

Sommaire

Introduction	5
Les partenaires	6
Synthèse scientifique	9
Résumé	9
Enjeux et problématique, état de l'art	10
Approche scientifique et technique	10
Résultats obtenus	10
Exploitation des résultats	15
Discussion	15
Conclusions	15
8 Fiches des productions d'ECODEFI	17
Thèse sur la variabilité des émissions au champ dans l'Analyse de Cycle de Vie des systèmes agricoles – Application à l'épandage de lisier	18
Outil ACV3E – pour effectuer des ACV simplifiées sur scénarios d'épandage de produits organiques issus de boues de STEP	19
Méthodes de calcul des indicateurs de performances et de risques agro-environnementaux	20
Méthodes d'évaluation des performances technologiques des matériels	21
Outil de simulation d'épandage au champ et de calcul des sur et sous-dosages	22
Données et appréciation sur l'énergétique des chantiers d'épandage	23
Thèse sur les méthodologies génériques d'innovation, appliquées à un cas d'éco-conception en épandage	24
Guide Eco-conception des matériels d'épandage	25
Bibliographie ECODEFI	26



Introduction

Le projet ECODEFI a été riche en productions tant techniques que de recherches plus fondamentales.

Pour permettre que ces productions puissent être diffusées le plus largement possible, le comité de pilotage a proposé de publier ce livret qui établit **une synthèse générale des travaux entrepris, mais aussi présente en 8 fiches pratiques, les principaux “produits” d’ECODEFI**, avec les adresses utiles où il est possible de retrouver les informations et les contacts des personnes ayant œuvré sur ce projet, afin d’en savoir plus.

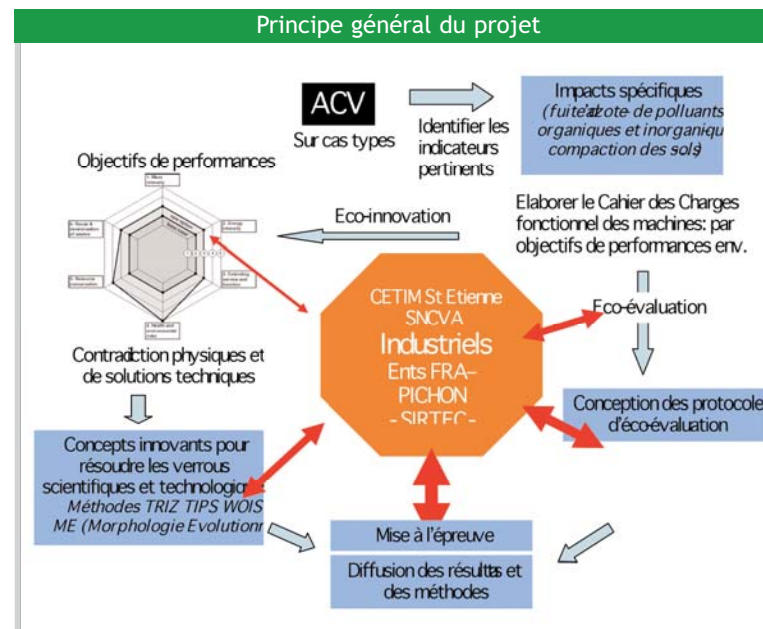
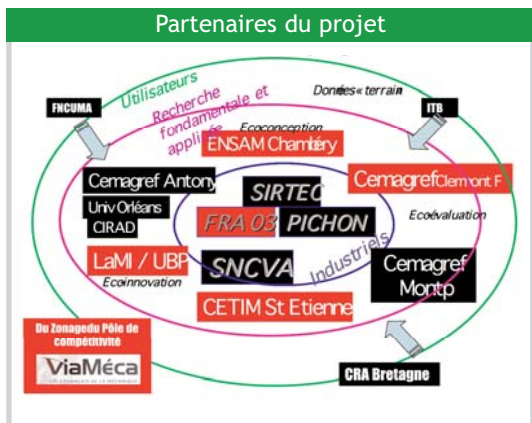
Nous espérons aussi que ces quelques lignes inspireront les lecteurs qui pourront alors s’en faire les relais et contribuer ainsi à des prolongements par de nouveaux développements aux travaux initiés dans le cadre d’ECODEFI.

*Le coordinateur général du projet
Dominique Didelot
dominique.didelot@cemagref.fr*

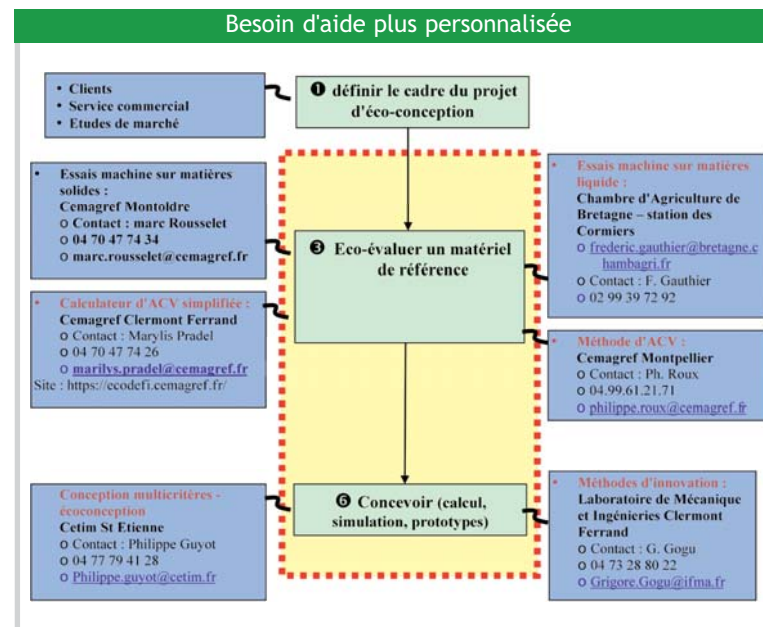
Les partenaires

Le projet a été lancé officiellement le 2 février 2007 et s'est terminé le 2 mai 2011. Il a rassemblé 13 partenaires couvrant un large panel de compétences :

- 3 industriels spécialisés dans l'épandage :**
 Et Sirtec.
 Et Maitre-FRA, racheté depuis début 2010 par le Groupe NOV-TECH.
 Et Pichon SA.
- Accompagnés en appui technique et professionnel de :
 Leur syndicat professionnel : l'**AXEMA** qui a pris le relais du SNCVA en tant que partenaire.
 Le **CETIM** de Saint-Etienne.
- 5 organismes de recherches ont apporté leurs capacités d'analyse et de génération de connaissances :**
 Les "Arts et Métiers de Chambéry" (ENSAM-SERAM) dans le domaine de l'éco-conception.
 Le laboratoire Prism de l'Université d'Orléans (ex-LME).
 Le CIRAD sur l'énergétique des tracteurs.
 Le LaMI de l'Université de Clermont-Ferrand (Laboratoire de Mécanique et d'Ingénieries) en Eco-innovation.
 3 centres du Cemagref : Antony sur les "performances énergétiques des tracteurs" – Montpellier sur l'Analyse de Cycle de Vie – Clermont-Ferrand/ Station de Montoldre pour "les technologies d'épandage".
- 3 organismes de développement ont apporté leur expertise et leur savoir-faire de "terrain" :**
 L'Institut Technique de la Betterave.
 La FNCUMA.
 Et la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, à travers sa station d'essais des Cormiers.



Adresse du site web où récupérer les documents : <https://ecodefi.cemagref.fr/resultats-et-publications/delivrables>





ECODEFI **ECO-conception et DEveloppement** **de méthodologies de Fabrication Innovante** **de machines d'épandage**

synthèse scientifique

► RÉSUMÉ

Parce que la valorisation agricole des matières organiques apparaît en positif dans le bilan environnemental de la filière d'épuration des eaux et des déchets organiques industriels, l'adaptation des méthodes d'éco-conception des machines d'épandage s'est justifiée pleinement pour réduire les risques de pollution des agro-écosystèmes. L'expérience de terrain a nourri la modélisation des phénomènes et rendu réaliste l'application des méthodes de créativité.

En éco-évaluation, le travail s'est d'abord focalisé sur l'approche en "multicritères" de leurs performances technologiques – 42 indicateurs de ce type ont ainsi été élaborés. Il a ensuite fallu être capable de "raccorder" les indicateurs "machines" aux indicateurs d'impacts par le moyen des "services rendus" (risque de compaction – qualité de répartition...) et le calcul des émissions potentielles (N₂O, NO₃⁻, NH₃...) grâce à l'intégration de modè-

les de transfert relatifs aux pertes d'azote dans le sol ou l'air (DEAC, STICS ou VOLT'AIR) ou l'effet du tassement des sols (COMPSOIL)... Le caractère particulier de ce type d'applicatif, qu'est la variabilité spatio-temporelle liée à une forte sensibilité pédo-climatique, a fait l'objet d'une étude approfondie.

En Eco-innovation, la stratégie de résolution des problèmes a utilisé les méthodes de type TRIZ et l'analyse multicritère (comme AHP : Analytical Hierarchy Process) pour suggérer la solution la plus appropriée. Utilisé en exemple applicatif, l'épandeur Prolog de la société SIRTEC a intégré le dispositif éco-innovant ainsi mis au point. Il est maintenant en phase de développement. De manière pragmatique, 3 outils originaux ont été conçus : un "simulateur d'épandage" – un logiciel d'ACV simplifiées dit "acv3E" – un guide d'éco-conception à l'usage des BE des constructeurs, mais aussi des associations d'utilisateurs.

► **ENJEUX ET PROBLÉMATIQUE, ÉTAT DE L'ART**



Le projet a porté sur l'éco-conception appliquée aux technologies de l'épandage, pour répondre à deux enjeux majeurs : D'une part, le recyclage des effluents organiques issus de l'industrie et de l'épuration des eaux représente 11 millions de tonnes de liquides chargés – boues – composts – granulés qui doivent pouvoir continuer à apparaître en positif dans le bilan environnemental de la filière, grâce à la valorisation agricole. D'autre part, ces technologies, réputées "sales", disposent de marges d'amélioration de leurs performances environnementales, permettant de réduire à la source les risques de pollution des agro-écosystèmes.

► **APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

A partir d'Analyses de Cycle de Vie (ACV) préliminaires, l'étude s'est proposée d'identifier et de hiérarchiser les impacts spécifiques par type de technologie, puis de partir sur deux voies d'études parallèles : l'évaluation des performances environnementales (éco-évaluation) et l'éco-innovation. Sur le premier point, le challenge a été de construire un panel de méthodes de mesure et de calcul des performan-

ces environnementales de ces technologies pour mettre en œuvre les Analyses de Cycle de Vie (ACV) à partir d'une modélisation des flux intégrant les spécificités liées au contexte de fonctionnement de ces systèmes : variabilité spatio-temporelle inhérente aux phénomènes naturels et biologiques mis en jeu.

Sur le second point, l'objectif était de mettre en œuvre les opérateurs d'innovations (basé en particulier sur la théorie TRIZ), pour la première fois dans ce domaine d'application.

La mise à l'épreuve sur cas concrets a été un fil conducteur permanent du dispositif, avec les industriels en contribution et validation. Les trois industriels impliqués ont accompagné l'ensemble des travaux.

Au final, au-delà des nouvelles problématiques scientifiques que le projet n'a pas manqué de soulever, il s'agissait de fournir des outils concrets d'appui aux Bureaux d'Etudes des constructeurs, à savoir un simulateur d'épandage, un outil d'ACV simplifiés et un guide d'aide à l'éco-conception spécifiquement conçu pour ce type d'applicatifs.

► **RÉSULTATS OBTENUS**

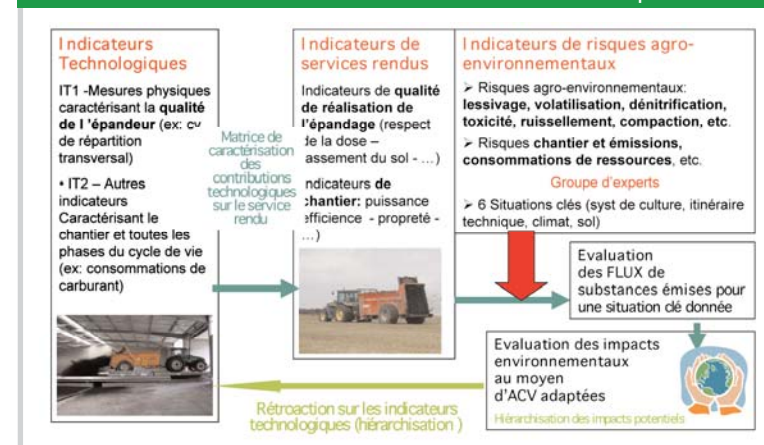
En se basant sur l'expérience de terrain, quinze scénarios d'épandage ont été choisis afin de dérouler des ACV dites "préliminaires", l'unité fonctionnelle étant "la quantité totale de boue épandue sur l'ensemble de la surface d'épandage" et le périmètre ayant été limité à la phase d'usage des machines sur des boues sorties d'usines de traitement.

Il apparaît, par la méthode CML2 baseline 2000 appliquée dans ces ACV, que : les émissions liées à l'apport des boues au sol restent la principale cause des impacts en acidification

(volatilisation de NH₃), eutrophisation (lessivage des nitrates et des phosphates) et réchauffement climatique (production de N₂O en situation d'hypoxie des sols) / La partie logistique est la plus impactante sur les différentes catégories de toxicité, la consommation des ressources naturelles et la destruction de la couche d'ozone.

Ces ACV préliminaires ont eu pour but de s'approprier la démarche, d'identifier les types d'impacts majeurs, mais aussi d'appréhender de manière plus concrète les priorités de construction des méthodologies d'éco-évaluation en fonction de ces catégories environnementales.

Architecture des indicateurs utiles à l'éco-conception



Une réflexion approfondie a donc porté sur l'articulation des différents niveaux d'indicateurs à mettre au point, nourrie en cela des principes de l'analyse fonctionnelle. En partant des indicateurs technologiques qui se font au niveau de la fonction technique (critères qui vont servir d'indice à l'amélioration de la conception), un changement de maille progressive passe par des indicateurs de "services rendus" qui ont vocation à être plus universels (répartition – dosage – fractionnement – tassement – ...), transformables en "émissions au champ" directement intégrables dans des ACV. Cette dernière étape a nécessité d'identifier des correspondances grâce à des indica-

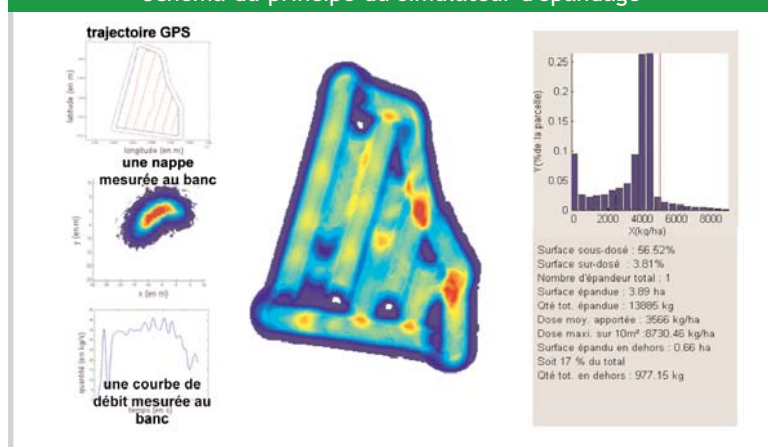
teurs de risques agro-environnementaux (lessivage, volatilisation, dénitrification, toxicité, ruissellement, compaction...). Ainsi, en première étape, l'objectif était donc d'élaborer, grâce à un travail collectif de synthèse des expériences des technologues œuvrant au quotidien sur des essais de machines d'épandage, un panel pertinent de procédés de tests pour une évaluation multicritère des machines, sachant que ceux disponibles en normes européennes ou issus de l'état de l'art n'étaient que trop fragmentaires. Les données issues des tests sur machines ont donc permis de construire les indicateurs technologiques qui paraissaient

les plus pertinents : 18 indicateurs portent sur la qualité de répartition avec en particulier deux nouveaux critères, qualitatif et quantitatif, de nappe d'épandage directement issus des nouvelles possibilités offertes par le banc d'essai Cemob (Cemagref Organic Bench). Ont également été élaborés 6 indicateurs de dosage, 3 indicateurs de fractionnement, 2 critères de volatilisation – et des indicateurs plus spécifiques, évalués en concevant de nouveaux outils de tests (le tassement grâce à un "bac à sable"). Les indicateurs de "Puissance – Efficience" sont plus directement issus des travaux portant sur "l'énergétique des chantiers", complétés par des indicateurs dits

"Eco" portant sur la propreté et les ressources. Ceci porte le nombre total des indicateurs technologiques calculables à 42.

Le service rendu est l'expression de "ce qui est attendu de la machine pour répondre à un élément du besoin de l'utilisateur". Concrètement, les indicateurs technologiques font donc l'objet d'une pondération entre eux pour aboutir à des formules du type : $ID = (3 ID1 + 2 ID2 + ID3 + ID4 + 2 ID5 + 2 ID6)/11$ où ID est le service rendu "Dosage" issue de 6 indicateurs technologiques comme ID5 – présence d'une documentation précise ou ID4 – capacité du réglage du débit.

Schéma du principe du simulateur d'épandage



Dans ce cadre, s'imposait le développement de concepts et outils originaux comme celui de "simulateur d'épandage", imaginé pour tenir compte de la cartographie spatiale des sur ou sous-dosages, nécessaire au réalisme de calcul des impacts suite au lessivage ou à la volatilisation. Trois types de données sont implémentés dans le

logiciel : une trajectoire au champ par acquisition GPS – une nappe de répartition mesurée pour un produit et une machine – une courbe de débit en vidange.

Pour chaque classe de surdose, la quantité surdosée est ensuite pondérée sur l'ensemble de la surface totale. Le même exercice est imaginable

vis-à-vis d'un calcul de compaction. Concernant l'énergétique des tracteurs et les émissions polluantes associées, un état approfondi de l'art a été réalisé, ainsi qu'entreprise une analyse complexe des pratiques, sur 6 sites pilotes d'épandage de boues de diverses natures. Il apparaît un impact élevé des phases de transport sur la consommation de carburant : 40 % du total lorsque le chantier d'épandage de boues liquides est à 500 m, jusqu'à 75 % lorsque la distance à parcourir du lieu de stockage à la parcelle est de 4 km. Sur la phase à proprement parlé d'épandage au champ, les chantiers d'épandage de produits solides ont une performance énergétique 4 à 5 fois meilleure que pour les produits liquides, pour un même apport au sol en tonne de matière sèche par hectare. Si la vitesse joue positivement sur la performance énergétique à l'hectare, trois autres aspects entrent aussi en compte pour l'amélioration de cette performance énergétique : la capacité (et donc la masse de l'épandeur), la largeur d'épandage, et la puissance demandée par l'épandeur. Toutes ces données sont allées enrichir notre meilleure connaissance des opérations de terrain et il en ressort des pistes intéressantes en optimisation des chantiers d'épandages, comme la plus grande éco-efficience s'il était utilisé des camions citernes pour la phase d'approche de la parcelle.

Les méthodes à mettre en œuvre pour intégrer les risques agro-environnementaux ont été une des clés de voûte du projet, car elles font appel au choix et à la complexité des modèles, notamment agronomiques, de transfert de matières dans les différents compartiments de l'environnement naturel : air – sol – eau. De ces niveaux de transfert (dépendants des conditions pédo-climatiques), il en résulte des

niveaux de pollution très variables, essentiels à estimer pour que le calcul des impacts environnementaux puisse être réaliste.

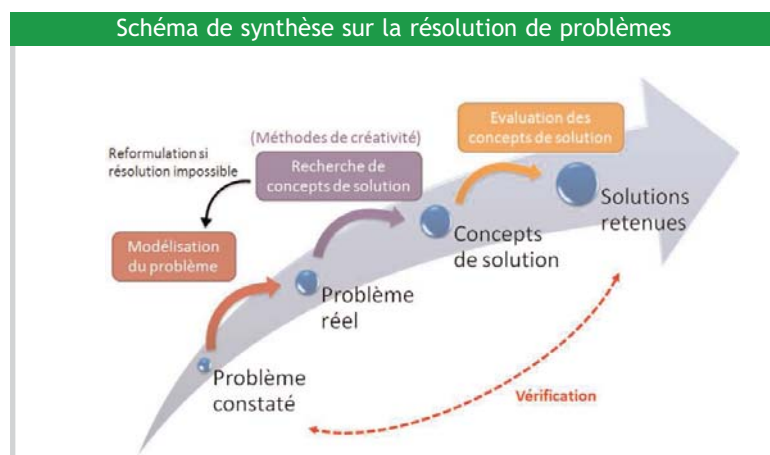
Les modes opératoires pour transformer "indicateurs technologiques" et "indicateurs de services rendus" en "évaluation des flux de substances émises" ont été mis au point et expérimentés, à partir de l'expertise d'agronomes en particulier. Par exemple, la perte d'azote a été calculée grâce au modèle DEAC ou STICS (azote dénitrifié). Pour calculer la volatilisation de NH3 à partir du sol, on a eu recours au modèle VOLT'AIR. COMPSOIL a servi à la prise en compte des phénomènes de tassement du sol. Neuf systèmes de culture (une condition pédo-climatique – une rotation) et 5 couples machines-produits ont été utilisés aboutissant à 45 scénarios simulés, avec construction d'indicateurs synthétiques adéquats et novateurs notamment sur les émissions d'azote. L'impact des épandages sur la productivité des cultures n'a pas pu être traité. Il ressort de ces travaux que l'utilisation de modèles en cascade (par exemple DIAR/Compoil puis DEAC/Volt'air/ STICS puis simulateur d'épandage) est une démarche très intéressante même si elle peut parfois poser des problèmes de changement d'échelle et de gestion des incertitudes.

Certains effets spécifiques et originaux ont été abordés, comme le risque d'orniérage et de ruissellement, avec la construction de modèles physiques empiriques et spécifiques.

Cette complexité d'approche des risques agro-environnementaux a expliqué le recours à un travail de thèse entre l'ENSAM de Chambéry et le Cemagref de Montpellier focalisée sur la simulation des procédés d'épandage. Elle a visé aussi et surtout à

estimer l'incertitude globale sur les valeurs des flux simulés et à donner une valeur de flux avec sa marge d'erreur pour des situations d'épandage génériques contrastées. Un outil dit OSEEP pour "Outil de simulation de l'effet des épandeurs de lisier sur les pertes azotées" a été conçu pour analyser 3 effets: l'enfouissement du lisier, la répartition spatiale au sol et le tas-

sement du sol dans les traces de roues. Ainsi, lorsque nous avons pu disposer des équations de transfert permettant de traduire, y compris spatialement, l'effet de chacun des process utilisés en charges polluantes N2O, NO3, NH3 – ... et donc en impacts environnementaux, les ACV finalisées ont pu être réalisées.



Sur le volet de l'Eco-innovation, la stratégie de résolution des problèmes passe généralement par trois phases qui sont : l'analyse de la situation (constatation du problème et définition des fonctions et objectifs du système) – la recherche des idées par les méthodes de créativité – la meilleure idée et son implémentation. L'originalité de la thèse réalisée sur cette approche a été de prospecter le champ du développement des produits éco-conçus en se basant sur leurs cycles de vie.

Les principaux accomplissements de ce travail sont :

La matrice de non-qualité développée pour prioriser du point de vue environnemental les problèmes identifiés.

Cet outil sert à corréliser les insatisfactions des critères de qualité, les impacts environnementaux et les problèmes identifiés / l'application de TRIZ pour systématiser l'innovation et atteindre des niveaux élevés de performance du produit / l'approche morphologique qui permet d'investiguer la totalité des solutions contenues dans un problème multidimensionnel. Elle tend à explorer de manière systématique les solutions possibles à partir de l'étude de toutes les combinaisons possibles / Le recours à l'analyse multicritère, en particulier l'AHP (Analytical Hierarchy Process), permet d'évaluer et de suggérer la solution la plus appropriée.

► EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Au final, outre le simulateur d'épandage qui est un outil pratique et utile pour calculer les effets spatiaux de différentes technologies d'épandage mais qui reste pour le moment encore manipulable seulement par les ingénieurs qui l'ont conçu, deux autres "produits" très opérationnels sont désormais utilisables par les BE des constructeurs ou par les associations d'utilisateurs, il s'agit d'un logiciel d'ACV simplifiées dit "acv3E" et d'un guide d'éco-conception.

Le logiciel acv3E est un outil très convivial permettant de choisir un type de logistique, de tracteur, de machine et de scénario d'usage. Il permet de rajouter des scénarios personnalisés, de nouveaux types de tracteurs ou machines, mais à condition d'être capable de remplir les données d'impacts CML et Ecoindicator99 de ces nouveaux matériels. C'est donc un outil pédagogique et simple d'emploi qui vise à être mis entre les mains de non-spécialistes de l'évaluation environnementale comme les BE des constructeurs PME ou les associations encadrant la profession des utilisateurs. Il a été validé par comparaison de ses "ACV simplifiées" avec les ACV "classiques" réalisées à l'issue de l'important travail effectué sur les méthodes et calculs des émissions en situations au champ.

Sur la base de l'ensemble de ces connaissances et méthodes nouvellement acquises, la construction du guide d'éco-conception a ainsi pu être réalisée. Ce guide de 192 pages se veut une synthèse des travaux d'ECO-DEFI. Il comporte 4 parties : Partie 1 : description d'une méthode d'éco-conception, étape par étape / Partie 2 : description des enjeux de l'éco-conception pour les matériels d'épan-

dage / Partie 3 : présentation des données et outils nécessaires à la mise en œuvre de la démarche / Partie 4 : annexes informatives.

L'approche d'éco-innovation a été appliquée sur l'épandeur Prolog de la société SIRTEC afin d'améliorer ses performances environnementales durant la phase d'utilisation (épandage), notamment en extraction de produits organiques compostés (phénomène de voûtage). Cette nouvelle machine va être sous peu commercialisée.

► DISCUSSION

Tous les aspects méthodologiques nouveaux (Indicateurs de Services Rendus", évaluation des émissions azotées...) n'ont pour l'instant été testés que sur 3 machines d'épandage et reposent en partie sur des approches empiriques valables pour l'épandage des boues. Ils doivent faire l'objet de travaux complémentaires pour pouvoir être validés de manière plus générique. Une extension de leur usage sur toute matière à épandre (produits organiques agricoles, engrais minéraux...) est en cours depuis début 2011 au travers d'un projet du nom de "Eco-épandage" émergeant à l'AAP "Eco-industrie". D'autres projets notamment sur INTERREG Sudoe vont valoriser les acquis en matière d'ACV et des contacts à prévoir avec l'INRA viseraient entre autres à introduire les approches de modélisation des émissions dans les projets du RMT "Fertilisation & Environnement" pour améliorer les outils d'aide à la décision (Alimentation de la BD du logiciel SystN).

► CONCLUSIONS

Ce projet se voulait un projet socle, ouvrant des pistes tant applicatives

que génératrices de nouvelles approches scientifiques. Les résultats et perspectives ci-dessus présentés montrent que l'objectif a été atteint. Un fascicule synthétique compile les divers "produits" du projet ECODEFI et leurs perspectives de "suite à donner" ou de valorisation. Le site web: <https://ecodefi.cemagref.fr/> regroupe les livrables et rapports techniques externes, ainsi que les outils conçus dans ce cadre. Les acteurs du projet

ECODEFI ont largement pris part à diverses manifestations et conférences au travers de présentations de papiers et posters. De plus, c'est dans le cadre de ce projet qu'ont été organisées deux conférences publiques lors des SIMA 2009 et 2011, ainsi que dans le cadre d'un workshop international ECOTECHS 2010 en septembre 2010 qui a reçu le soutien du pôle de compétitivité VIAMECA.

Les fiches ECODEFI

FICHE 1 Thèse sur la variabilité des émissions au champ dans l'Analyse de Cycle de Vie des systèmes agricoles - Application à l'épandage de lisier

Type de contenu ?

Rapport de Thèse de doctorat de Brigitte Langevin : "Prise en compte de la variabilité des émissions au champ dans l'Analyse de Cycle de Vie des systèmes agricoles - Application à l'épandage de lisier" - Février 2007 à Mai 2010.

Modélisation « effets machines » / ACV préliminaires / Comparaison avec résultats expérimentaux de terrain / Variabilité des émissions.

A quoi ça sert ?

Mieux paramétrer les modèles d'émissions.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

ENSAM - AgroParisTech.

Où la retrouver ?

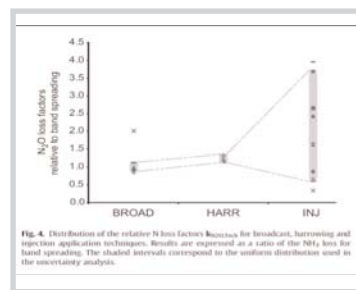
http://pastel.archives-ouvertes.fr/index.php?halsid=fto9scriftd0n58mkciqg3ce41&view_this_doc=pastel-00508904&version=1

Comment la mettre en œuvre ? Suites données ?

Valorisation possible des résultats par réappropriation par le RMT "Fertilisation" et son groupe Azosyst (Alimentation de la BD du logiciel SystN) - Contact avec le projet Casdar "Nogaz" (INRA-Cetiom) pour renseigner la BD - lien avec le projet "Eco-épandage" de l'AAP Eco-industrie. Poursuite de travaux de recherches sur le sujet par la thèse Aurélie Perrin (CIRAD - pôle ELSA). Quelle prise en compte de la variabilité sol, climat et pratiques dans l'analyse de cycle de

vie des produits maraîchers ? Mise en œuvre pour le cas de la tomate, Projet ANR Flonudep, Ecole Doctorale ABIES.

Résumé synthétique



Une première ACV a montré que la fabrication et le fonctionnement des machines avaient une contribution faible par rapport aux impacts générés par les substances azotées (NH₃, N₂O et NO₃) émises par le sol fertilisé.

Ces émissions sont conditionnées par le sol, le climat et les pratiques culturales et ont un caractère éminemment local. La prise en compte de la variabilité sol, climat et pratiques pose un défi à l'ACV "classique", méthode globale basée sur une absence de différenciation spatiale des systèmes étudiés.

La thèse a permis de construire une méthodologie de modélisation des émissions permettant la prise en compte de la variabilité dans l'inventaire environnemental des produits agricoles. Elle a aussi permis de comparer les résultats de simulations avec les résultats expérimentaux disponibles dans la littérature.

FICHE 2 Outil ACV3E - pour effectuer des ACV simplifiées sur scénarios d'épandage de produits organiques issus de boues de STEP

Type de contenu ?

Logiciel développé sous Java et donnant lieu à un exécutable avec notice et vidéo d'explications.

A quoi ça sert ?

3 objectifs :

- **Pédagogique** : compréhension des résultats d'ACV - approche multicritère - tout public.
- **Optimisation des scénarios d'épandage** : en fonction de la contribution aux différentes étapes et de la nature de la matière épandue - Entrepreneurs des territoires - BE des plans d'épandages, etc.
- **Eco-conception de machines** : identifier la contribution des matériels aux impacts environnementaux et hiérarchiser les priorités d'éco-conception - constructeurs d'épandeurs.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

Cemagref Montoldre - Marilyns PRADEL - marilyns.pradel@cemagref.fr - 04 70 47 74 26 pour son usage / Cemagref Montpellier - Philippe Roux - philippe.roux@cemagref.fr - pour sa maintenance et son développement informatique. L'utilisation du logiciel se fait sous la responsabilité des utilisateurs - Etude en cours sur la mise à disposition gratuite de l'outil sous forme de licence CeCILL sans code source.

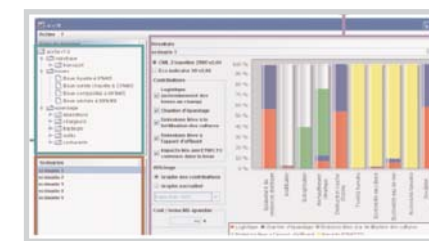
Où la retrouver ?

Dès dépôt de la licence, téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/> - sur site de la cellule ELSA de Montpellier : <http://www.elsa-lca.org/>

Comment le mettre en œuvre ? Suites données ?

Aujourd'hui, l'outil n'est utilisable que pour l'épandage de boues. Il est prévu des développements ultérieurs et des extensions d'usage grâce aux projets : Ecotech-SUDOE (janvier 2011 - juin 2013) portant plus sur la diffusion et la formation/ Eco-épandage (nov. 2010 - nov. 2012) sur l'adaptation de l'outil à l'épandage de produits fertilisants autres que boues de stations d'épuration et la fourniture de critères pour l'obtention du label NF Environnement. Autres Cibles potentielles : BE chargés d'optimiser les plans d'épandage. L'outil n'est pas utilisable pour l'instant à des fins commerciales (pas de prise en compte des incertitudes), mais des développeurs de services pourraient s'y intéresser.

Résumé synthétique



C'est un outil très convivial permettant de choisir un type de logistique, de tracteur, de machine et de scénario d'usage.

Le logiciel permet de rajouter des scénarios personnalisés, de nouveaux types de tracteurs ou machines mais à condition d'être capable de remplir les données d'impacts CML et Ecoindicator99 de ces nouveaux matériels.

FICHE 3 Méthodes de calcul des indicateurs de performances et de risques agro-environnementaux

Type de contenu ?

Rapport livrable T2 ECODEFI intitulé : "Emissions azotées au champ et performances des machines lors de l'épandage de boues issues du traitement des eaux usées".

Utilisation de modèles de simulations (STICS, DEAC, Volt'air) – Description des protocoles de simulation – analyse des résultats et prise en compte des caractéristiques "machines" dans le calcul des émissions azotées.

A quoi ça sert ?

Approche complémentaire et plus pragmatique que la thèse citée en fiche 1 – Proposer des méthodes pour les calculs d'impacts environnementaux des matériels d'épandage.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

ITB – Michel Cariolle – cariolle@itbfr.org – Tél. : 01 42 93 31 80 / Cemagref Montoldre – Marilyns Pradel – marilyns.pradel@cemagref.fr – 04 70 47 74 26.

Où la retrouver ?

Téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/>

Comment la mettre en œuvre ? Suites données ?

Les travaux doivent intéresser les agronomes, notamment au sein du RMT "Fertilisation & Environnement" pour améliorer les outils d'aide à la décision – Ouverture vers de nouveaux projets en lien étroit avec les agronomes (INRA, Instituts techniques...). Grâce à cette capacité de "raccorde-

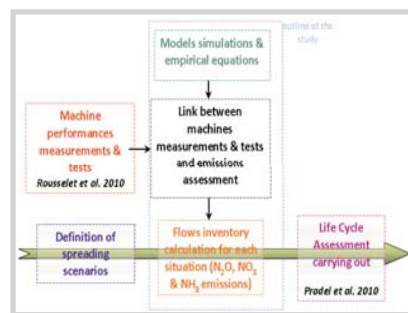
ment" avec les impacts, il semble possible de "rétro-pondérer" sur les performances technologiques des machines afin de permettre aux équipementiers d'avoir une autre vision des priorités d'amélioration de leurs matériels.

Résumé synthétique

L'objectif de la Tâche T2 était d'identifier les indicateurs qui devaient permettre d'évaluer les impacts des matériels. Un collègue d'experts a contribué à proposer des modèles de logiciels permettant de passer des impacts aux émissions : STICS (azote dénitrifié), DEAC, VOLT'AIR, COMPSOIL.

45 scénarios ont été évalués (couplage entre 9 systèmes pédo-climatiques et 5 couples machine-boue) et des valeurs d'émissions d'azote correspondantes (NO₃, N₂O, NH₃) ont été proposés.

Les aspects "ruissellement/érosion" n'ont pu être traités de manière fine. Les travaux se sont limités à des modèles simples en fonction des profils d'ornières. De même, l'impact des épandages sur la productivité des cultures n'a pas pu être traité.



FICHE 4 Méthodes d'évaluation des performances technologiques des matériels

Type de contenu ?

Rapport sur les indicateurs technologiques, les protocoles expérimentaux et leur application sur trois cas concrets figurant en livrable T3c: "Eco-évaluation des équipements d'épandage de produits liquides et solides - Indicateurs technologiques, protocoles expérimentaux et résultats d'évaluation".

A quoi ça sert ?

En amont des risques agro-environnementaux, il est nécessaire de disposer de méthodes fiables et complètes pour évaluer les performances technologiques et de services rendus des machines au moyen de protocoles éprouvés. Les résultats permettent d'identifier les points forts et les points faibles d'une machine et d'orienter le fabricant vers des pistes pertinentes d'éco-conception. Ces méthodes s'inscrivent parfaitement dans le corpus des protocoles attendus pour répondre à la mise en place de la "reconnaissance ETV : Environmental Technology Verification system".

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

Cemagref Montoldre – Marc Rousselet – marc.rousselet@cemagref.fr – Tél. : 04 70 47 74 34.

Où la retrouver ?

Téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/>

Comment la mettre en œuvre ? Suites données ?

Faire appel aux centres d'essais pour évaluer un matériel :

- **Essais machine sur matières liquides** : Chambre d'Agriculture de Bretagne – station des Cormiers –

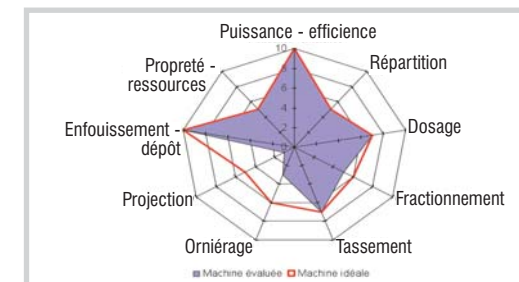
contact : F. Gauthier – frederic.gauthier@bretagne.chambagri.fr – 02 99 39 72 92.

- **Essais machine sur matières solides** : Cemagref Montoldre – Contacts : marc Rousselet – marc.rousselet@cemagref.fr – 04 70 47 74 34 ou Jean-Christophe Roux – jean-christophe.roux@cemagref.fr

De nouveaux indicateurs synthétiques seraient à élaborer : indicateur quantitatif de nappe ou de rendement de chantier. Ce dernier étant dépendant également des produits, de la logistique et de l'interface "homme-machine" (peu ou pas pris en compte dans ce projet). Le projet "Eco-épandage" (AAP Eco-industrie 2010) est la continuité pour affiner la pertinence et étendre le champ à tous produits organiques à épandre, y compris concentrés (fumiers...).

Résumé synthétique

42 indicateurs technologiques ont été proposés, décrits et testés sur les machines des constructeurs – La pondération de chacun des indicateurs a été attribuée "à dire d'expert". Elle doit refléter la contribution de chacun d'eux à l'impact environnemental global de la machine. A l'issue du projet ECODEFI, les protocoles expérimentaux seront disponibles pour l'évaluation de ces indicateurs.



FICHE 5 Outil de simulation d'épandage au champ et de calcul des sur et sous-dosages

Type de contenu ?

Logiciel de simulation d'Épandage.

A quoi ça sert ?

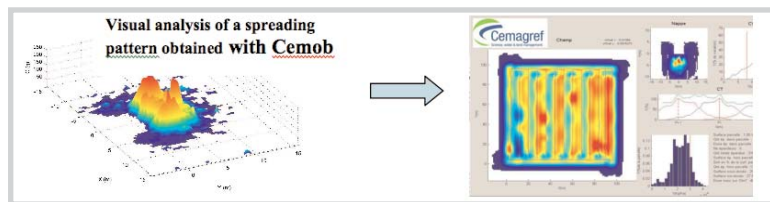
Le simulateur d'épandage est un outil informatique conçu avec Matlab® pour évaluer les performances d'épandage d'une machine dans des conditions géographiques réelles et à partir de mesures des machines obtenues au banc d'essai.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

Cemagref Montoldre – E. Piron - emmanuel.piron@cemagref.fr – Tél. : 04 70 47 74 32.

Où la retrouver ?

Téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/> – Livrable T3b "Logiciel de simulation d'épandage – principe de fonctionnement, utilisation et résultats" + Démo disponible prochainement sur le site du Cemagref: <http://www.cemagref.fr/le-cemagref/organisation/les-centres/le-centre-de-clermont-ferrand/ur-tscf/> ou sur le site de Innovapôle du contrat de projets Etat – Région Auvergne 2007-2013 :



Comment la mettre en œuvre ? Suite donnée ?

Pas d'utilisation commerciale indépendamment du Cemagref :

- dans le cadre d'une étude plus large en partenariat entre Cemagref et une entreprise – par exemple à l'occasion d'un projet de génération des données ou d'amélioration de la conception de l'outil.
- dans le cadre d'une prestation ciblée sur ce "service" à partir de données "constructeur".

Résumé synthétique

Le simulateur d'épandage peut être utilisé pour répondre à différents objectifs.

- Établissement d'une cartographie des doses appliquées, dans des conditions parcellaires spécifiques.
- Évaluation du potentiel d'amélioration de la qualité d'application parcellaire en vue de l'éco-conception des machines d'épandage.
- Évaluation de l'influence des pratiques des agriculteurs sur la qualité d'application parcellaire.

FICHE 6 Données et appréciation sur l'énergétique des chantiers d'épandage

Type de contenu ?

Rapport livrable T4 ECODEFI intitulé : "Analyse des profils de mission en énergétique de consommations et mise au point des scénarios pour les ACV épandage".

A quoi ça sert ?

Mesures de consommations de tracteurs pour différents types de matières à épandre – 6 sites instrumentés – L'objectif est de fournir des données pour construire des scénarios d'épandage (consommation d'énergie).

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

Cemagref Antony - Stéphanie Lacour - stephanie.lacour@cemagref.fr – Tél. : 01 40 96 62 89.

Où la retrouver ?

Téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/> + Publications (voir en fin de ce document).

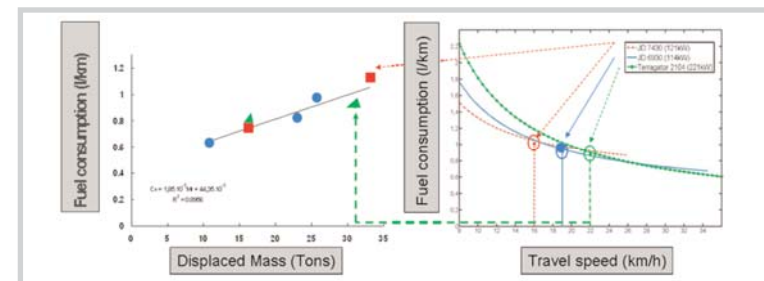
Comment la mettre en œuvre ? Suite donnée ?

Utilisation des données pour les travaux de méthanisation à la ferme sur projet Casdar 2010 "Perfbett" : Instrumentation des automoteurs pour

mieux appréhender les rendements de chantier et l'efficacité énergétique.

Résumé synthétique

- **Boues liquides de STEP** : temps de transport importants – la quantité de fuel nécessaire n'est pas proportionnelle à la puissance de la machine ;
- **Lisiers** : variations au niveau de l'efficacité de travail – favoriser les vitesses d'avancement les plus élevées possibles (permet une meilleure efficacité de travail et génère peu d'écart au niveau des consommations d'énergie).
- **Boues de STEP solides** : temps de transport importants.
- **Boues solides granulés** : pas de transport – matériau léger et de grande densité – grande efficacité de travail et moins de consommation d'énergie.
- **Importance du facteur "taux de charge" et "efficacité de travail"** qui sont insuffisamment pris en compte dans les bases de données.
- **Importance du transport en lien avec la capacité des épandeurs.**
- **Vitesse de travail et comportement de l'opérateur sont également des paramètres importants pour la consommation d'énergie.**



FICHE 7 Thèse sur les méthodologies génériques d'innovation, appliquées à un cas d'éco-conception en épandage

Type de contenu ?

Rapport de thèse de Mamhoud Chakroun – IFMA – Nov. 2007 à Mai 2011. Livrable T5 ECODEFI intitulé : *"Une nouvelle approche d'éco-innovation basée sur TRIZ et son application à l'épandeur PROLOG"*.

A quoi ça sert ?

Appréhender la faisabilité des méthodologies d'innovation en application au domaine de l'Agro-environnement – sur un cas de re-conception de matériel d'épandage.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

LaMI/IFMA/ Université Blaise-Pascal – Prf Gogu Grigore – Professeur pôle machines et systèmes – Campus de Clermont-les-Cézeaux, BP65, 63175 Aubiere cedex. Tél. : 04 73 28 80 22 - grigore.gogu@ifma.fr

Où la retrouver ?

Thèse souhaitée confidentielle par le constructeur impliqué dans le cas concret traité – disponible sur le site de l'IFMA dans 3 ans - Publications (voir bibliographie en fin de document). Soutenance de thèse le 5 mai 2011.

Comment la mettre en œuvre ? Suite donnée ?

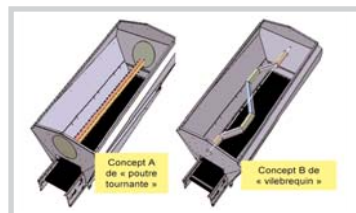
Développement d'un système innovant implémenté sur épandeur Prolog de la société SIRTEC – Brevet non envisagé mais encore possible. Suite des investigations en "processus d'innovation" avec le projet FUI 2010 **Ecomef** : Eco-conception pour le bûcheronnage mécanisé des feuillus.

Résumé synthétique

Cette approche d'éco-innovation intégrée vise à développer des produits éco-conçus en se basant sur leurs cycles de vie. Les principaux accomplissements de ce travail sont :

- la **matrice de non-qualité** développée pour prioriser du point de vue environnemental les problèmes identifiés. Cet outil sert à corréliser les insatisfactions des critères de qualité, les impacts environnementaux et les problèmes identifiés.
- l'**application de TRIZ pour systématiser l'innovation** et atteindre des niveaux élevés de performance du produit.
- l'**approche morphologique** qui permet d'investiguer la totalité des solutions contenues dans un problème multidimensionnel. Elle tend à explorer de manière systématique les solutions possibles à partir de l'étude de toutes les combinaisons possibles.
- le recours à l'**analyse multicritère, en particulier l'AHP**, permet d'évaluer et de suggérer la solution la plus appropriée.

Cette approche a été appliquée sur l'épandeur PROLOG afin d'améliorer ses performances environnementales durant la phase d'utilisation (épandage), notamment en extraction de produits organiques compostés (phénomène de voûtage).



FICHE 8 Guide Eco-conception des matériels d'épandage

Type de contenu ?

Guide méthodologique en version CD-rom.

A quoi ça sert ?

- Mettre en œuvre une démarche d'éco-conception de matériels d'épandage – pour les BE et groupes projet des fabricants.
- Comprendre les enjeux d'éco-conception pour les matériels d'épandage – tout public.

Qui en est le dépositaire (réfèrent) ?

Dépositaire : CETIM – Profession MAGR – contact : Alain Trouvé – alain.trouve@cetim.fr

Réfèrent : CETIM – Franz Barnabé – francois.barnabe@cetim.fr – Tél. : 04 77 79 40 49.

Où la retrouver ? Suite donnée ?

Téléchargement gratuit sur site ECODEFI : <https://ecodefi.cemagref.fr/> et sur les sites des partenaires (CETIM...) et ADEME.

Comment la mettre en œuvre ? Suite donnée ?

La méthode est décrite en détail dans

le guide. Elle nécessite de faire appel à une expertise externe (Cemagref ou Chambre d'Agriculture) pour l'évaluation des machines et pour l'interprétation des résultats obtenus.

Résumé synthétique

Ce guide de 192 pages se veut une synthèse des travaux d'ECODEFI. Il comporte 4 parties :

- **Partie 1** : description d'une méthode d'éco-conception, étape par étape.
- **Partie 2** : description des enjeux de l'éco-conception pour les matériels d'épandage.
- **Partie 3** : présentation des données et outils nécessaires à la mise en œuvre de la démarche.
- **Partie 4** : annexes informatives.

Tous les aspects méthodologiques nouveaux ("Indicateurs de Services Rendus", évaluation des émissions azotées...) n'ont pour l'instant été testés que sur 3 machines d'épandage et reposent en partie sur des approches empiriques valables pour l'épandage des boues. Ils doivent faire l'objet de travaux complémentaires pour pouvoir être validés de manière plus générique.

La méthodologie d'éco-conception a été appliquée à trois types de machines d'épandage



Bibliographie

La totalité des livrables officiels, complétés par des rapports techniques supplémentaires, sont consultables sur le site web : <https://ecodefi.cemagref.fr/>

Production scientifique et technique réalisée sans confidentialité (en date du 9 avril 2011)

Articles dans des revues à comité de lecture – Peer-reviewed journal publications :

- Pradel, M., 2008. Analyses de cycle de vie (ACV) appliquées au traitement des boues d'épuration : état de l'art, bilan des connaissances et des impacts environnementaux. Ingénieries, n° spécial 2008, p. 81-93.
- Basset-Mens, C., Small, B., Paragahawewa, U., Langevin, B., Blackett, P., 2009. Life cycle thinking and sustainable food production. International Journal of Product Lifecycle Management 4, (252-269).
- Langevin, B. and Basset-Mens, C. and Lardon, L., 2010. Inclusion of the variability of diffuse pollutions in LCA for agriculture: the case of slurry application techniques. Journal of Cleaner Production 18, (747-755).
- M. Chakroun, G. Gogu, T. Pacaud, F. Thirion, 2011. An Eco-innovative Design Approach based on TRIZ and its Application to a Centrifugal Spreader. Journal of Mechanical Design (En soumission).
- Pradel, M., Thirion F., 2011. Environmental and energetic approaches of fertilising practices: comparison of four spreading practices with Life Cycle Assessment tool. International Journal of Sustainable Development (En soumission depuis 2008).

Communications dans des journaux sans comité de lecture

- Pradel, M., 2008. Des performances techniques aux performances environnementales et énergétiques des technologies et machines agricoles. In : AGENG 2008. Travail du sol et performances énergétiques et environnementales, Note de veille Machinisme agricole, CETIM, septembre 2008, 10 pages.
- Didelot, D., 2009. R&D – Quand l'épandage intègre l'éco-conception. Environnement et technique, n° 284, mars 2009 – p. 30-32.
- Havard, P., Pradel, M. 2010. Une méthode globale pour évaluer les épandeurs de fertilisants organiques. Revue Cap Agro, octobre 2010. Revue CapAgro, p. 8-9.

International Conferences and Symposiums

- Thirion, F., Chabot, F. Impacts of heterogeneous manure spreading on nitrate lixiviation – Conférence RAMIRAN (Research Network on Recycling of Agricultural and Industrial Residues in Agriculture) à Albena, Bulgarie du 11 au 14 juin 2008.
- Langevin, B., Bellon Maurel V., et al. (2008). Implications of field and climate

variability in the Life Cycle Assessment of slurry application techniques: a scoping study. 6th international conference on life cycle assessment in the agri-food sector (LCA food 08), Zurich.

- Pradel, M., Thirion, F., (2008). Life Cycle Assessment (LCA) applied to agricultural land spreading: a new environmental approach for improving fertilisation. International Conference on Agricultural Engineering AgEng2008, 23-25 June 2008, Crete, 12 p.
- Pradel, M., Thirion, F., (2008). Environmental and energetic approaches of fertilising practices: comparison of four spreading practices with LCA tool. 8th IFSA Symposium, 6-10 July 2008, Clermont-Ferrand, France, 2 p.

Liste des publications relatives au projet ECODEFI dans le cadre d'ECOTECHS08 – 21 et 22 octobre 2008 – Montoldre (03)

- Lacour, S., Dieudé-Fauvel, E., Langle, Th., 2008. Un outil de simulation numérique pour comparer la consommation de carburant des tracteurs agricoles pendant l'usage et déterminer leur impact environnemental, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 12 p.
- Decoopman, B., 2008. Caractériser les fertilisants organiques : un moyen pour améliorer leur impact environnemental et leur innocuité, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 8 p.⁽¹⁾
- Thirion, F., 2008. Sensibilité des lessivages de nitrate à la répartition des épandages d'engrais organiques, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 8 p.
- Rousselet, M., Mazoyer, J., Pradel, M., 2008. Mise en place d'indicateurs technologiques pour l'évaluation des performances environnementales des machines d'épandage d'engrais organiques, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 14 p.

Communications d'auteurs impliqués dans le comité de pilotage du projet Ecodefi

- Raimond, A., 2008. Certification environnementale pour l'agriculture : les épandeurs organiques ont un rôle à jouer! in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France.
- Coulombeix, H., 2008. Une nouvelle démarche qualité pour les entrepreneurs de travaux d'épandage : QualiTerritoires, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 9 p.

Communications d'auteurs sollicités en tant qu'experts dans le cadre de la tâche T2

- Malaval, C., Jouy, L., Desvignes, Ph., Carpy-Goulard, F., Dumont, A., 2008. Caractériser les pratiques d'un système de cultures vis-à-vis de la durabilité, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 13 p.
- Ossard, A., Galan, M.B., Boizard, H., Leclercq, C., Lemoine, C., 2008. Evaluation des impacts environnementaux des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole : une méthode de diagnostic spatialisé, fondée sur des indicateurs, le DAE-G, in: Ecotechs08, 21-22 octobre 2008, Montoldre, France, 14 p.

⁽¹⁾ M. Decoopman fait partie du personnel de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, fortement impliquée dans le projet Ecodefi.

Suite des publications “Colloques et conférences” :

- Langevin, B., Bellon-Maurel, V., Froelich, D., 2008. Implications of field and climate variability in the Life Cycle Assessment (LCA) of slurry application techniques: a scoping study. Poster, International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, november 12-14, 2008, Zurich, Switzerland.
- Basset-Mens, C., Small, B., Paragahawewa, U., Langevin, B., Blackett, P., 2008. Can LCA contribute towards sustainable food production? 8th International conference on EcoBalance, 10-12 december 2008, Tokyo, Japan.
- Pradel, M., Rousselet, M., Thirion, F., Havard, P., Cosnier, J.-Y., Cariolle, M., Roux, P., 2009. Environmental evaluation of organic spreading machines – a method to link technology with field emissions. Poster, colloque “L’Europe de la fertilisation”, 3 et 4 février 2009, Rennes, France.
- Piron, E., Pradel, M., Thirion, F., 2009. Environmental evaluation of organic spreading machines – a spreading simulator. Poster, colloque “L’Europe de la fertilisation”, 3 et 4 février 2009, Rennes, France.
- Rousselet, M., Havard, P., Mazoyer, J., Pradel, M., Cosnier, J.-Y., 2009. Qualité d’épandage des produits fertilisants. Journée COMIFER-Académie d’Agriculture de France “L’utilisation des produits organiques pour fertiliser les cultures et amender les sols dans une agriculture durable”, 17 mars 2009, Paris, France.

Pour le Colloque Cemagref-Cetim « Performances environnementales des agroéquipements – quels outils pour l’évaluation et la conception des machines agricoles ? », le 26/02/2009, ont été présentées les communications suivantes en lien direct avec le projet ECODEFI:

- Cariolle, M., Pradel, M., 2009. Complexité des méthodologies de calcul des flux d’émissions potentiellement polluantes à partir des performances technologiques mesurées sur les machines. Présentation Colloque SIMA 09 sur “performances environnementales des agroéquipements”, 26 février 2009, Villepinte, France.
- Havard, P., Dieudé-Fauvel, E., 2009. Cas du tassement des sols et de l’orniérage dans le calcul des impacts environnementaux. Présentation Colloque SIMA 09 sur “performances environnementales des agroéquipements”, 26 février 2009, Villepinte, France.
- Jacinto, G., Lacour S., 2009. Cas de l’énergétique des tracteurs: la méthode espagnole et le travail français pour aller vers une classification européenne. Présentation Colloque SIMA 09 sur “performances environnementales des agroéquipements”, 26 février 2009, Villepinte, France.
- Piron, E., 2009. Un premier outil pour Eco-concevoir de nouvelles machines: le simulateur d’épandage pour minimiser les pollutions en intra-parcellaire. Présentation Colloque SIMA 09 sur “performances environnementales des agroéquipements”, 26 février 2009, Villepinte, France.
- Barnabe, F., 2009. Logique de l’écoconception adaptée au machinisme agricole – Présentation d’un guide en construction. Présentation Colloque SIMA 09 sur “performances environnementales des agroéquipements”, 26 février 2009, Villepinte, France.

Suite des publications “Colloques et conférences” :

- Didelot D., Chakroun M., Langevin B., Thirion F., Piron E, 2009 – Agrotechnologies towards Ecotechnologies, the three pillars for developing Eco-design – XXXIII CIOSTA-CIGR V conference 2009, Reggio Calabria (Italy) – vol. 3, 1859-1863.
- Lacour S., Dieudé-Fauvel E., Langle T., Galiègues Y., 2009 – Numerical simulation tool to study fuel consumption during spreading - XXXIII CIOSTA-CIGR V conference 2009, Reggio Calabria (Italy) – vol. 2, 1161-1165.
- Chakroun M., Gogu G., Thirion F., Dec 2009 – An Eco-innovative Design Approach by Integrating TRIZ – EcoDesign 2009, Sixth International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Sapporo, Japan.
- M. Chakroun, M. Pradel, F. Thirion, S. Lacour, G. Gogu. “An Eco-design in the Field of Spreading Technologies”. IEEE Green Technologies 2010, 2nd Annual IEEE Green Technologies Conference, Dallas/Fort Worth - Grapevine, Texas, USA, 2010.
- Langevin, B., Basset-Mens, C., Lardon, L. - Apport des modèles de simulation pour l’analyse de cycle de vie de produits agricoles : application aux techniques d’épandage de lisier – Séminaire bisannuel des concepteurs et utilisateurs du modèle de culture STICS, 16-18 mars 2010, Sorèze, France.
- Langevin, B., Basset-Mens, C., Lardon, L. - The use of models to account for the variability of agricultural data in LCA studies – 7^e international conference on life cycle assessment in the agri-food sector, 22-24 sept. 2010, Bari, Italy.
- Pacaud Th., Pradel M., Thirion F. et Cariolle M. – Assessing nitrogen losses after sewage sludge spreading: a method based on simulation models and spreader technological performances – 17th Annual Conference 2009 “Nitrogen : improving the efficiency of its use in agriculture”, IFS, 9-11 december 2009, poster.
- Langevin, B., Basset-Mens, C. et Lardon, L., 2010. Apport des modèles de simulation pour l’analyse de cycle de vie de produits agricoles : application aux techniques d’épandage de lisier. STICS seminar INRA, 16 au 18 mars 2010, Sorèze, France.

Pour la conférence AgEng 2010 – Clermont-Ferrand – 6-8 septembre 2010 - communications orales :

- Lacour S., Galiègue Y., Guiscafré P., Gallet Ph., Vaitilingom G., Higelin P., Pradel M. - The contribution of field experiments to Life Cycle Assessment of agricultural works : application to spreading works – AgEng2010, 6-8 sept. 2010, Clermont-Ferrand – France.
- Pradel M., Rousselet M., Pacaud Th., Lacour S. – Improving environmental performances of organic spreading technologies through the use of Life Cycle Assessment – AgEng2010, 6-8 sept. 2010, Clermont-Ferrand – France.
- Pacaud Th., Pradel M., Thirion F. et Cariolle M. – Assessing nitrogen losses after sewage sludge spreading: a method based on simulation models and spreader technological performances – AgEng2010, 6-8 sept. 2010, Clermont-Ferrand – France.
- M. Rousselet, J. C. Roux, M. Pradel, J. Mazoyer, J.Y. Cosnier, P. Havard – Environmental performance indicators of organic spreading machines - AgEng2010, 6-8 sept 2010, Clermont-Ferrand – France.

Pour la conférence ECOTECHS 2010 – International workshop on Eco-design Methods and Tools for Agricultural Technologies – Clermont-Ferrand – 3-4 septembre 2010 – communications orales :

- Rousselet, M., Roux, J.-C., Pradel, M., Mazoyer, J., Cosnier, J.-Y., Havard, P. – Environmental performance indicators of organic spreading machines – Ecotechs2010, 3-4 sept. 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Roux, P., Lablee, J.-L., Pradel, M., Pacaud, Th., – Simplified LCA software for assessing environmental performances of spreading scenarios as a tool for optimising practices, equipments and logistics – Ecotechs2010, 3-4 sept. 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Chakroun, M., Gogu, G., Rousselet, M., – An Eco-innovative Design Approach: Concept Generation and Evaluation – Ecotechs2010, 3-4 sept. 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Roux, J.-C., Heritier, P., Dieudé-Fauvel, E., – Centrifugal spreading of pasty materials – Ecotechs2010, 3-4 sept. 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Pradel, M., Pacaud, Th., Roux, P., Lablee, J.-L. – ACV3E, a tool to assess environmental performances of spreading scenarios – Poster - Ecotechs2010, 3-4 sept. 2010, Clermont-Ferrand, France.

Pour la conférence ECOTECHS 2010 – Clermont Ferrand – 3-4 septembre 2010 – Présentations d'éco-innovations en "exhibition day" du 4 septembre :

- BUCHET organic spreader – To know the real spread amount and for the evenness control.
- SIRTEC innovative sludge pellet spreader, designed by using "Inventive Problem Solving" (TRIZ) methodologies.
- Presentation of software tools for supporting Eco-design use: Spreading simulator – Simplified ACV tool (acv3E) – Eco-design guide.

Notes

