
PHD PROPOSAL

SMART FOOD PRODUCTION PLANNING WITH DEMAND RESPONSE

Appel à candidature ouvert jusqu'au 15 octobre inclus

Début de thèse : courant novembre 2021

Environnement

Oniris est un établissement d'enseignement supérieur et de recherche du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation situé à Nantes. Oniris forme des étudiants aux métiers vétérinaires et d'ingénieurs dans l'alimentation. La formation d'ingénieur repose sur des activités de recherches dans des domaines diversifiés tels que la sécurité et qualité des aliments, les procédés alimentaires, la science des données appliquée aux problématiques agroalimentaires et connexes, le développement durable... La thèse se déroulera au sein de l'unité Statistique, Sensométrie et Chimiométrie (USC INRAe 1381 StatSC) sur le campus de la Géraudière. Elle s'effectuera sous la direction de Véronique Cariou, enseignant-chercheur en science des données et sera encadrée par Sonia Mahjoub, enseignant-chercheur en gestion de production, unité LEMNA, et par Cyril Toublanc, enseignant-chercheur en génie des procédés et énergétique, UMR CNRS 6144 laboratoire GEPEA. La complémentarité des champs disciplinaires des encadrants sera exploitée de manière à combiner les approches d'optimisation numérique et « dirigées par les données » dans un contexte d'*Industrie 4.0* avec en particulier la notion de jumeau numérique, au service des procédés industriels et de la maîtrise énergétique.

Contexte

Face au réchauffement climatique, l'un des enjeux majeurs des processus industriels réside dans l'optimisation de leur consommation énergétique, de manière à en limiter l'impact environnemental et en particulier l'empreinte carbone générée. Ceci est particulièrement vrai pour l'industrie agroalimentaire, 3^e secteur industriel le plus consommateur d'énergie. Pour répondre à un tel enjeu, l'une des alternatives vise à substituer certains procédés fonctionnant à partir de combustibles fossiles par des procédés, à faible empreinte carbone, faisant appel notamment à l'énergie électrique. Parallèlement, les évolutions numériques et technologiques offrent un cadre prometteur pour une optimisation et un réajustement dynamique de la planification industrielle par l'exploitation des données et l'utilisation d'algorithmes de modélisation.

Ce projet s'inscrit dans la mise en œuvre d'une ligne de production agroalimentaire *décarbonée* avec le **développement d'un outil de planification des processus industriels agroalimentaires à J+1 répondant aux besoins de production en optimisant le *sourcing électrique*** auprès des marchés énergétiques et des systèmes de production sur site d'électricité renouvelable ensuite stockée puis autoconsommée. **Afin de prendre en compte les incertitudes inhérentes à la production d'électricité renouvelable et au process industriel, un jumeau numérique sera mis en œuvre pour un réajustement dynamique de la planification au jour J.**

Enjeux scientifiques

Ce travail de thèse s'intéressera à la conception et à la mise en œuvre d'un outil de planification périodique des processus de fabrication à J+1 avec une optimisation du sourcing énergétique. Le premier objectif de ce projet est inspiré du travail du Duarte et al. (2020) qui consiste à développer une approche d'optimisation en intégrant les incertitudes sur la disponibilité des énergies renouvelables et sur les prix de l'électricité. Nous proposons de prédire la production électrique en investiguant différents types de modèles de prévision météorologique pour les énergies renouvelables (Cros et Pinson, 2018) – modèles additifs, réseaux de neurones -, ... (Chen et al., 2011 ; Pierrot & Goude, 2011 ; Voyant et al., 2014 ; Wood, Goude & Shaw, 2015 ; Zamo et al., 2014). Ces modèles exploiteront à la fois des bases de données externes météorologiques de prévision court terme et des données internes d'historique de production. Cette première phase du projet sera finalisée par une évaluation de la robustesse et de sensibilité des solutions obtenues à différents scénarii économiques et énergétiques.

Ensuite une deuxième étape consistera à concevoir et mettre en place un jumeau numérique pour pallier en temps réels aux différents aléas météorologiques et de production. L'ajustement réactif et dynamique de ce premier modèle sera étudié de manière à intégrer le jour de la production l'incertitude quant à (1) la quantité effectivement disponible en énergies renouvelables ainsi que (3) la variabilité du coût de l'électricité du réseau. La conception d'un jumeau numérique permettra, pendant la production, de réagir en temps réel pour pallier aux écarts entre les prédictions et les mesures effectuées sur site en exploitant conjointement les données internes (capteurs en ligne).

Une partie importante du début de thèse visera à cerner les secteurs de l'agroalimentaire présentant le plus d'intérêt pour une telle approche et le futur doctorant sera amené avec ses encadrants à interagir avec les réseaux Ligériens afin d'identifier le cadre applicatif industriel le plus opportun. La mise en œuvre de la méthodologie proposée se fera en collaboration avec l'industriel identifié. En parallèle, il est envisagé de générer des données à partir d'une *usine* virtuelle modélisée avec des outils logiciels dont on dispose déjà de manière à évaluer l'approche proposée.

Profil attendu et informations complémentaires

Les profils recherchés sont de type master en science des données / mathématiques appliquées ou diplôme d'ingénieur avec un intérêt prononcé pour les applications de planification industrielle et d'optimisation énergétique dans le contexte agro-alimentaire.

Compétences requises :

- Apprentissage automatique, modélisation statistique, optimisation et recherche opérationnelle, génie industriel, programmation (Python, R)
- Goût pour la recherche appliquée dans un cadre pluri-disciplinaire et collaboratif.

Financement obtenu de la part du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) et de la Région Pays de la Loire dans le Cadre du Plan Etat Région (CPER) 2021-2026.

Rémunération annuelle 30 000 € (Rémunération nette mensuelle : ~1500€)

Contacts

Véronique Cariou : Veronique.cariou@oniris-nantes.fr, [USC STATSC](#)

Sonia Mahjoub : sonia.mahjoub@oniris-nantes.fr, [EA LEMNA](#)

Cyril Toublanc : cyril.toublanc@oniris-nantes.fr, [UMR CNRS GEPEA](#)

Candidature

Les candidats sont invités à envoyer par courriel une lettre de motivation et un curriculum vitae décrivant en détail leur formation universitaire, y compris tous les modules suivis et les notes attribuées.

Le recrutement se fera sur la base d'un entretien.

Bibliographie

Chen, C., Duan, S., Cai, T., & Liu, B. (2011). Online 24-h solar power forecasting based on weather type classification using artificial neural network. *Solar energy*, 85(11), 2856-2870.

Cros, S., & Pinson, P. (2018). Préviation météorologique pour les énergies renouvelables. *La Météorologie*.

Duarte, J. L. R., Fan, N., & Jin, T. (2020). Multi-process production scheduling with variable renewable integration and demand response. *European Journal of Operational Research* 281 ,186–200.

Pierrot, A., & Goude, Y. (2011). Short-term electricity load forecasting with generalized additive models. *Proceedings of ISAP power*, 2011.

Voyant, C., Darras, C., Muselli, M., Paoli, C., Nivet, M. L., & Poggi, P. (2014). Bayesian rules and stochastic models for high accuracy prediction of solar radiation. *Applied energy*, 114, 218-226.

Wood, S. N., Goude, Y., & Shaw, S. (2015). Generalized additive models for large data sets. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C: Applied Statistics*, 139-155.

Zamo, M., Mestre, O., Arbogast, P., & Pannekoucke, O. (2014). A benchmark of statistical regression methods for short-term forecasting of photovoltaic electricity production, part I: Deterministic forecast of hourly production. *Solar Energy*, 105, 792-803.

Zamo, M., Mestre, O., Arbogast, P., & Pannekoucke, O. (2014). A benchmark of statistical regression methods for short-term forecasting of photovoltaic electricity production. Part II: Probabilistic forecast of daily production. *Solar Energy*, 105, 804-816.

PHD PROPOSAL

SMART FOOD PRODUCTION PLANNING WITH DEMAND RESPONSE

Call for applications open until October, 15th

Start of thesis: November 2021

Location

Oniris is a higher education and research institution of the Ministry of Agriculture and Food located in Nantes. Oniris trains students for veterinary and food engineering domains. Research activities associated with engineering encompass various fields such as food safety and quality, food processes, data science for agrifood, sustainable development... The thesis will take place in the Statistics, Sensometrics and Chemometrics unit (USC INRAe 1381 StatSC) within the Géraudière campus. It will be carried out under the supervision of Véronique Cariou, Associate-Professor in data science, together with Sonia El Mahjoub, Associate-Professor in production management, LEMNA unit, and with Cyril Toubanc, Associate-Professor in process and energy engineering, UMR CNRS 6144 GEPEA laboratory. The complementarity of the supervisors' disciplinary fields will make it possible to combine numerical and "data-driven" optimization approaches in an Industry 4.0 context with, in particular, the notion of a digital twin for industrial processes and energy control.

Context

Faced with global warming, one of the major challenges of industrial processes is to optimize their energy consumption, to limit their environmental impact and in particular the carbon footprint generated. This is particularly true for the food industry, the third most energy-intensive industrial sector. To meet this challenge, one of the alternatives is to replace carbon intensive processes with low-carbon processes involving electrical energy. In parallel, digital and technological developments offer a promising framework for optimization and dynamic readjustment of industrial planning through the use of data and modeling algorithms. This project is part of the implementation of a decarbonized food production line with the development of a planning tool for industrial processes that meets production needs by optimizing electrical sourcing from electricity markets and on-site renewable electricity production systems. To take into account uncertainties inherent to the prediction of renewable electricity and to the industrial process, a digital twin will be designed for a real-time readjustment of the planning.

Scientific issues

This thesis work will focus on the design and implementation of a periodic planning tool for manufacturing processes on D+1 with an optimization of energy sourcing. The first objective of this project is inspired by the work of Duarte et al. (2020) which consists of developing an optimization approach by integrating uncertainties on the availability of renewable energies and on electricity prices. Uncertainties related to the prediction of renewable energy for the day after will be investigated by comparing different kinds of forecasting models for renewable energies (Cros et Pinson, 2018) – additive models, neural networks -, ... (Chen et al., 2011 ; Pierrrot & Goude, 2011 ; Voyant et al., 2014 ; Wood, Goude & Shaw, 2015 ; Zamo et al., 2014). These models will leverage both external short-term forecast meteorological databases and internal historical production data.

Thereafter, a digital twin will be designed to mitigate in real time the various production contingencies. The reactive and dynamic adjustment of this first model will be studied in order to improve, during the day of production, the uncertainty about (1) the actual amount of renewable energy available as well as (3) the variability of the cost of electricity from the grid. The design of a digital twin will allow, during production, to react in real time to discrepancies between predictions and on-site measurements by jointly exploiting internal data (on-line sensors).

An important part of the thesis will aim at identifying the food industry sectors most interested by such an approach. The future PhD student will interact with the Ligerian networks in order to identify the most appropriate industrial application framework. The proposed methodology will be applied to a real case study in collaboration with the identified industrial. In addition, it will be evaluated with simulated data generated from a virtual factory modeled with software tools already available.

Expected profile and additional information

Profile: Master in computer science or applied mathematics, Engineering school.

Skills: Machine learning, statistical modeling,
Optimization and operational research, industrial engineering,
Good technical skills in programming (Python, R).

Interest for applications in the agrifood context, especially associated with industrial planning and energy optimization.

Taste for applied research in a multi-disciplinary and collaborative framework.

Funding obtained from the Ministry of Agriculture and Food (MAA) and the Pays de la Loire Region as part of the State Region Plan (CPER) 2021-2026.

Gross annual income: 30,000 € (Net monthly salary: about 1500 €)

Contacts

Véronique Cariou : Veronique.cariou@oniris-nantes.fr, [USC STATSC](#)

Sonia El Mahjoub : sonia.mahjoub@oniris-nantes.fr, [EA LEMNA](#)

Cyril Toublanc : cyril.toublanc@oniris-nantes.fr, [UMR CNRS GEPEA](#)

How to apply

Applicants are invited to email a cover letter and curriculum vitae detailing their academic background, including all disciplines taken and grades awarded.

Recruitment process will be done by interview.

Bibliography

Chen, C., Duan, S., Cai, T., & Liu, B. (2011). Online 24-h solar power forecasting based on weather type classification using artificial neural network. *Solar energy*, 85(11), 2856-2870.

Cros, S., & Pinson, P. (2018). Préviation météorologique pour les énergies renouvelables. *La Météorologie*.

Duarte, J. L. R., Fan, N., & Jin, T. (2020). Multi-process production scheduling with variable renewable integration and demand response. *European Journal of Operational Research* 281 ,186–200.

Pierrot, A., & Goude, Y. (2011). Short-term electricity load forecasting with generalized additive models. *Proceedings of ISAP power, 2011*.

Voyant, C., Darras, C., Muselli, M., Paoli, C., Nivet, M. L., & Poggi, P. (2014). Bayesian rules and stochastic models for high accuracy prediction of solar radiation. *Applied energy*, 114, 218-226.

Wood, S. N., Goude, Y., & Shaw, S. (2015). Generalized additive models for large data sets. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C: Applied Statistics*, 139-155.

Zamo, M., Mestre, O., Arbogast, P., & Pannekoucke, O. (2014). A benchmark of statistical regression methods for short-term forecasting of photovoltaic electricity production, part I: Deterministic forecast of hourly production. *Solar Energy*, 105, 792-803.

Zamo, M., Mestre, O., Arbogast, P., & Pannekoucke, O. (2014). A benchmark of statistical regression methods for short-term forecasting of photovoltaic electricity production. Part II: Probabilistic forecast of daily production. *Solar Energy*, 105, 804-816.