
MARIE BONNIN

Maître de Conférences – Université d'Angers

Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes (LARIS)
Institut Supérieur de la Santé et des Bioproduits d'Angers (ISSBA)
16 boulevard Daviers, 49045 Angers CEDEX, France

Tel: +33(0)2.41.22.67.12/ E-mail: marie.bonnin@univ-angers.fr

ACTIVITÉS DE RECHERCHES EN COURS

MCF	Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes (LARIS) Équipe Sûreté de Fonctionnement et aide à la Décision (SFD)	Depuis sept. 2014
	○ Étude bibliographique des études conduites au LARIS ○ Couplage analyse du cycle de vie – méthode d'optimisation multicritère pour améliorer l'évaluation environnementale dans les domaines de l'agroalimentaire et du bâtiment	

FORMATION

Doctorat	Laboratoire de Génie Chimique (LGC) Département Procédé et Système Industriels. Université de Toulouse <u>Directeurs</u> : Prof. Catherine Azzaro-Pantel et Dr. Jacques Villeneuve Optimisation multicritère pour une gestion globale des ressources naturelles : application au cycle du cuivre en France	Soutenance : 11/12/2013
Ingénieur	Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA) Génie des Procédés et de l'Environnement Semestre Erasmus à l'Institut Royal de Technologie (KTH) de Stockholm, Suède Domaine d'étude : Optimisation multiobjectif, analyse des flux de matière, recyclage, gestion des ressources, cuivre, analyse du cycle de vie.	2005-2010 2009

THÈMES DE RECHERCHE

Optimisation multicritère à l'aide de méthodes déterministes et heuristiques (programmation linéaire, méthode ε -contrainte, algorithme génétique, etc.)
Couplage modélisation et analyse du cycle de vie des procédés.

EXPÉRIENCES EN ENSEIGNEMENT

- Université d'Angers : ISSBA, ISTIA et faculté des Sciences
Plus de 250h d'enseignements (cours, TD, encadrement de projets, stages, etc.) **2014-2015**
- Cours et TD de Qualité (Initiation, Outils, Démarche, Normes, etc.)
 - Cours et TD d'Environnement (Outils ACV et Bilan Carbone, Démarche, Normes, etc.)
- Université de Toulouse : ENSIACET et IUT Génie Chimique – Génie des Procédés
96h d'enseignement par an de novembre 2010 à juin 2013 (vacations à l'ENSIACET et à l'IUT)
192h d'enseignement de septembre 2013 à juin 2014 (ATER à l'ENSIACET)
- TP transferts thermiques et opérations solides-fluides à l'IUT, TD de bilans matières et enthalpiques et TD de mathématiques à l'ENSIACET **2010-2013**
 - TD de bilans, distillation, absorption, optimisation, mathématiques et TP pilotes transferts thermiques, distillation, absorption, agitation, etc. **2013-2014**
 - Encadrement de différents projets d'étudiants de l'IUT et de l'ENSIACET **2010-2014**

AUTRES EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

- Stage dans la société Transénergie (Toulouse) : amélioration de la performance énergétique des bâtiments (simulations thermiques) et intégration de ressources renouvelables, rédaction d'appels d'offres, etc. **Février-Juin 2010**
- Stage dans la société Solar Concept (Saint-Orens-de-Gameville) : Dimensionnement et installation de systèmes solaires thermiques et photovoltaïques **Juin-Septembre 2009**
- Stage d'un mois au Mali : installation de panneaux solaires pour l'association Soleil Africa (montage et définition du projet, recherche de financement, etc.) **Juillet 2007**
- stage de 5 semaines aux Services Techniques de la Mairie de Saintes **Juin/Juillet 2006**

COMPÉTENCES

Linguistiques

Anglais : courant (915 points au TOEIC, 2008)

Allemand : compréhension d'une conversation simple

Techniques scientifiques :

- ✓ Analyses en Cycle de Vie (UMBERTO, SIMAPRO) ;
- ✓ Modélisation de procédés et d'écoulement des fluides (Matlab, Aspen, Prosim, Fluent, Gambit, GAMS) ;
- ✓ Analyse des Flux de Matière (STAN, BILCO) ;
- ✓ Méthodes d'optimisation (Algorithme Génétique, etc.) et d'aide à la décision (TOPSIS, etc.) ;
- ✓ Dessin Assisté par Ordinateur et Conception Assistée par Ordinateur (AutoCad, SolidWorks) ;
- ✓ Bilan Carbone® (formation avec la méthode de l'ADEME) ;
- ✓ Calculs thermiques (logiciel Perrenoud) ;
- ✓ Étude, dimensionnement et simulation de systèmes photovoltaïques (logiciel PVSyst) ;
- ✓ Maîtrise des logiciels de la suite office et langage LaTeX ;
- ✓ Assez bonne maîtrise du langage html et quelques bases en php.

PUBLICATIONS DANS DES PROCEEDINGS DE CONGRÈS AVEC COMITÉ DE LECTURE (ACCEPTATION SUR TEXTE COMPLET)

- "Comparative analysis of environmental assessment methods: application to lead battery cases", M. Bonnin, C. Azzaro-Pantel, S. Domenech, L. Pibouleau and J. Villeneuve
Récents Progrès en Génie des Procédés, 2011, Numéro 101, 517-1 - 517-6
- "Development of a Dynamic Material Flow Analysis Model for French Copper Cycle", M. Bonnin, C. Azzaro-Pantel, L. Pibouleau, S. Domenech and J. Villeneuve
22nd European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Elsevier, 2012, Computer-Aided Chemical Engineering 30, 122 – 126
- "Development of a Sustainable Copper Scrap Management Model", M. Bonnin, C. Azzaro-Pantel, L. Montastruc, L. Pibouleau, S. Domenech, J. Villeneuve
23rd European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Elsevier, 2013, Computer-Aided Chemical Engineering 32, 613 – 618

PUBLICATION DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

- "Development and validation of a dynamic material flow analysis model for French copper cycle", M. Bonnin, C. Azzaro-Pantel, L. Pibouleau, S. Domenech, J. Villeneuve
Chemical Engineering Research and Design, 2013, 91, 1390 – 1402.
- "Multicriteria optimization of copper scrap management strategy", M. Bonnin, C. Azzaro-Pantel, S. Domenech, J. Villeneuve
Resources, Conservation & Recycling, notification d'acceptation reçue par mail le 24/03/2015

DÉTAIL DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE

TRAVAUX DE DOCTORAT (POURSUIVIS DURANT MON POSTE D'ATER) - 2010/2014

Optimisation multicritère pour une gestion globale des ressources naturelles : application au cycle du cuivre en France.

Contexte : Ma thèse s'est déroulée dans le cadre du projet ANR ESPEER (Entrées-sorties physiques incluant des extensions environnementales pour une gestion globale des ressources), dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire de Génie Chimique (LGC, Toulouse) et le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM, Orléans), en partenariat avec les entreprises Renault et Cycleco (entreprise spécialisée dans l'analyse du cycle de vie) ainsi qu'avec l'Institut D'Économie Publique (IDEP, Aix-Marseille). J'ai été amenée à travailler régulièrement au BRGM et j'ai participé aux réunions de projet et de travail avec l'ensemble des partenaires ainsi qu'avec des responsables de l'ANR.

Résumé :

L'objectif de mon travail était de développer une méthodologie de gestion des ressources qui s'appuie sur les approches classiques de génie des procédés, notamment à travers le concept de bilan de matière, et qui prend en compte à la fois les aspects environnementaux et économiques de l'utilisation d'une substance à une grande échelle géographique. L'application retenue concerne l'optimisation de la gestion du cuivre en France.

La première phase de mon travail visait à définir les outils permettant de définir au mieux les impacts économiques et environnementaux liés à l'utilisation d'une substance à l'échelle d'un pays ainsi qu'une méthode pour optimiser la gestion de la ressource. Une analyse bibliographique m'a conduite à retenir une méthodologie en quatre étapes (Bonnin et al., Colloque de la Fédération Gay-Lussac, 2011) :

- Identification des flux et stocks de ressource, via une analyse des flux de matière (MFA) ou par l'utilisation des tableaux entrées-sorties d'Eurostat ;
- Analyse des impacts environnementaux liés à l'utilisation de la ressource, via une analyse du cycle de vie (ACV), la MFA pouvant être utilisée comme donnée d'entrée pour l'inventaire de l'ACV ;
- Analyse des coûts liés à l'utilisation de la ressource ;
- Optimisation multicritère visant à trouver les meilleures solutions de gestion permettant de minimiser les coûts, les impacts sur l'environnement et les pertes de ressource, via un algorithme génétique (AG).

La méthodologie a ensuite été appliquée à un exemple simplifié à des fins de validation portant sur l'analyse comparative entre des batteries au plomb et des batteries lithium-ion (Bonnin et al., Récents Progrès en Génie des Procédés, 2011).

La gestion du cuivre en France a ensuite mobilisé toute l'attention de mon travail de recherche. Deux cartographies des flux de cuivre en France ont ainsi été réalisées, la première dynamique (de 2000 à 2009) selon la méthode d'analyse des flux de matière et la seconde à partir des tableaux entrées-sorties physiques réalisés en 2003 dans le cadre du projet européen Forwast. La comparaison de ces deux cartographies a permis de s'interroger sur les sources d'incertitudes dans les deux méthodes qui peuvent conduire à des incohérences ou des approximations de bilan. Des méthodes de réconciliation de données ont été appliquées pour obtenir une cartographie la plus fiable possible. Cette première étude a permis de mettre en évidence les principaux flux de cuivre importés, exportés et produits en France sous chaque forme (cuivre brut, raffiné, produit fini, etc.), et a notamment montré que la majorité des pertes de cuivre ont lieu à l'étape de traitement des déchets. Il faut donc se concentrer sur cette étape pour améliorer significativement le système de gestion. En effet, la plupart des déchets collectés sont exportés ou éliminés, et seule une fraction de déchets à très haute teneur en cuivre est recyclée en France (Bonnin et al., 22nd ESCAPE, 2012 and Engineering Research and Design, 2013).

La troisième étape de mon travail a porté sur la caractérisation du traitement des déchets et les possibilités d'amélioration, et notamment sur la mise en place d'une industrie du recyclage du cuivre. Les différentes options de gestion des déchets, incluant les procédés de recyclages existants, ont été répertoriées et évaluées d'un point de vue économique et environnemental, via une ACV.

Enfin, j'ai proposé un modèle d'optimisation multiobjectif, permettant de calculer les coûts et les impacts environnementaux pour différents modes de gestion. Ce modèle a été codé à l'aide de Matlab® et représente l'ensemble du cycle du cuivre en France. À partir de la contrainte de consommation de cuivre raffiné en France et des données sur la production annuelle de déchet, toutes les options possibles d'approvisionnement en cuivre raffiné sont représentées : importation de cuivre raffiné directement ou production à partir du recyclage des déchets ou d'importation de cuivre primaire ou faiblement transformé. Une soixantaine de variables représente les différents choix (flux importés et exportés, flux recyclés, choix des procédés, etc.). Un algorithme génétique est ensuite mis en œuvre pour optimiser le système en considérant à la fois les coûts, les émissions de gaz à effet de serre, la consommation énergétique et les pertes de ressource dans l'environnement. Ce modèle a été appliqué dans un premier temps au cas du choix de procédés de recyclage des déchets de cartes de circuits imprimés (Bonnin et al., 23rd European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 2013), puis dans un second temps au modèle complet de gestion du cuivre. Un article complet a été soumis au journal « Resources, Conservation & Recycling » et nous avons reçu la notification d'acceptation par mail le 24/03/2015.

La mise en œuvre de l'algorithme génétique a permis de réaliser des optimisations mono et biobjectifs dont le résultat principal est la nécessité de mettre en œuvre une filière efficace de traitement des déchets électriques et électroniques. Cependant, ces optimisations ont mis en avant des difficultés de l'AG pour atteindre les optima globaux et un temps de calcul très important. Cela s'explique par la présence d'une contrainte égalité forte : la nécessité de satisfaire le bilan matière.

C'est pourquoi la possibilité de linéariser le problème en vue de le résoudre à l'aide d'une formulation MILP (mixed-integer linear programming) a été étudiée. Une version simplifiée du problème a ainsi été linéarisée et codée à l'aide du logiciel GAMS. Les algorithmes linéaires utilisés ne pouvant réaliser que des optimisations monobjectifs, une méthode dérivée de la méthode ε -contrainte a été proposée et mise en œuvre pour trouver une bonne solution de compromis sans construire la totalité du front de Pareto et grâce à un nombre limité de points. Cette première mise en œuvre est prometteuse et le résultat principal est similaire à celui obtenu avec l'AG. Un article complet est en cours de rédaction sur ce sujet également.

ENCADREMENT D'UN ÉTUDIANT INGÉNIEUR EN STAGE DE FIN D'ÉTUDE - 2013

Stage de 3ème année de Philippe POUMAILLOUX réalisé au Laboratoire de Génie Chimique de Toulouse, (Mars-Septembre 2013)

Modélisation de procédés de recyclage du cuivre en vue d'une analyse environnementale et économique

L'objectif de ce stage est de venir compléter mes travaux de thèse en travaillant spécifiquement sur la problématique du recyclage du cuivre. En effet, dans le modèle développé des coefficients issus de la littérature ont été utilisés pour caractériser les procédés de recyclage du cuivre. Cependant, les données disponibles étaient souvent peu précises et pas toujours spécifiques au cas du recyclage. Ainsi, l'objectif de ce stage était d'obtenir des données plus précises, via la modélisation des procédés utilisés dans mon modèle à l'aide d'un logiciel de flowsheeting (ASPEN-Plus® ou METSIM®) et via une analyse environnementale réalisée avec le logiciel d'analyse du cycle de vie SimaPro®.

ACTIVITÉS DE RECHERCHE AU SEIN DU LARIS – DEPUIS SEPT. 2014

Les activités de recherche du Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes (LARIS) sont réparties entre trois équipes :

- Systèmes Dynamiques et Optimisation (SDO)
- Information, Signal, Image et Sciences du Vivant (ISISV)
- Sûreté de Fonctionnement et aide à la Décision (SFD)

J'ai rejoint le 1^{er} septembre 2014 l'équipe SFD, qui développe des thématiques de recherche sur les phases de conception et de production – ou réalisation – du produit. Cette équipe comprend 14 membres, une dizaine de membres associés ou temporaires ainsi qu'une dizaine de doctorants.

Depuis mon arrivée je développe des projets de recherche concernant le couplage entre des outils d'analyse du cycle de vie et des méthodes d'optimisation multicritère afin d'aider à la prise de décision selon des critères environnementaux :

- Établissement d'un partenariat avec le GRAPPE concernant la comparaison des pratiques agricoles dans le domaine viticole
- Établissement d'un partenariat avec la société Cynapsys concernant le développement et la mise en œuvre de méthodes d'analyse du cycle de vie dynamiques dans le domaine du bâtiment

J'ai également d'autres projets de recherche :

- J'ai intégré un consortium lié à la conception d'une micro-turbine pour insuffisance cardiaque
- J'ai rejoint un groupe de travail du Réseau Eco-conception Nord-Ouest (RENO) : nous travaillons à la réalisation d'un outil pour aider les concepteurs à choisir le meilleur outil d'éco-conception disponible en fonction de leur problématique