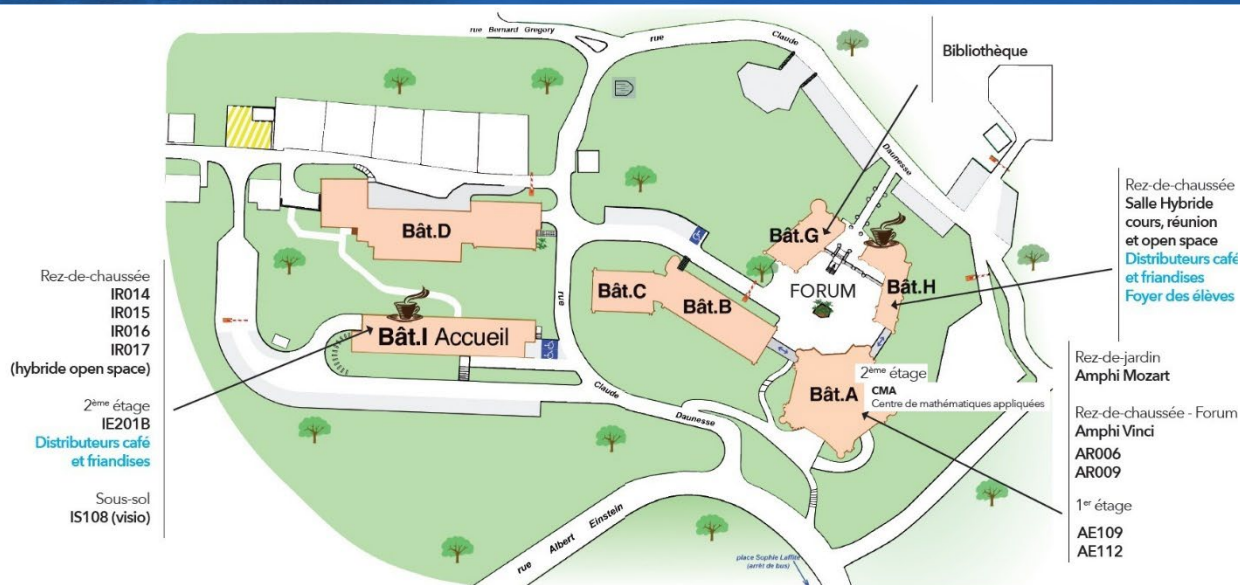


Planning des journées du Mastère Spécialisé® en Optimisation des Systèmes Energétiques

PROMOTION 2024



Campus Pierre LAFFITTE



**23/
09/
25**

PROGRAMME

Accueil	8h30	
Introduction	9h15	La décarbonation des pays en développement : un enjeu central
Plénière 1	9h45	Climat, énergie, développement, une vision pour une transition juste de l'Afrique
Pause	10h15	
Table ronde 1	10h45	État des lieux des différents besoins énergétiques des pays en développement
Déjeuner	12h00	
Table ronde 2	13h00	Quels systèmes énergétiques pour une transition viable ?
Table ronde 3	14h15	Financer la transition : outils, acteurs et réformes pour un développement soutenable
Pause	15h30	
Table ronde 4	16h00	Pour une transition juste : repenser les équilibres Nord-Sud
Plénière 2	17h15	Quel avenir énergétique pour les pays en développement ?
Conclusion	17h45	

 | PSL  

Amphithéâtre Vinci – Bâtiment A (et Visio conférence)

8h00	M. Bastien ZIAR	CHAIRE MPDD
	<i>Développement prospectif mondial de la filière nucléaire</i>	
8h45	Mme. Malak AL KOSTIT	EDF R&D
	<i>Vers une allocation durable du portefeuille d'investissement : Optimisation multi-objectif intégrant rendement, risque et alignement climatique</i>	
9h30	M. Victor BIALKOWSKI	RTE
	<i>Analyse de l'écart entre les prix en sortie d'Antares et le prix SPOT réel</i>	
10h15	PAUSE	
10h45	Mme. Ferdaous AHAJJAM	GRDF
	<i>Optimisation du transport du gaz vert porté</i>	
11h30	M. Alexandre MALPAUX	ENERGY POOL
	<i>Etude de la valeur créée par l'implémentation d'un programme de Demand-Response dans un système électrique national</i>	
12h15	DEJEUNER	
13h15	M. Amine EL ARABI	ENERGY POOL
Huis Clos	<i>Optimisation des contrats clients</i>	
14h00	M. Albin GAGNEPAIN	CHAIRE MPDD
	<i>Quantification énergétique des besoins essentiels</i>	
14h45	Mme. Joséphine HACOT	NATRAN
Huis Clos	<i>Analyse et évaluation des coûts d'abattement liés à la transition énergétique et à la décarbonation.</i>	
15h30	M. Dylan SCARCELLA	TOTALENERGIES
Huis Clos	<i>Prospective du carbone recyclé dans le secteur pétrochimique et la transition énergétique.</i>	
16h15	PAUSE	
16h45	M. Mathias TROCHON	AMB
Huis Clos	<i>Autoconsommation collective : Optimisation technico-économique des projets photovoltaïques multi-acteurs</i>	
17h30	M. Thibault CUBIZOLLES--SCHUMMER	EDF R&D
Huis Clos	<i>Modélisation et analyse de la valeur créée par le pilotage de la recharge domestique des véhicules électriques, bidirectionnelle ou unidirectionnelle</i>	
18h15	Fin de la première journée	

8h00	M. Mohamed Bechir MAARFI	EDF R&D
Huis Clos	<i>Optimisation technico-économique des systèmes énergétiques associant asset pilotables, stockage d'énergie et autoproduction photovoltaïque pour clients industriels et tertiaires</i>	
8h45	Mme. Halimatou DEMBELE	ENGIE - SOVEN
	<i>Impacts financiers des écarts de consommation PPA et gestion du risque : étude de cas solaire et UVE</i>	
9h30	M. Martin SAGEAUX	EFFICACITY
	<i>Création et amélioration de modèles de systèmes énergétiques pour le logiciel de simulation dynamique à l'échelle quartier PowerDIS</i>	
10h15	PAUSE	
10h45	Mme. Monique-Sandrine OMBASSA	FORVIA
	<i>Étude du potentiel d'optimisation énergétique du processus de production des réservoirs de stockage d'hydrogène</i>	
11h30	M. Matthieu MILANI	ARKOLIA
	<i>Chef de projet PPA / Analyste marché</i>	
12h15	DEJEUNER	
13h15	M. Jolan RÂCLE--PERDRIEL	ENGIE Solutions
	<i>Comment optimiser conjointement la production de chaleur et froid industriels malgré les aléas, en tirant parti des pompes à chaleur pour un gain double : économique et carbone ?</i>	
14h00	M. Julian MÉRIC	IDEX
	<i>Analyses sur le portefeuille d'actifs et support au suivi de la direction commerciale des réseaux de Chaleur et de Froid</i>	
14h45	M. Maxence RALU	IDEX
	<i>Optimisation de l'engagement des équipements de production et de stockage d'un réseau de chaleur et de froid multi énergies</i>	
15h30	PAUSE	
16h00	M. José Eduardo ALVES PEREIRA FILHO	EDF
	<i>Etudes énergétiques pour la décarbonation des territoires</i>	
16h45	M. Oscar LAVIOLETTE	EDF R&D
Huis Clos	<i>Modélisation financière de l'électrification des usages domestiques du point de vue du ménage</i>	
17h30	Fin de la deuxième journée	





**Bastien
ZIAR**

IEP Rennes

CHAIRE MPDD

Sandrine

SELOSSE

Développement prospectif mondial de la filière nucléaire

Suite à la catastrophe nucléaire de la centrale de Fukushima Daiichi, le développement de la filière nucléaire reçoit un véritable coup d'arrêt : nombre de projets de construction sont reportés, voire arrêtés et certains États comme l'Allemagne décident de mettre fermer leur parc. Cependant, face à un renouveau affirmé ces dernières années pour l'atome, permis par la résurgence de l'importance de la souveraineté énergétique et des récentes avancées technologiques, on peut affirmer que le nucléaire opère un véritable comeback. Dans le cadre des considérations prospectives, le nucléaire avait alors jusqu'ici été laissé de côté. Se pose désormais la question de sa représentation dans les modèles prospectifs : s'il reste minoritaire dans le mix énergétique mondial (9% en 2024, données IEA), cela pourrait changer dans les décennies, voire années à venir. En témoigne le foisonnement politique émergeant de nombreuses régions du monde, entre autres l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie, également moteurs en termes de R&D sur les Small Modular Reactors (SMRs) et de fusion. Le travail de cette mission était donc de mettre à jour le modèle TIAM (TIMES Integrate Assessment Model) développé par le CMA, tout en menant plusieurs études technico-économiques et politiques autour de la question nucléaire dans le monde. Il ressort de ces dernières, que les technologies nucléaires nouvelles telles que les SMR par exemple, joueront – probablement – un rôle prépondérant dans la transition énergétique, analysé au travers différents scénarios au sein du modèle.



**Malak
AL KOSTIT**

INSA Rouen

EDF R&D

Maxime JOURAND

*Etude d'une allocation durable d'un portefeuille d'investissement :
Optimisation multi-objectif intégrant rendement, risque et
alignement climatique*

Dans le cadre de mon alternance, j'ai travaillé sur l'intégration de l'alignement climatique dans la gestion actif-passif du portefeuille d'investissement dédié au financement du démantèlement des centrales nucléaires existantes. L'objectif principal consistait à dépasser l'approche financière, portant sur l'optimisation du portefeuille selon un critère financier rendement / risque, avec une projection des émissions carbone financées par ce portefeuille, pour ajouter un critère extra-financier (l'alignement climatique) au processus d'allocation. Concrètement, il s'agissait de modéliser le problème d'allocation en tant qu'optimisation multi-objectif, prenant simultanément en compte le rendement, le risque et la trajectoire de décarbonation, avec pour référence le scénario Net Zero 2050 des trajectoires NGFS. Afin de rendre possible cette intégration, j'ai d'abord participé aux échanges dans le cadre du partenariat entre EDF et l'Institut Louis Bachelier, pour élaborer une méthodologie de projection des émissions carbone du portefeuille. Elle évalue l'impact climatique des différents actifs (actions, obligations, prêts, etc.) en fonction de leur secteur GICS, leur zone géographique et des scénarios NGFS. Cette méthode prenant la forme de fichiers Excel et de calculs manuels, j'ai ensuite développé un outil informatique robuste et flexible, facilitant l'actualisation, la fiabilité et la traçabilité des calculs pour les futurs exercices. Grâce à cette double contribution, automatisation des projections carbone et intégration de l'alignement climatique dans l'optimisation financière, la mission a posé des bases méthodologiques d'une gestion de portefeuille avec une stratégie durable. Les projections des émissions carbone ne sont plus calculées après avoir choisi l'allocation, mais elles deviennent parties prenantes de sa construction en intégrant une trajectoire de neutralité carbone à respecter dans l'optimisation. Cela renforce ainsi la résilience et la soutenabilité de la stratégie d'investissement d'EDF face aux dérèglements climatiques. Mots-clés : Finance durable, Portefeuille d'investissement, Alignement climatique, Gestion actif-passif, Optimisation multi-objectif, Décarbonation



**Victor
BIALKOWSKI**

ENSE3

RTE

Fabrice ROCHAMBEAU

Analyse de l'écart entre les prix en sortie d'Antares et le prix SPOT réel

Antares est un outil de simulation open source développé par le Réseau de Transport de l'Électricité (RTE) qui permet de modéliser le système électrique européen, en intégrant les incertitudes liées à la météo, à la consommation, et à la production renouvelable. Fondamentalement, Antares dispose de moyens de production d'électricité et minimise la fonction de coût associée pour répondre à une demande. Cet outil est essentiel à la réalisation de nombreuses études prospectives menées par RTE dans le but d'éclairer le débat public autour du marché de l'électricité, comme le Bilan Prévisionnel 2023-2025 et Futurs Énergétiques 2050. Afin de vérifier la cohérence d'Antares et de mener des analyses de sensibilité, RTE réalise des "rejeux" des années écoulées. C'est dans le cadre du projet "rejeu 2024", couvrant la période de juillet 2023 à juin 2024 que s'est réalisée cette alternance. L'objectif de ce rejeu est de produire une chronique de prix aussi fidèle que possible, tout en garantissant la cohérence énergétique et la robustesse du modèle. Le simulateur reste cependant imparfait, car il repose sur des hypothèses idéalisées du comportement des acteurs du marché, ce qui engendre des écarts avec les prix réels. Pour comprendre plus finement l'origine de ces écarts, l'objectif était de faire la sélection de différentes variables explicatives, puis de développer des modèles statistiques, avec une approche centrée sur l'explication des écarts par des modèles de régression linéaire, plutôt que sur la prédiction pure. Les étapes clés ont inclus la récupération et le traitement automatisé des données, le test de significativité des variables explicatives, et la mise en œuvre de différentes méthodes de sélection : greffage (forward), pruning (backward) et régression pas à pas (stepwise), avec des variantes saisonnières et cycliques. Les variables testées ont été classées en trois catégories : marché, écart de production, et variables fictives (ex. : cycles). Afin d'adapter l'étude à l'analyse de séries temporelles. Des aspects statistiques avancés, tels que l'autocorrélation et l'hétéroscédasticité des résidus, nécessitant le recours aux moindres carrés généralisés (MCG) pour améliorer la fiabilité des estimations. Les modèles développés ont été évalués selon des critères statistiques comme la log-vraisemblance, l'AIC, le BIC et l'erreur standard des résidus (RSE). Les résultats ont montré que les variables de type écart de production entre Antares et la réalité étaient les plus grandes causes des écarts finaux de prix. Cette méthode statistique permet d'identifier les variables les plus influentes et peut être utilisée de deux manières : faire le diagnostic d'un rejeu afin de déterminer des axes de travail prioritaire, et faire un post-traitement des prix afin de mener des analyses plus fines, en particulier sur des études prospectives.



**Ferdaous
AHAJJAM**

Polytech Nancy

GRDF

Sébastien ROSE

Optimisation du transport du gaz vert porté

Aujourd'hui, 9500 communes françaises sont couvertes par le réseau de gaz naturel, ce qui représente environ 77 % de la population. Avec la montée en puissance des énergies renouvelables et le développement du gaz vert, dans un contexte de transition énergétique, il devient encore plus essentiel de mettre en place de nouvelles formes d'acheminement. Ces solutions doivent apporter de la flexibilité au réseau et offrir une alternative aux producteurs ou industriels trop éloignés des infrastructures existantes. C'est dans ce contexte qu'a été créée Verdivia, filiale de GRDF spécialisée dans l'acheminement de gaz naturel porté, encore inédit pour le biométhane en France. Elle propose des solutions innovantes et complémentaires au réseau public, afin de soutenir le déploiement du gaz vert sur tout le territoire. Ma mission s'inscrit directement dans cette dynamique. J'ai développé des outils d'aide à la décision pour fiabiliser le suivi du biométhane (volume, pression..) et optimiser les tournées de transport en intégrant coûts, contraintes de circulation et pertes possibles. J'ai aussi travaillé sur la comparaison avec d'autres vecteurs énergétiques et contribué à la mise en place de capteurs afin de collecter des données fiables exploitables dans les modèles de simulation et d'optimisation que j'ai conçus. Ce projet a démontré que la combinaison de la thermodynamique, de la logistique et de l'optimisation numérique permet de réduire les coûts et de poser les bases d'une organisation durable et innovante pour le transport du biométhane. Mots-clés : biométhane, gaz vert, réseau, flexibilité, optimisation, logistique, transport, modélisation, thermodynamique



**Alexandre
MALPAUX**

ENSAM

ENERGY POOL

Romain SAINT-LEGER

Etude de la valeur créée par l'implémentation d'un programme de Demand-Response dans un système électrique national

Les systèmes électriques nationaux présentent toujours des besoins en flexibilité, liées aux spécificités propres à chaque système. Ces besoins peuvent soit découler des caractéristiques du parc de production, par exemple, dans le cas de systèmes présentant une part importante de capacités non pilotables. Ils peuvent aussi être liés aux contraintes des réseaux de transport ou de distribution, dont la capacité est parfois limitée à certaines périodes. Enfin, la structure de la consommation peut également être à l'origine de ces besoins. Pour répondre à ces besoins de flexibilité, plusieurs solutions peuvent être envisagées, parmi lesquelles, la flexibilisation d'une partie des capacités de consommation. Dans ce contexte, Energy Pool accompagne les gestionnaires de réseau et les opérateurs électriques intégrés à travers des prestations de conseil visant à déployer des programmes de Demand-Response (DR). Une partie des études menées dans le cadre de ces missions consiste à identifier et flécher la valeur créée par le programme dans le système électrique concerné. Le travail effectué dans le cadre de cette mission professionnelle vise à consolider les travaux précédents menés chez Energy Pool et portant sur la création de valeur, et à mettre en œuvre une méthodologie d'évaluation des flux de valeurs. Celle-ci vise à identifier quels acteurs bénéficient d'une partie de la valeur créée et quels acteurs en subissent une destruction au sein de leur périmètre. L'enjeu est de proposer un schéma de financement du programme permettant de capter tout ou partie de cette valeur et de la redistribuer, à titre de compensation et d'incitation, aux consommateurs participants. La méthodologie, illustrée à travers un cas d'étude, conduit ainsi à l'élaboration d'un schéma de financement innovant.



**Amine
EL ARABI**

CNAM

ENERGY POOL

Arnaud JULLIARD

Jean-pierre DIB

Optimisation des contrats clients

Dans un contexte de forte volatilité des prix de l'énergie, d'incertitude des enchères et de réforme du marché de capacité, ma mission a porté sur l'optimisation technico-économique des contrats de flexibilité. L'objectif était de mieux comprendre les contraintes contractuelles (capacité engagée, DMO, modes de rémunération fixe/indexée, floors) afin de proposer un modèle d'évaluation robuste. la mission a suivi trois étapes clés : 1) Identification des paramètres influençant les revenus : analyse des leviers contractuels (capacité engagée, DMO, floors, etc.) et évaluation de leur impact sur la rentabilité. 2) Définition des formes de revenus (fixe, indexée) : détermination des conditions de viabilité d'une rémunération fixe (seuils de prix/activations) pour sécuriser le client sans exposer Energy Pool à un risque de perte lié à la volatilité des marchés. 3) Analyse de sensibilité via scénarios High / Medium / Low : simulation des contrats dans différents contextes de marché afin de mesurer la volatilité des revenus, côté client comme côté Energy Pool. Ces étapes permettent de proposer des paramètres standards et marges de négociation pour les équipes commerciales, afin de réduire l'incertitude lors des négociations contractuelles et d'orienter les décisions vers des profils plus rentables ou moins risqués. Les livrables principaux sont un modèle Excel industrialisable pour simuler la rentabilité de tout contrat et un rapport PowerPoint présentant les résultats et recommandations pour les équipes commerciales. Mots-clés : optimisation technico-économique, contrats de flexibilité, volatilité des prix de l'énergie, réforme du marché de capacité, DMO, rémunération fixe/indexée, floors, analyse de sensibilité.



**Albin
GAGNEPAIN**

IMT Atlantique

CHAIRE MPDD

Nadia MAÏZI

Quantification énergétique des besoins essentiels

La sobriété, en tant que levier pour réduire la pression exercée par nos sociétés sur l'environnement, apparaît de plus en plus comme nécessaire dans les scénarios prospectifs pour atteindre notamment les objectifs d'atténuation du réchauffement climatique fixés par les accords de Paris. Les travaux menés proposent une méthode innovante permettant de quantifier la réduction maximale de consommation d'énergie qu'il est possible d'obtenir avec un scénario de sobriété. Cette méthode repose sur le concept des Decent Living Standards, qui définissent de manière quantitative les conditions de vie minimales à satisfaire pour mener une vie décente. Elle propose l'utilisation originale du modèle TIMES-FR, afin de simuler de manière plus réaliste la transition d'un système énergétique ne devant plus répondre qu'à ces besoins essentiels. Cela aboutit finalement au calcul d'un niveau plancher de consommation d'énergie et d'émissions de dioxyde de carbone que les efforts de sobriété dans les scénarios prospectifs ne peuvent dépasser sans compromettre des conditions de vie décentes.



**Joséphine
HACOT**

ENIB

GRTGAZ

Jacques REBEROL

Analyse et évaluation des coûts d'abattement liés à la transition énergétique et à la décarbonation.

Face aux engagements européens en faveur de la neutralité carbone à l'horizon 2050 (Net Zero 2050), la France a défini, via la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), une trajectoire progressive de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour tenir ces objectifs, le pays a pour objectif de transformer ses usages énergétiques. Cette transition repose sur des investissements importants dans des technologies bas-carbone, notamment dans les secteurs les plus émetteurs — industrie, transports et tertiaire — qui sont aujourd'hui fortement dépendants du gaz. Différentes méthodes d'évaluation économique permettent d'orienter les investissements vers des solutions à la fois efficaces et durables. Parmi elles, le coût d'abattement consiste à comparer une technologie carbonée de référence à ses alternatives décarbonées, en fonction des émissions de CO₂ qu'elles permettent d'éviter. Ce raisonnement économique s'inscrit dans une approche plus large, définie par la valeur de l'action pour le climat (VAC), concept développé par France Stratégie (étude sur les coûts d'abattement en France, 2023), donnant une valeur économique aux émissions de carbone. Elle correspond au coût qu'une entreprise doit consacrer pour éviter l'émission d'une tonne de CO₂, en prenant en compte les bénéfices environnementaux, économiques et sociaux qu'implique la décarbonation. Le travail d'analyse des coûts d'abattement a été effectué dans plusieurs secteurs, en examinant différentes solutions décarbonées (hydrogène, biométhane, CCS, électrification des usages), en comparaison à celles de référence, afin d'identifier les leviers de décarbonation les plus performants. Cette étude vise à fournir à Natran des hypothèses robustes et des résultats clairs, lui permettant de définir les solutions décarbonées à intégrer dans ces prospectives et de s'engager dans une trajectoire stratégique pour accompagner la transition énergétique.



**Dylan
SCARCELLA**

Univ. Paris Saclay

TOTALENERGIES

Seungwoo KANG

Prospective du carbone recyclé dans le secteur pétrochimique et la transition énergétique.

La prospective est une science difficile à appréhender mais qui tend dernièrement à se démocratiser dans le contexte climatique et environnemental ambiant. L'étude des systèmes énergétiques se prête particulièrement bien à l'aide à la décision fournie par la prospective tant les enjeux sont complexes, globaux et s'inscrivent dans une dynamique de long terme. Le recyclage est un sujet toujours d'actualité mais peu abordé. Pourtant, le gisement est immense, au moins 29 EJ de déchets générés annuellement à l'échelle mondiale avec des perspectives de croissance pouvant doubler à horizon 2050. Aujourd'hui, de nombreuses technologies de recyclage ou de valorisation des déchets existent : valorisation énergétique, recyclage mécanique, chimique ou biologique. La question se pose donc de savoir quelle(s) technologie(s) est pertinente économiquement et environnementalement et comment l'émergence de la valorisation des déchets s'intégrerait dans le mix énergétique et technologique mondial. Le travail effectué au cours de cette mission professionnelle s'est appuyé sur le modèle d'évaluation intégré TIAM-FR, développé au CMA. Nous y avons intégré le recyclage des déchets fossiles à la chaîne de la pétrochimie existante, au gré d'analyses techno-économiques, d'hypothèses et de scénarios comme l'intégration des politiques publiques de recyclage à l'échelle mondiale. Il ressort de cette étude la difficulté de mettre en œuvre une filière de recyclage viable économiquement à long terme ainsi que le rôle prépondérant des politiques publiques sur son développement. En outre, le recyclage aura un impact sur le système énergétique mondial. Mots-clés : prospective, recyclage, déchets fossiles, pétrochimie, modèles d'évaluation intégrée, systèmes énergétiques.



**Mathias
TROCHON**

CNAM

AMB

Ludwig DI GIOVANNI

Autoconsommation collective : Optimisation technico-économique des projets photovoltaïques multi-acteurs

Les évolutions réglementaires récentes et la baisse des coûts du photovoltaïque ont propulsé l'autoconsommation collective sur le devant de la scène énergétique française. De nombreux projets émergent, rassemblant producteurs d'énergie solaire, consommateurs locaux et collectivités territoriales autour d'un objectif commun de transition énergétique décentralisée. Le développement d'un projet d'autoconsommation collective multi-acteurs soulève des questions économiques, juridiques et financières complexes. Si le potentiel de production solaire d'un site est facilement identifiable, la question reste de savoir comment structurer le montage juridique et financier ainsi que le partage de cette électricité entre participants aux intérêts divergents. La rentabilité du projet, selon la façon dont elle sera optimisée, peut varier considérablement tant pour le producteur que pour les consommateurs finaux. Au cours de cette année, la mission a consisté à développer une solution logicielle capable de modéliser et d'optimiser automatiquement ces projets complexes. La plateforme créée intègre les spécificités réglementaires françaises, simule différents scénarios économiques et identifie les configurations optimales pour l'ensemble des parties prenantes. Elle génère également des analyses détaillées adaptées aux besoins de chaque acteur du projet. L'analyse des projets en cours de traitement démontre que la réussite d'une opération d'autoconsommation collective dépend principalement de l'optimisation économique et du choix des mécanismes de répartition, bien plus que du simple dimensionnement technique des installations.



**Thibault
CUBIZOLLES--
SCHUMMER**

ENSAM

EDF R&D

Lilia AMARANTO

Modélisation et analyse de la valeur créée par le pilotage de la recharge des véhicules électriques, bidirectionnelle ou unidirectionnelle

Face à l'urgence climatique, la décarbonation de nos sociétés est devenue une priorité. Dans les économies développées, les émissions de gaz à effet de serre ont déjà reculé dans plusieurs secteurs, mais le transport reste particulièrement difficile à transformer. L'essor du véhicule électrique, soutenu par la baisse de ses coûts, représente une voie prometteuse pour accélérer cette transition. Son développement devra toutefois être accompagné afin de contribuer efficacement à la décarbonation du secteur. Cela implique de garantir une alimentation électrique à la fois décarbonée et compétitive, tout en préservant la stabilité d'un système français déjà fortement sollicité par l'électrification des usages. Dans ce contexte, le développement de la flexibilité apparaît comme essentiel. Une piste prometteuse réside dans le pilotage de la recharge des véhicules électriques, ainsi que dans l'exploitation du stockage énergétique rendu possible par la recharge bidirectionnelle (Vehicle-to-Home, Vehicle-to-Grid). La présente étude s'inscrit dans l'analyse d'une réglementation expérimentale visant à instaurer un cadre incitatif au pilotage de la recharge. L'objectif est d'évaluer la valeur potentielle générée par différents modes de pilotage, en contexte unidirectionnel et bidirectionnel, puis de comparer ces apports selon les cadres réglementaires envisagés.



**Mohamed Bechir
MAARFI**

EPTunisie

EDF R&D

Claire GAUVAIN

Optimisation technico-économique des systèmes énergétiques associant asset pilotables, stockage d'énergie et autoproduction photovoltaïque pour clients industriels et tertiaires.

Aujourd'hui, les énergies renouvelables occupent une place croissante dans les mix énergétiques mondiaux, soutenues par des politiques de transition énergétique visant à répondre à l'urgence climatique. Le progrès technologique contribue à la baisse des coûts d'investissement, tant pour les moyens de production, comme le photovoltaïque, que pour les dispositifs de stockage, notamment les batteries lithium-ion. Dans ce contexte, les grands consommateurs d'électricité s'intéressent de plus en plus à l'autoconsommation et à l'hybridation de ces solutions, qui ouvrent également l'accès à de nouvelles sources de revenus via les mécanismes de marché mis en place en France. Parallèlement, les contrats de type Power Purchase Agreement (PPA) connaissent un essor, car ils offrent une meilleure visibilité sur les prix et garantissent un approvisionnement en énergie renouvelable. Cette étude considère le cas d'un acteur industriel ou tertiaire multisite souhaitant maximiser son approvisionnement en énergie renouvelable, accroître son taux d'autoconsommation et réduire ses coûts. L'approche repose sur un outil interne d'optimisation linéaire appliqué à un système énergétique local intégrant un PPA, des moyens de stockage et des installations photovoltaïques (PV) locales. Les résultats montrent que l'utilisation d'une batterie raccordée au réseau est rentable grâce aux revenus générés sur les marchés, permettant une réduction des coûts de fourniture d'environ 2 % pour une batterie de 2 heures. En revanche, le modèle défavorise l'intégration du PV et de la batterie locale, en raison du coût d'investissement élevé pour le premier et de la faible valorisation de la seconde sur le marché spot, conjuguée à l'absence de participation à certains mécanismes de rémunération. Atteindre des objectifs élevés en matière de consommation d'énergie renouvelable nécessite néanmoins un recours accru au PV et au stockage local, en complément maximal de la production issue du PPA. La conclusion principale de cette étude souligne ainsi la nécessité de permettre aux batteries sur site d'accéder à davantage de mécanismes de rémunération, afin d'augmenter le taux d'autoconsommation et de réduire les coûts, tout en envisageant une évolution de la structure des PPA pour intégrer davantage d'éolien dans le mix. Mots-clés : Transition énergétique ; Énergies renouvelables ; Autoconsommation ; Photovoltaïque ; Batterie lithium-ion ; Power Purchase Agreement ; Optimisation linéaire ; Marchés de l'électricité



**Halimatou
DEMBELE**

ENSE3

ENGIE - SOVEN

Tanguy TERRASSON

Impacts financiers des écarts de consommation PPA et gestion du risque : étude de cas solaire et UVE

Depuis la crise énergétique de 2022, marquée par la flambée des prix et la fin annoncée de l'ARENH, les consommateurs cherchent des solutions plus stables et durables. Les PPA, Power Purchase Agreements apparaissent comme une réponse crédible aux aléas du marché, permettant de sécuriser à long terme des volumes d'électricité renouvelable à prix convenu. Bien que les volumes de PPA intégrés soient calibrés en fonction du profil de consommation prévisionnel, il arrive qu'en pratique le client ne consomme pas toute l'électricité qui lui est attribuée. Ce surplus doit alors être replacé au marché spot, souvent à des conditions défavorables, ce qui génère un risque financier significatif. Ce risque de non-consommation est inhérent à tout PPA, qu'il soit individuel ou mutualisé. Le travail mené a consisté à simuler plusieurs scénarios de consommation pour deux cas concrets (un parc solaire et une UVE), afin d'évaluer le coût potentiel de ces écarts. L'étude compare aussi deux modalités de couverture : d'une part, une structuration à prix fixe (PPA + profil complémentaire à prix fixe), où le risque repose principalement sur le fournisseur, qui facture finalement un volume de complément inférieur aux prévisions ; d'autre part, une structuration intégrant une part indexée sur le marché spot, dans laquelle le risque est transféré au consommateur, sa facture étant ajustée en fonction de sa consommation réelle. Les simulations permettent d'estimer une borne supérieure du risque financier et démontrent que l'intégration d'une composante spot est essentielle pour garantir la viabilité de tel montages.



**Martin
SAGEAUX**

ESPCI ParisTech

EFFICACITY

Baptiste FRANÇOIS

Création et amélioration de modèles de systèmes énergétiques pour le logiciel de simulation dynamique à l'échelle quartier PowerDIS

La ville est responsable de plus de 50% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Une réduction de ces émissions est réalisable d'ici 2050, par la combinaison de plusieurs leviers : efficacité énergétique, décarbonation et remplacement des vecteurs énergétiques, sobriété, etc. Bien qu'il existe de nombreux outils de modélisation et simulation des flux énergétiques à l'échelle du bâtiment, l'échelle du quartier et de la ville est rarement traitée par ces outils d'aide à la décision dont peuvent bénéficier les acteurs de la ville. Une des missions d'Efficacity est ainsi de développer une suite de logiciels intervenant en phase de préconception pour guider les choix énergétiques dans le cadre de projets d'aménagement (construction et/ou rénovation) de zones urbaines. Cette mission professionnelle a couvert l'intégralité du logiciel PowerDIS, du moteur de calcul à son interface utilisateur. Une première partie a consisté à améliorer le modèle de réseaux de chaleur et de froid urbains, en identifiant des leviers pour optimiser les temps de calcul et en repensant l'architecture du modèle. La seconde partie s'est concentrée sur une étude énergétique sur un quartier pilote à La Réunion, avec pour objectif de proposer des solutions concrètes pour un quartier à la fois bas carbone et énergétiquement autonome. Mots-clés : logiciel d'aide à la décision, modélisation énergétique, simulation énergétique, échelle quartier, réseaux de chaleur et de froid urbains, autoconsommation électrique.



**Monique-Sandrine
OMBASSA**

UTBM

FORVIA

Jérôme RICHARDOT

Nicolas DUVERNOIS

Étude du potentiel d'optimisation énergétique du processus de production des réservoirs de stockage d'hydrogène

Dans un contexte de décarbonation et de hausse des coûts de l'énergie, l'amélioration de la performance énergétique industrielle devient une priorité. Pour la fabrication des réservoirs à hydrogène, certaines étapes du procédé se distinguent par une forte intensité énergétique, en particulier l'enroulement et la cuisson. Comprendre leur contribution relative est essentiel pour cibler efficacement les efforts d'optimisation énergétique. Le travail effectué au cours de cette mission professionnelle a permis d'évaluer la consommation par étape et par famille de réservoirs, puis d'intégrer les résultats dans un calculateur destiné à estimer la consommation unitaire et à soutenir les décisions de production et d'investissement. Cette démarche a été complétée par une phase exploratoire qui a examiné les liens entre la consommation d'énergie et les caractéristiques des réservoirs. Au terme de cette mission, un plan d'action clair a été défini pour prioriser les leviers d'optimisation, et un outil pratique d'aide à la décision a été développé afin de guider les futures initiatives en matière d'efficacité énergétique. Mots-clés : réservoirs à hydrogène ; efficacité énergétique ; optimisation des procédés ; aide à la décision.



**Matthieu
MILANI**

EPF

ARKOLIA

Ambroise POULET-TOMASICCHIO

Chef de projet PPA / Analyste marché

La baisse des prix de l'électricité sur les marchés européens et l'évolution récente de la réglementation transforment profondément les conditions de valorisation de la production renouvelable. Alors que les Power Purchase Agreements (PPA) constituaient une solution pour sécuriser des revenus ou soutenir de l'Etat pour les producteurs, leur attractivité est aujourd'hui réduite dans un contexte de prix bas. Parallèlement, les nouvelles obligations imposées aux producteurs, qui doivent désormais recourir à un agrégateur ou assumer eux-mêmes la responsabilité d'équilibre, changent le modèle économique des petites et moyennes installations. Cette évolution offre également l'opportunité aux acteurs de se positionner plus en amont sur la chaîne de valeur, en maîtrisant directement la commercialisation de leur électricité. La mission menée au sein d'Arkolia a consisté à accompagner cette transition stratégique. D'une part, il s'agit de surveiller le marché des PPA et son évolution à moyen terme. D'autre part, un travail important a porté sur la mise en place opérationnelle de la responsabilité d'équilibre : prévisions de production, offres de vente sur les marchés Day-Ahead et Intraday, gestion des écarts. Enfin, Arkolia cherche également à accroître la valorisation de ses actifs grâce à un pilotage optimisé de la flexibilité. La participation au mécanisme d'ajustement (réserve tertiaire) permet de proposer des capacités pilotables à RTE et d'améliorer la rentabilité, aussi bien pour les installations en exploitation que pour les futurs projets en développement.



**Johan
RÂCLE--
PERDRIEL**

EIGSI

ENGIE

Marc XU

Sarah AMINU

Comment optimiser conjointement la production de chaleur et froid industriels malgré les aléas, en tirant parti des pompes à chaleur pour un gain double : économique et carbone ?

À l'ère de la transition énergétique et des décisions industrielles, l'optimisation des systèmes énergétiques est devenue un enjeu majeur pour les acteurs industriels du monde entier. Face à l'urgence climatique et aux réglementations de plus en plus strictes (comme la taxonomie verte européenne ou les objectifs de neutralité carbone à 2050), les industries sont contraintes de repenser leur gestion de l'énergie, notamment en matière de production de chaleur et de froid. Ces dernières représentent souvent des postes de consommation énergétique majeurs, mais aussi des leviers d'efficacité et de décarbonation encore sous-exploités. Dans ce contexte, cette étude se positionne à la croisée de deux défis critiques : l'optimisation conjointe de la chaleur et du froid dans un environnement industriel complexe, où les besoins énergétiques sont dynamiques et incertains (variabilité des processus, saisonnalité, etc.), et l'intégration des pompes à chaleur (PAC), pour réduire l'empreinte carbone tout en maîtrisant les coûts énergétiques. La problématique s'inscrit dans une actualité marquée par la flambée des prix de l'énergie et l'impératif de sobriété, l'accélération des projets de récupération de chaleur fatale (ex. : plans de relance européens), et les avancées techniques en modélisation, un enjeu central pour les industries 4.0. En abordant ces questions, ce travail pourrait offrir des clés concrètes pour concilier performance industrielle et durabilité. Une question centrale émerge : comment transformer les contraintes énergétiques en opportunités de décarbonation ?



**Julian
MÉRIC**

ICAM

IDEX

Patrice OLOFSSON

Analyses sur le portefeuille d'actifs et support au suivi de la direction commerciale des réseaux de Chaleur et de Froid

Le groupe IDEX exploite plus de 70 réseaux de Chaleur et de Froid pour une quantité d'énergie thermique distribuée de 1,7 TWh avec un taux d'EnR&R moyen pour l'ensemble du Groupe de 66%. Acteur majeur de la décarbonation des territoires, le groupe IDEX se développe à l'échelle nationale et européenne dans un contexte de forte croissance sur le secteur mais aussi très concurrentiel. Le pilotage des indicateurs clés de performance prend alors une place prépondérante avec une vigilance particulière de l'équipe dirigeante et de l'actionnaire. Au sein de la direction commerciale d'IDEX, j'ai participé à diverses analyses de l'activité et notamment à la reconstitution du suivi des puissances souscrites sur les différents exercices fiscaux. En effet, il s'agit d'un bon indicateur de l'activité commerciale car contrairement aux ventes d'énergie qui sont fortement corrélées à la rigueur climatique, elles permettent de justifier le développement du portefeuille d'actifs. L'analyse des tarifs de l'énergie distribuée par IDEX et des politiques nationales m'ont permis de réaliser un support aux commerciaux afin d'étayer leurs argumentaires vis-à-vis des futurs clients ayant vocation à être raccordés au réseau de chaleur. Sur un plan plus opérationnel, la prise en main du CRM Salesforce m'a permis de mettre en place des tableaux de bord facilitant le pilotage des activités commerciales du groupe. Le développement de l'activité des réseaux de Chaleur et de Froid passe aussi par l'élargissement du portefeuille de réseaux et donc la prospection. Dans ce contexte, j'ai réalisé un outil permettant d'évaluer le potentiel de consommation de chaleur sur une commune en se basant sur les données open source de consommations historiques de gaz des bâtiments. L'utilisateur opte pour certains paramètres permettant l'obtention d'un tracé de réseau de chaleur maximisant la densité énergétique. Cela permet aux équipes d'IDEX de disposer d'un aperçu macroscopique du potentiel d'une commune.



**Maxence
RALU**

ENSAM

IDEX

Géraldine PICARD

Optimisation de l'engagement des équipements de production et de stockage d'un réseau de chaleur et de froid multi énergies

L'objectif de cette mission était de développer un outil d'aide à la décision destiné aux exploitants en vue d'optimiser l'engagement des équipements de production et de stockage en fonction des performances techniques, des besoins énergétiques et des signaux de marché. Ce travail s'est décomposé en 2 phases. D'une part, la mise en place d'un programme de Machine Learning permettant la prévision des besoins thermiques et frigorifiques sur un réseau à horizon J+3 et J+7 en fonction de variables météorologiques et calendaires. D'autre part, la mise en place d'un algorithme d'optimisation permettant de proposer un programme de production optimal, en fonction des variables mentionnées précédemment.



**José eduardo
ALVES PEREIRA
FILHO**

ECN

EDF

Alexandra BATAILLE

Etudes énergétiques pour la décarbonation des territoires

La neutralité carbone à l'horizon 2050 est désormais un objectif commun inscrit dans les politiques climatiques nationales et internationales. En France, la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) et ses déclinaisons régionales fixent les grandes orientations, mais la mise en œuvre repose largement sur les territoires. Les missions de la DirDev (Direction Développement des Territoires) visent à accompagner ces derniers à travers des études énergétiques adaptées aux différentes échelles locales et sectorielles. Dans ce cadre, l'accent a été mis sur l'électrification des usages, levier majeur de décarbonation. Les travaux ont porté sur le développement d'études d'électrification des procédés industriels et sur la conception d'un logiciel d'estimation de la consommation énergétique des véhicules. D'autres volets ont complété cette approche, tels que l'analyse de la précarité énergétique et l'évaluation du potentiel de développement des réseaux de chaleur. Les résultats obtenus constituent des outils d'aide à la décision pour les collectivités territoriales, en leur offrant une meilleure compréhension des enjeux énergétiques locaux et en identifiant les leviers prioritaires pour accélérer la transition vers une économie bas-carbone.



**Oscar
LAVIOLETTE**

IEP Paris

EDF R&D

Alina FLOREA

*Modélisation financière de l'électrification des usages domestiques
du point de vue du ménage*

La nécessité de décarboner rapidement l'économie, l'accentuation de la géopolitisation des flux d'énergies fossiles comme le gaz, ainsi que la pression économique engendrée par la crise énergétique de 2021-2023 ont rendu l'électrification un enjeu particulièrement crucial en France. Cependant, ces objectifs ne pourront être atteints si l'électrification représente un coût trop élevé pour les acteurs directement concernés. Pour les ménages, cela implique une analyse précise des conditions dans lesquelles l'électrification constitue un avantage financier, afin d'identifier les leviers susceptibles d'en améliorer la compétitivité. Par ailleurs, l'électrification des usages domestiques couvre une grande diversité d'usages : eau chaude sanitaire, chauffage, mobilité, cuisson. Il est donc essentiel d'analyser l'impact financier de cette électrification à la fois par usage individuel, mais aussi dans une approche systémique, où l'ordre d'électrification et les interactions entre les postes de consommation peuvent influencer significativement la facture énergétique finale du ménage. Dans ce contexte, l'objectif de l'alternance est double. Premièrement, développer un modèle financier de l'électrification complète d'un ménage, en tenant compte de différents paramètres tels que les offres énergétiques souscrites ou le profil de consommation. Deuxièmement, utiliser ce modèle pour réaliser une première analyse de la rentabilité de l'électrification du chauffage via une pompe à chaleur air-eau, en s'appuyant sur une population simulée de ménages à l'échelle nationale. L'analyse met en évidence l'impact des aides publiques et le rôle déterminant du niveau de consommation sur la rentabilité de l'opération, tandis que le degré d'électrification du ménage joue un rôle secondaire. Mots-clés : électrification des ménages, modélisation financière, pompe à chaleur, courbes de charges, rénovation énergétique