le secteur des transformations agroalimentaires : le projet européen Eureka Netzym, financé par l'ANR et la région Wallonie, débute en 2006.

Une enzyme est une protéine qui catalyse une réaction donnée sur un substrat spécifique, c'est pourquoi il est difficile d'identifier une unique enzyme qui soit efficace sur une variété de biofilms bactériens, fréquemment composés eux-mêmes de souches bactériennes différentes (biofilms mixtes). Un détergent enzymatique efficace est donc nécessairement un cocktail d'enzymes différentes. Realco avait développé, avant la collaboration avec l'INRA, une base alcaline enzymatique détergente, BIOREM A qui fait partie intégrante du complexe enzymatique BIOREM

Le projet de recherche Eureka Netzym a été mené en collaboration par l'INRA, Realco et l'université Catholique de Louvain. L'objectif d'Eureka était la maîtrise du nettoyage enzymatique, en réponse à un problème sanitaire majeur et une demande du marché, dans le but de développer de nouveaux agents capables de détacher ou de fragiliser les biofilms agroalimentaires.

Outputs:

A l'issue du projet Eureka en 2009, le cocktail d'enzymes BIOREM est breveté par les 2 parties et Realco obtient une licence exclusive. BIOREM est utilisable en préventif et en curatif sur des biofilms indésirables dans les chaînes agro-alimentaires.

D'autres technologies enzymatiques ont été annoncées par des entreprises concurrentes de Realco mais ne seraient pas applicables à des systèmes fermés ou non adaptés au secteur agro-alimentaire.

L'article suivant a été co-écrit par Realco et le PIHM (INRA):

Lequette, Y. et al., 2010. Using enzymatic activities to remove biofilms of bacterial isolates sampled in food-industry. Biofouling : The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research, 26, pp.421–431.

Circulation des connaissances et intermédiaires:

L'activité de Realco a servi de levier de commercialisation de l'innovation BIOREM vers les utilisateurs finaux. Sa capacité de production et ses liens avec le fournisseur d'enzymes Novozyme ont été un vecteur incontournable de développement commercial de BIOREM. Par ailleurs, l'identification des industries agroalimentaires comme cible pertinente a facilité la diffusion de la technologie. En effet, contrairement à Realco, très peu d'industriels avaient identifié l'enjeu des détergents enzymatiques pour les applications agro-alimentaires. Enfin, le développement d'une offre complète de traitement des biofilms a contribué à l'adoption du BIOREM. L'entreprise Realco est le principal intermédiaire ayant garanti le succès du cocktail enzymatique.

Impacts 1:

Par rapport aux technologies alternatives (désinfection par la soude notamment), BIOREM est très efficace, moins dangereux d'utilisation, nécessite une consommation d'énergie moindre et les enzymes qui le composent sont biodégradables.

Impact économique :

Pour l'instant Realco ne valorise BIOREM que dans le secteur agro-alimentaire (des développements pour d'autres secteurs sont en cours). Le cocktail est disponible sur le marché depuis 2009-2010 et 20 clients l'utilisent en 2012.

BIOREM représente en 2012 près d'1 % du chiffre d'affaires de Realco mais permet à l'entreprise de compléter sa gamme de produits antibiofilms et de se différencier du marché.

Chez les utilisateurs finaux de BIOREM, les impacts économiques se traduisent à différents niveaux :

- une réduction des pertes de qualité des produits conduisant à une augmentation de la production (moins de lots jetés, moins d'interruptions de fabrication pour maintenance), et une réduction des retours commerciaux, des risques d'intoxication alimentaire et de perte d'image auprès des consommateurs.
- une réduction de 10% de la corrosion des équipements causée par des traitements agressifs notamment sur du matériel sensible, fragile et cher comme les membranes.

Impact environnemental chez les utilisateurs:

L'emploi de BIOREM en substitution à des détergents chimiques a des conséquences environnementales positives. En effet, comparativement aux alternatives, BIOREM permet :

- Une moindre consommation d'énergie grâce à un nettoyage à des températures plus faibles, moins de pertes de chaleur lors des transformations thermiques et moins de pertes de charge dans les canalisations.
- Une moindre pollution de l'environnement grâce à une réduction des rejets de détergents chimiques qui sont substitués par des rejets d'effluents contenant des enzymes biodégradables. BIOREM a reçu à ce titre le prix Responsible Care Award en 2000.

Impacts 2:

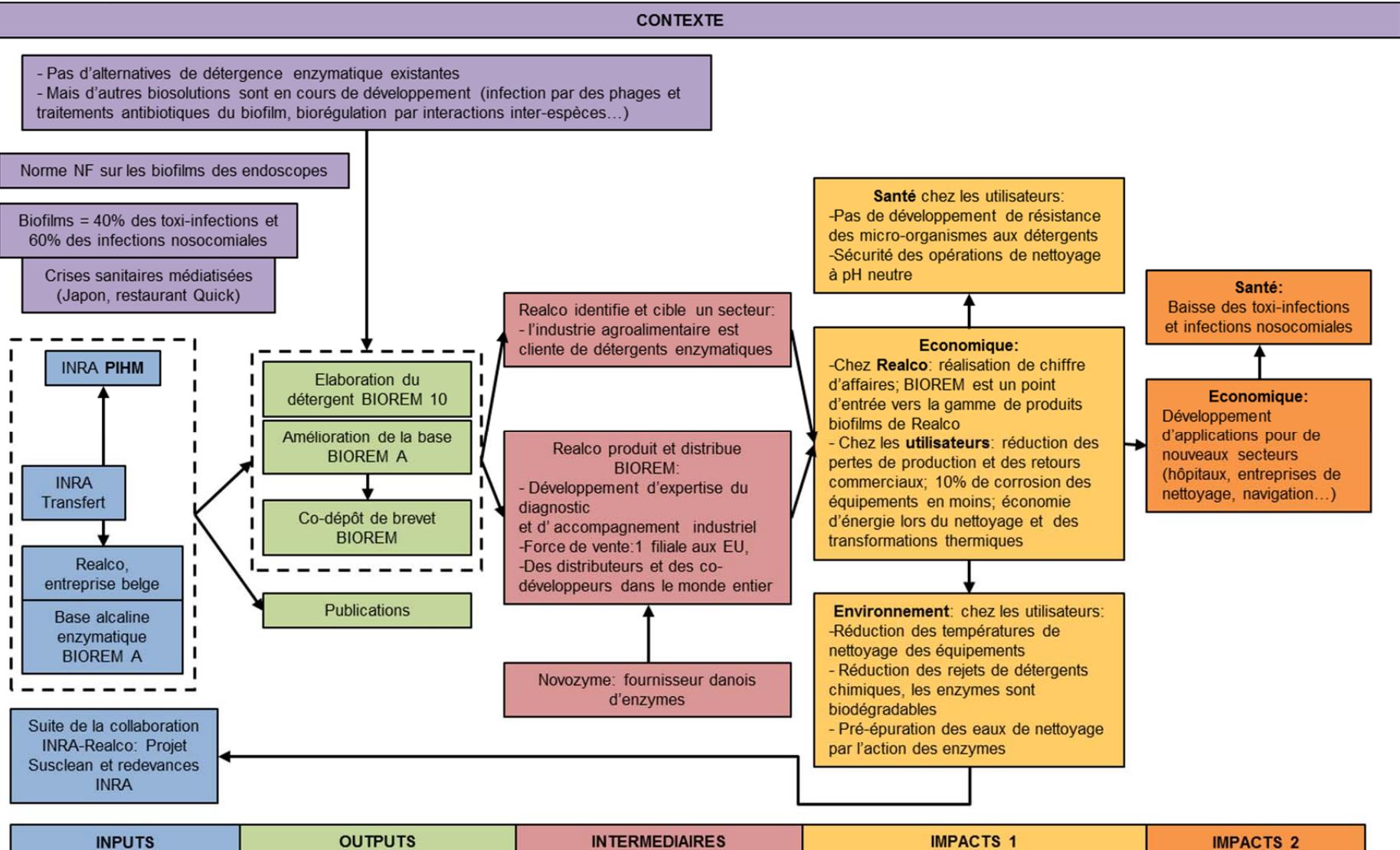
Realco est en passe de diversifier les applications de BIOREM pour des utilisations en milieu hospitalier ou sur les matériaux immergés (coques de bateau).

Impacts potentiels:

L'utilisation de BIOREM par les industriels agroalimentaires réduit les risques de contamination d'aliments par des biofilms potentiellement pathogènes: la prévalence de toxi-infections des consommateurs devrait donc être réduite également. Mais l'absence de données sur la nature des biofilms éliminés par les clients de BIOREM (biofilms pathogènes ou flore d'altération?) nous empêche de tirer de telles conclusions sur l'impact sanitaire de cette innovation.

BIOREM agit en dégradant les matières organiques et la matrice extra-cellulaire du biofilm plutôt qu'en détruisant les micro-organismes le constituant : en ce sens il ne favorise pas le développement de résistances des micro-organismes aux détergents, problème récurrent et préoccupant. Dans le futur, les détergents enzymatiques comme BIOREM pourraient devenir une option incontournable.

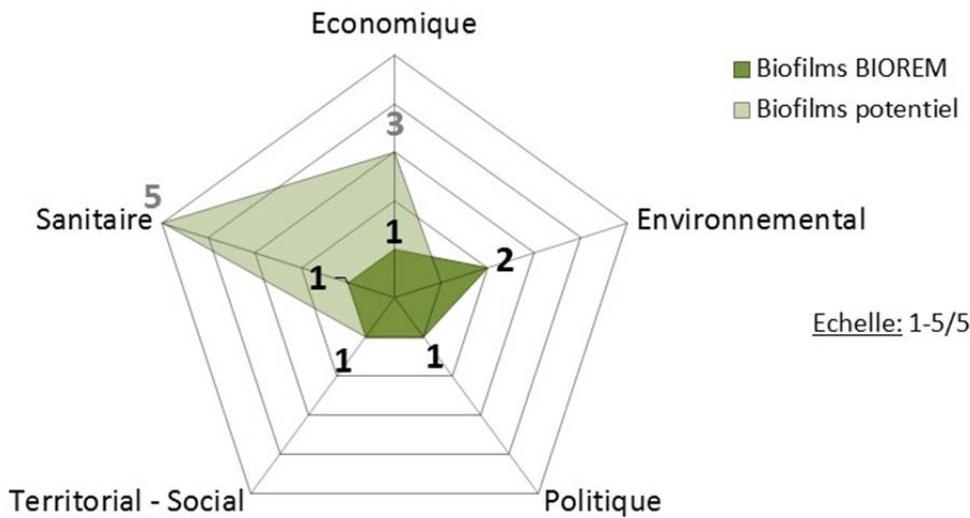
Impact Pathway



- INRA Transfert intervient très tôt dans le chemin d'impacts pour contractualiser la collaboration INRA-Realco dans laquelle Realco amène un intrant physique (la base alcaline BIOREM A)
- Realco diffuse efficacement l'innovation grâce à ses forces de ventes, son réseau de clients et agents existants. Realco développe aussi une prestation complète autour de son nouveau produit BIOREM, contribuant à faciliter son adoption.
- L'INRA Transfert, le département CEPIA, la responsable scientifique du PIHM comme Realco ont déployé assez peu d'outils de suivi, de financement, d'accompagnement du transfert (par rapport au transfert de la technologie de capteurs microsvstèmes vers la start-up Neosens notamment)

Vecteur d'impact

Biofilms BIOREM



Dimension d'impact	Importance	
Economique	1/5 Potentiellement 3/5	En 2011, le chiffre d'affaires réalisé par Realco sur BIOREM a été de 59 000€. L'impact économique est potentiellement important car BIOREM pourrait trouver des applications dans l'ensemble des secteurs de la santé, de l'agroalimentaire, de l'industrie navale...
Environnemental	2/5	Moindre consommation d'eau, d'énergie et de détergents grâce à une meilleure efficacité du nettoyage. Moindre pollution des effluents grâce à l'emploi d'enzymes biodégradables, la pré épuration des eaux usées par les enzymes et l'usage de détergents en moindre quantité.
Sanitaire	1/5 Potentiellement 5/5	Réduction potentielle de 40% de toxi-infections et 60% d'infections nosocomiales Pas de risques de développement de résistances des bactéries aux antibiotiques, détergents et biocides chimiques car le détergent enzymatique s'attaque à la matrice extracellulaire et pas aux micro-organismes

La Sonde FS

Inputs et situation productive :

L'encrassement industriel est un dépôt de matériaux ou de substances non désiré à la surface des équipements (échangeurs thermiques, réacteurs, conduites, etc.). La formation de biofilms est donc une des composantes de la thématique des encrassements industriels. Le phénomène d'encrassement des procédés se caractérise par des cinétiques et des intensités très variables, ce qui rend la systématisation du nettoyage d'autant plus difficile. En conséquence, les industriels appliquent des produits chimiques en quantité et en fréquence non optimales, ces paramètres étant définis par expérimentation : les équipements sont régulièrement sur-lavés. Les secteurs industriels concernés par des problèmes d'encrassement sont nombreux : les industries de traitement de l'eau, de transformation (agroalimentaire, papeteries, pétrochimie, environnement, etc.) et les biotechnologies.

Les recherches à l'origine de la « sonde FS » ont débuté à l'INRA de Lille (LGPTA) en 2001 et ont rapidement été transférées au LISBP de Toulouse avec le responsable scientifique. Elles visaient initialement la caractérisation des dépôts au sein des équipements agroalimentaires. Pour se faire il a fallu développer un outil capable de générer un dépôt in-situ puis de l'extraire pour en caractériser ex-situ les propriétés. Cet objectif initial ayant été atteint rapidement, un détournement du capteur a permis d'explorer d'autres potentialités, en particulier son aptitude à détecter et quantifier l'intensité d'un encrassement au cœur d'un procédé sans en perturber le fonctionnement.

Au cours du développement de l'innovation, le chercheur du LISBP a sollicité ponctuellement l'appui d'autres unités INRA (STLO et PIHM). Les capteurs ont été développés sur la plateforme de technologie alimentaire de l'INRA de Lille et la halle pilote en biotechnologie de l'INRA de Toulouse.

Outputs:

Le capteur Sonde FS (initialement baptisé BioMoSys) détecte et quantifie la formation ou l'élimination locale des encrassements quelle que soit leur nature. La sonde FS ne donne pas d'information qualitative sur la nature de l'encrassement. Ce capteur affleurant ou intrusif dans l'équipement industriel permet de suivre en ligne et en continu les phénomènes d'encrassement rencontrés dans tout procédé de traitement de fluide. Il a vocation à être utilisé en maintenance préventive ou curative afin d'optimiser les séquences de nettoyage et leurs fréquences. La sonde FS est le seul outil de mesure en ligne et in-situ des encrassements, transmettant des informations en temps réel sans arrêt de production.

La sonde FS en version macrosystème, opérationnelle en laboratoire, est brevetée par l'INRA en 2005. Différents intermédiaires ont contribué à la diffusion et à l'adoption de la sonde FS.

Par ailleurs, cinq publications scientifiques, 10 communications à des congrès et une cinquantaine de communiqués de presse ont accompagné cette innovation. Voici une sélection de ces communications parfois co-écrites par le LISBP et Neosens :

Fillaudeau L., "Investigation of fouling phenomena using hot wire method", Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering, Ed. Dennis R. Heldman, Marcel Dekker Inc., 270 Madison avenue, New York, NY 10016 (<http://www.dekker.com/serlet/product/productid/E-EAFE>), December 2005, 1-8.

Fillaudeau L., Cardenas R., Korolzuck J., Lejaye J., Cozic F., Debreyne P., "Application of hot wire method to monitor fouling phenomena in continuous food process", ICEF9 International Congress on Engineering and Food, Montpellier (France), 7-11 March 2004, pp. 195-200

Fillaudeau L., Debreyne P., Ronse G., Guerin R., Doubrovine N., Bonnet B., Desmarest J., Auret L., "Comparaison de trois méthodes pour la mesures en ligne de la formation et l'élimination d'un encrassement laitier en procédé continu", Ind. Alim. Agr.

L. Fillaudeau, P. Debreyne, G. Ronse, R. Guerin, N. Doubrovine, B. Bonnet, J. Desmaret, J. Crattelet, L. Auret, « Contrôle d'un encrassement laitier en procédé continu : comparaison de trois méthodes », IAA, pp 12-21 (janvier-février 2008)

L. Fillaudeau, J. Crattelet, L. Auret, « Fouling monitoring using differential thermal analyse under steady and periodic heat flux », *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, Ed. Taylor & Francis Group

J. Crattelet et al., « Micro-capteur pour la mesure en ligne et en continu de l'encrassement dans les procédés industriels et de traitement de l'eau », *Instrumentation, Mesure, Métrologie (I2M) (I2M, Volume 11, n°3-4/2011)*

Circulation des connaissances et intermédiaires :

INRA Transfert initie des actions de valorisation du brevet en 2005, organise le démarchage et la sélection d'industriels candidats à l'acquisition de la technologie. La start-up Neosens est identifiée car elle satisfait à plusieurs conditions de collaboration et critères industriels posés par l'INRA (forte capacité en R&D, capacité de commercialisation rapide de la sonde macro...)

Neosens, créée en 2001, est spécialisée dans les microsystèmes innovants. La start-up avait lancé deux programmes de R&D sur la détection électrique de l'encrassement mais choisi finalement de développer la voie thermique en signant une licence exclusive avec l'INRA sur le brevet et le savoir-faire de la sonde FS en 2007. La sonde microsysteme a été co-développée par Neosens, le LISBP et le LAAS (laboratoire du CNRS) : 4 brevets « fils » découlant du brevet initial sonde FS, ont été déposés par Neosens.

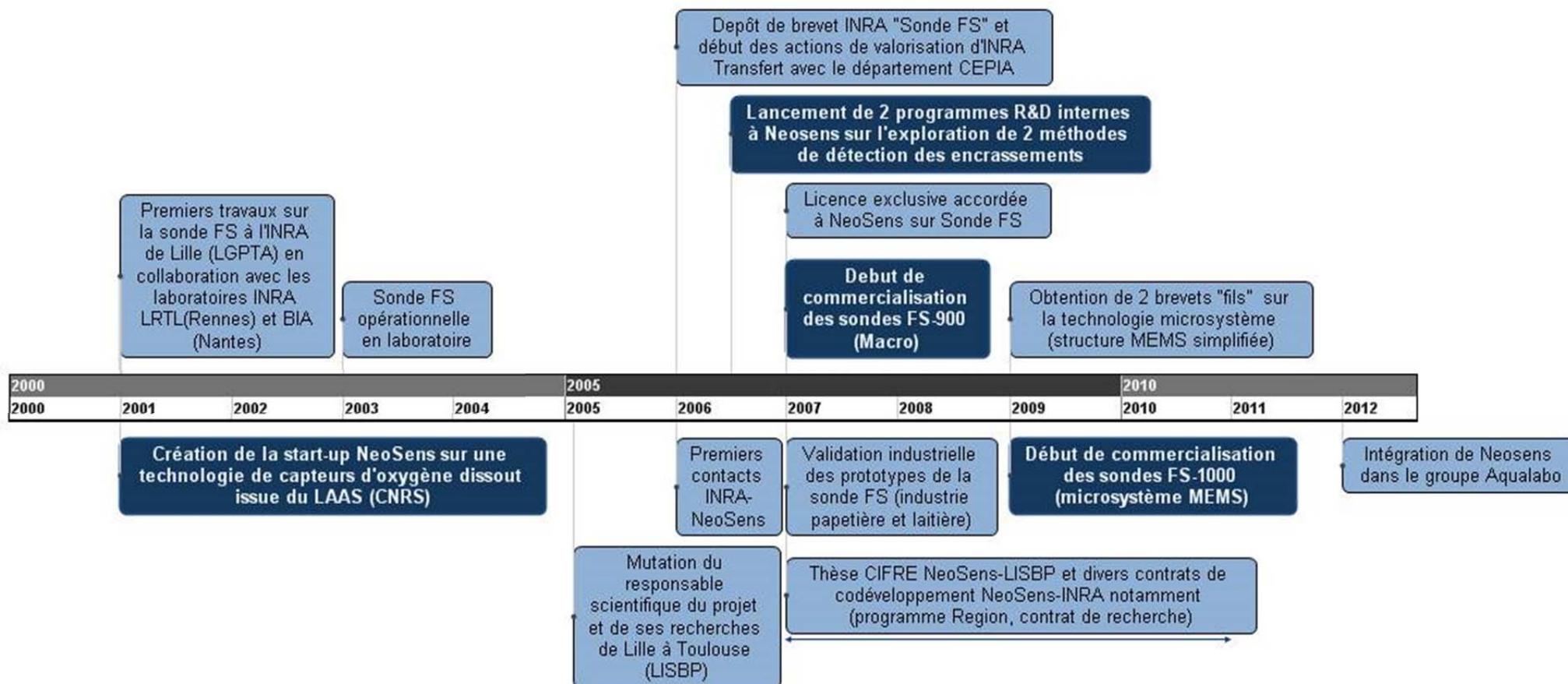
INRA-Transfert, le LISBP et Neosens mettent alors en œuvre deux actions synchrones:

- une action de recherche avec le financement d'une thèse CIFRE visant la miniaturisation de la sonde FS, offrant de meilleures performances, une utilisation et une maintenance simplifiées.
- une action de valorisation pour développer et porter sur le marché la version macro des capteurs livrée par l'INRA

Entre 2007 et 2012, Neosens signe avec l'INRA et d'autres partenaires une série de contrats visant le soutien du transfert technologique, le développement industriel du capteur macro breveté par l'INRA et sa miniaturisation en un capteur microsysteme. Ces contrats ont permis un travail de re-conception basé sur des tests de prototypes en conditions industrielles dès 2007, assurant ainsi la compatibilité avec les procédés industriels.

INRA Transfert et le département CEPIA ont joué un rôle très actif dans le transfert de technologie: aide à la maturation technologique par le financement ACPI (Actions de Confortation de la Propriété Intellectuelle) du département, marketing autour du brevet, sélection de l'industriel, revue annuelle de valorisation avec un comité de suivi, et récemment la gestion du transfert de la propriété intellectuelle au groupe Aqualabo auquel a été intégrée la start-up en août 2012.

Chronologie



Légende

Les événements dans lesquels l'INRA est directement impliqué

Les événements contextuels

- 2001 : premiers travaux sur la détection des encrassements (non spécifiques biofilms) à l'INRA= le nettoyage des biofilms est une thématique de recherche récente,
- 2006-2007 : courte période d'accompagnement du transfert. La sonde macro était déjà bien mature avant d'être transférée.
- 2001-2007 : court délai entre le début du projet et la première commercialisation

Impacts 1 :

La sonde FS permet aux utilisateurs industriels de garantir des produits finis sains et de meilleure qualité, mais aussi de réaliser des économies de temps, de matières premières, d'eau et d'énergie.

Cette innovation a des impacts principalement économiques et sanitaires.

Impact économique :

Neosens vise 3 segments applicatifs: le risque de légionelles dans les tours aéro-réfrigérées¹, le suivi en ligne du «slime» (biofilms dégradant la cellulose) dans les industries papetières, le contrôle et la quantification du dépôt et du nettoyage en place dans les industries agroalimentaires (encrassement minéral et organique mais pas de biofilms). Les enjeux de ces clients sont différents puisque les encrassements (notamment des biofilms) de leurs équipements affectent soit la productivité, soit la qualité, soit la salubrité du procédé. Les premières sondes FS-1000 ont été vendues en 2010.

- Chez Neosens :

Avant d'être intégré au groupe Aqualabo en 2012, Neosens réalise un chiffre d'affaires de 325 000€ et a créé 10 emplois notamment motivés par la miniaturisation de la sonde FS. Les capteurs FS représentent une très grande part de l'activité de Neosens. 50 industriels de l'eau, majoritairement étrangers utilisent la sonde FS pour des applications biofilms et 30 clients agroalimentaires français et européens (comme Candia) l'utilisent pour des applications d'encrassement autres que des biofilms. La revue annuelle INRA-Neosens de 2011 recense 200 sites d'utilisation d'un ou de plusieurs capteurs. Neosens a réalisé deux levées de fonds de 2,5M€ et 4M€.

- Chez les industriels :

La présence des encrassements dans les circuits industriels a des conséquences économiques en termes de qualité des produits finis, de rappels commerciaux et de productivité de la ligne. La sonde FS mesure l'encrassement et oriente ainsi les changements de pratiques à différentes étapes des procédés industriels:

- *les opérations de remédiation (le nettoyage)* : la sonde fournit des informations en temps réel sur l'emplacement, la nature et la taille de l'encrassement. L'opérateur peut localiser le nettoyage et le déclencher au moment adéquat. Le sur-lavage préventif, les risques d'encrassements et les arrêts de production automatiques pour nettoyage inutiles sont réduits. La sonde guide aussi le nettoyage. Le type de produit employé, sa quantité et la durée de l'opération peuvent être adaptés.

- *les procédés de fabrication ou de transformation* : la sonde permet d'analyser le dépôt en fonction des conditions opératoires du procédé industriel. Elles peuvent ainsi être modifiées pour minimiser les encrassements. Cet axe de changement de pratique est pour l'instant moins répandu chez les utilisateurs.

Les capteurs FS procurent aux industriels deux axes de bénéfices :

- *des économies sur les coûts directs* de nettoyage ou de fonctionnement de la ligne (10 000 à 30 000€/an/sonde installée sur une ligne de production).

- *des gains capacitaires* : l'optimisation du programme de nettoyage permet d'augmenter le temps de fonctionnement des lignes en limitant la maintenance. Pour une chaîne de stérilisation de lait, la sonde peut libérer 100 heures de production/an ; pour une usine avec une production horaire de 10 000 litres réalisant une marge de 0,75€/litre, le gain capacitaire s'élève à 100 000€/an/sonde installée.

Impacts 2 :

En Août 2012, Neosens aurait fait faillite si la start-up n'avait pas été rachetée par le groupe Aqualabo. Le groupe Aqualabo est une holding de 4 sociétés, spécialisé dans la fabrication d'instruments et capteurs

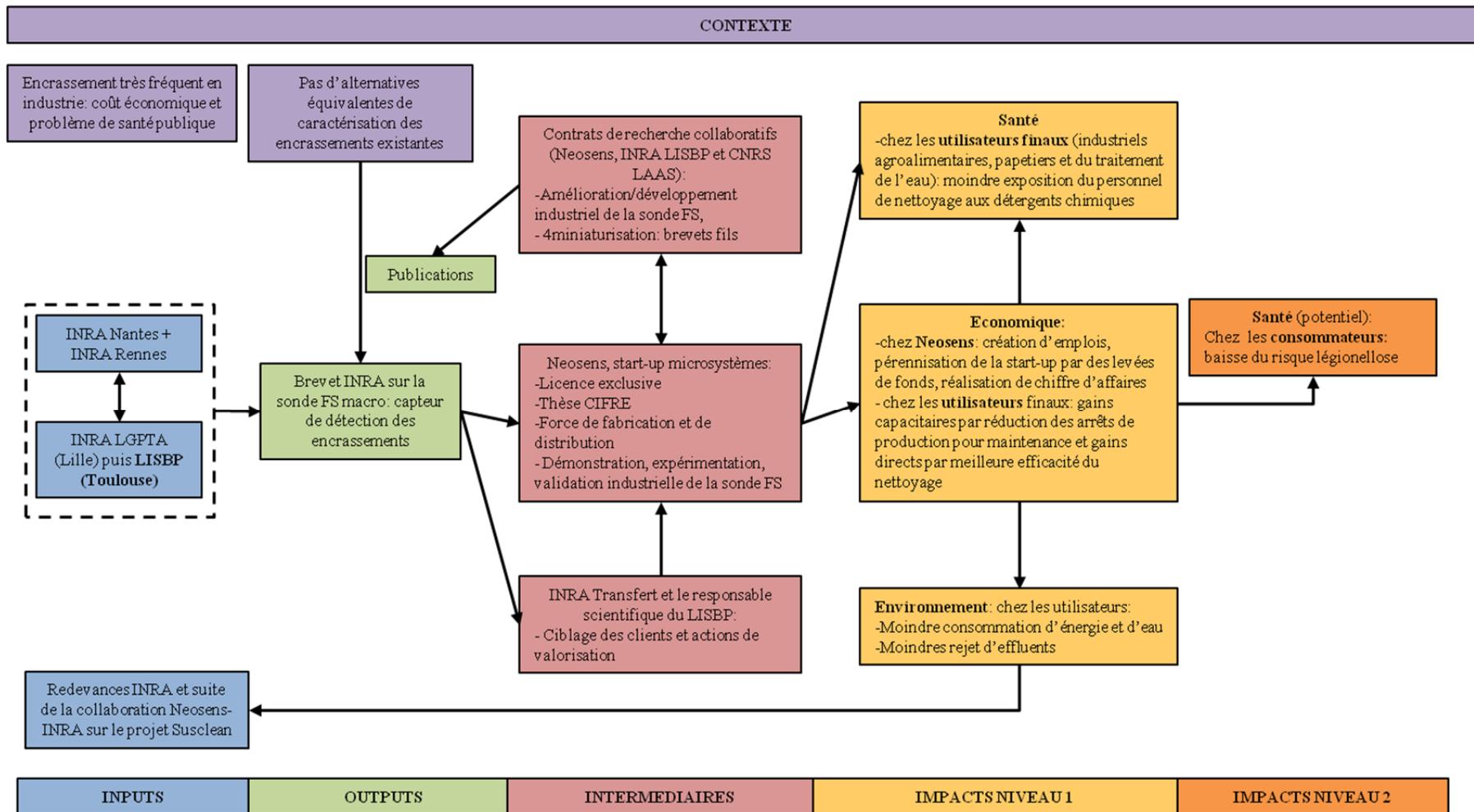
¹ la déstabilisation d'un biofilm non pathogène présent dans les tours aéro-réfrigérées trahit parfois la présence de pathogènes, éventuellement des légionelles.

pour la chaîne de l'eau. Il a renégocié la licence sur la sonde FS avec l'INRA et va reprendre le carnet d'adresses de Neosens. Aqualabo poursuit le développement des capteurs, en collaboration technique avec le responsable scientifique du LISBP. A terme, des capteurs à destination de tous les industriels touchés par les encrassements et en particulier les biofilms pourraient être développés.

Impact sanitaire potentiel :

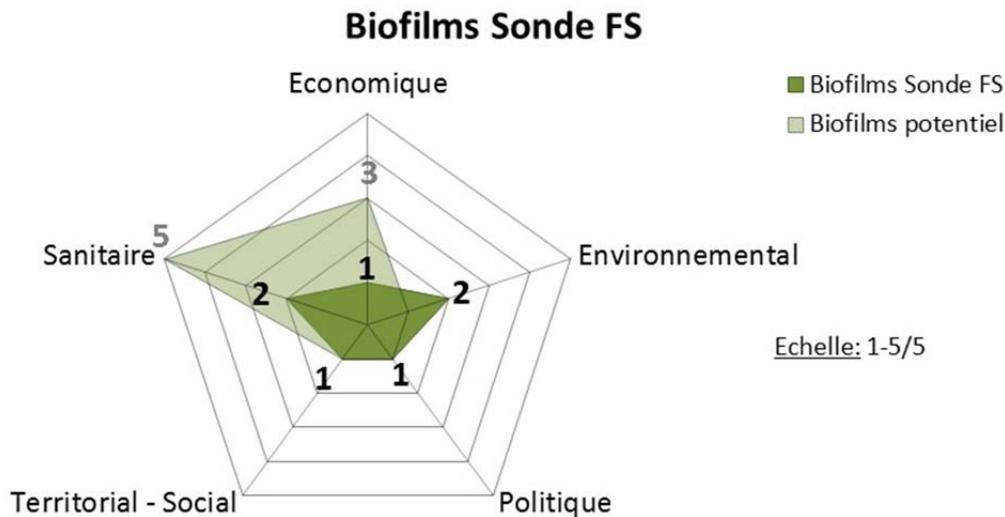
La légionellose est transmise par les légionelles dans l'eau potable et les vapeurs émises par les tours aéroréfrigérées des centrales nucléaires. Cette maladie affectait 1 540 personnes en France en 2010 selon l'institut de veille sanitaire, cette incidence étant en augmentation de 71% sur les chiffres de 2009. Une expérimentation dans un circuit de refroidissement d'EDF R&D a permis d'optimiser la stratégie d'application de biocides pour maintenir à un niveau salubre la concentration de légionelles des panaches de vapeurs des centrales.

Impact Pathway



- Nombre réduit d'acteurs dans les inputs, à mettre en relation avec le caractère récent des recherches sur la détection de l'encrassement
- Importance des relations étroites de Neosens avec les instituts publics de recherche CNRS et INRA pour développer une activité de haute technologie
- Forte implication d'INRA Transfert, du département CEPIA, du responsable scientifique dans la valorisation et le transfert technologique
- Impact économique partagé entre NeoSens et les industriels utilisateurs mais difficilement mesurable pour cause de confidentialité
- Impact sanitaire potentiel: les industriels utilisent la sonde FS pour des des encrassements minéraux ou biofilms? ont-ils des problèmes de qualité ou salubrité?
- Impact économique de 2nd : intégration de la start-up en faillite dans le groupe Aqualabo et sauvetage de la technologie et poursuite du développement

Vecteur d'impact



Dimension d'impact	Importance	
Economique	1/5	En 2012, le chiffre d'affaires réalisé par Neosens sur Sonde FS a été de 325 000€. La start-up Neosens a réalisé deux levées de fonds de 2,5M€ et 4M€ et crée 10 emplois, en grande partie sur les activités liées à la sonde FS.
	Potentiellement 3/5	Les gains capacitaires chez les utilisateurs ont atteints 100.000€/an/sonde FS installée dans une laiterie et les économies liées à l'efficacité du nettoyage 30.000€/an/sonde. L'impact économique est potentiellement important car la start-up Neosens a été intégrée au groupe Aqualabo (holding de 4 sociétés spécialisée dans la fabrication d'instruments et capteurs pour la chaîne de l'eau) en août 2012. A terme, des capteurs à destination de tous les industriels touchés par les encrassements et en particulier les biofilms pourraient être développés
Environnemental	2/5	Moindre consommation d'eau, d'énergie et de détergents grâce à une meilleure efficacité du nettoyage et un meilleur choix des moments d'intervention du nettoyage. Moindre pollution des effluents grâce à l'emploi de détergents en moindre quantité.
Sanitaire	2/5	Moindre exposition du personnel de nettoyage aux détergents chimiques. Baisse du risque légionellose.
	potentiellement 5/5	Réduction potentielle de 40% de toxi-infection et 60% d'infections nosocomiales.

Source des données :

Cette étude de cas est fondée sur un travail bibliographique et des entretiens semi-directifs conduits en 2012 avec les acteurs de l'innovation : le coordinateur du réseau national biofilms (également chercheur à l'INRA-Massy), responsables R&D et marketing de Neosens et Realco, le fondateur de la start-up Neosens, responsables scientifiques INRA et chargée de partenariat du département CEPIA (INRA).