
Rapport de stage individuel

4ème année

Energy system data collection and analysis

Aalborg University
A. C. Meyers Vænge 15, 2450 København



Tuteurs entreprise:
David Maya-Drysdale & Andrei Korberg
Ingénieurs/Assistants professeurs

Tuteur académique:
Mindjid Maizia

Baptiste Berthillot
UIT
2021-2022

Remerciements

Avant d'aborder en détail cette expérience professionnelle, je tiens d'abord à remercier Polytech Tours et en particulier Monsieur Maizia de m'avoir conseillé sur mon projet professionnel et de m'avoir accordé le droit de rejoindre ce stage. Il vient compléter l'ensemble de la formation que je reçois dans l'optique de l'obtention de mon diplôme d'ingénieur.

Je remercie ensuite mes deux tuteurs M.Maya Drysdale et M.Korberg pour m'avoir fait confiance et pour m'avoir offert l'opportunité de rejoindre leur groupe. L'ensemble des conseils et connaissances qu'ils m'ont partagés ont été très instructifs.

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble des membres du groupe qui ont toujours été très accueillants et chaleureux avec moi. J'ai beaucoup apprécié échanger avec eux tout au long de ces trois mois et demi.

Ce stage m'a permis de valider ma mobilité à l'étranger tout en ayant une expérience professionnelle très enrichissante qui sera à n'en pas douter précieuse pour mon futur professionnel.

Je clôture ainsi ma quatrième et avant dernière année d'étude supérieure avec ce stage et je suis ainsi persuadé de vouloir poursuivre dans le domaine de l'énergie.

Sommaire

Remerciements	1
Sommaire	2
Listes des figures	3
Introduction	4
La présentation de la structure d'accueil	5
L'Université d'Aalborg	5
Le département de la planification	6
Le groupe de recherche (Planification des énergies durables)	7
Les principaux outils mise en place par le groupe de recherche	8
EnergyPLAN	8
TransportPLAN	8
IndustryPLAN	8
Les principaux travaux et projets du groupe de recherche	9
sEEnergies	9
Re-Invest	9
La présentation de la mission	10
La présentation du déroulé de la mission	11
Semaine du 19/04	11
Semaine du 25/04	12
Semaine du 02/05	13
Semaine du 09/05	13
Semaine du 16/05	14
A partir du 23 mai jusqu'à mi-juillet	15
Fin juillet	16
La présentation des livrables de la mission	16
Page Wikipédia	16
Un retour réflexif sur l'expérience	24
Page Wikipédia	24
Rapports par pays	25
Conclusion	32
Bibliographie	33
Annexes	34

Listes des figures

- Figure 1 : Photo de groupe prise à l'occasion de la visite d'une étudiante américaine
- Figure 2 : Lieux d'implantation de l'université d'Aalborg
- Figure 3 : Situation de l'université d'Aalborg à Copenhague
- Figure 4 : Méthodologie de modélisation des systèmes énergétiques dans le projet sEEnergies
- Figure 5 : Exemples de prise de notes lors des lectures de rapports
- Figure 6 : Diagramme sankey d'un système énergétique
- Figure 7 : Page d'accueil du Wikipédia
- Figure 8 : Demande en énergie finale de l'Autriche
- Figure 9 : Évolution de la demande en énergie primaire et finale de l'Autriche
- Figure 10 : Évolution des capacités de production et des productions réelles de l'Autriche
- Figure 11 : Évolution de l'approvisionnement de chaleur dans le secteur du bâtiment en Autriche
- Figure 12 : Évolution de l'approvisionnement de chaleur dans le secteur du bâtiment en Autriche
- Figure 13 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur de l'industrie en Autriche
- Figure 14 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur de l'industrie en Autriche
- Figure 15 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur des transports en Autriche
- Figure 16 : Évolution du nombre de la flotte de voiture en Autriche
- Figure 17 : Interface du logiciel EnergyPLAN
- Figure 18 : Exemple de formule utilisée pour connecter une cellule à une autre feuille de calcul excel
- Figure 19 : Fenêtre excel intégrée dans un graphique thinker cell sur powerpoint
- Figure 20 : Exemples de cadres blancs à l'impression
- Figure 21 : Mix énergétique danois

Introduction

Au terme de mon avant dernière année d'étude d'ingénieur à Polytech Tours, j'ai été amené à réaliser un stage d'une durée de trois mois et demi. Après plusieurs mois de recherches intensives et quelques entretiens, l'université d'Aalborg à Copenhague a accepté de m'accueillir du 19 avril au 31 juillet 2022. J'ai donc rejoint un groupe de recherche d'une dizaine de personnes travaillant sur les énergies durables au sein du département de la planification.

Ce stage s'intègre pleinement dans mon projet professionnel puisque je suis la formation aménagement et environnement avec une option "REseaux et Systèmes de l'Environnement et des Aménagements Urbains". Au sein de cette option je me suis plutôt tourné vers le domaine de l'énergie et c'est pourquoi ce stage complète bien mon cursus.

Ce groupe de recherche travaille donc sur les énergies renouvelables et plus précisément sur la modélisation d'un mix énergétique décarboné aux horizons 2030 ou 2050 à des échelles nationales voire européennes. Au travers de différents projets en collaboration avec d'autres universités à travers l'Europe, ils produisent des modèles de transition vers les énergies renouvelables en prenant en compte tous les domaines (transport, bâtiment, industrie...) et en proposant divers scénarios de transition.

Au contact de mes deux tuteurs ingénieurs/assistants professeurs, j'ai pu d'abord comprendre le fonctionnement du groupe, ses outils et ses principaux concepts. Ensuite j'ai pu prendre part à l'élaboration de rapports venant finaliser un de leurs projets en cours. Dans un environnement exclusivement en anglais, j'ai enrichi mes connaissances sur le domaine des énergies et des solutions durables.

De manière globale, ce stage a aussi été l'occasion d'avoir une première expérience professionnelle au sein du domaine que je souhaite rejoindre à l'issue de mes études. J'ai intégré une équipe de travail avec laquelle j'ai découvert leur manière de travailler collectivement et leur gestion des tâches à accomplir en vue d'échéances. J'ai aussi découvert la vie d'un groupe avec divers moments de cohésion sur et en dehors du lieu de travail et j'ai bien sûr aussi pu observer les habitudes danoises en termes d'équilibres vie professionnelle/vie personnelle.

Ce rapport a donc pour but de retracer au mieux ces 14 semaines passées au Danemark. Il débutera par la présentation de la structure d'accueil. Ensuite, nous aborderons la description des différentes tâches que j'ai pu réaliser avant de faire un retour réflexif sur cette expérience.

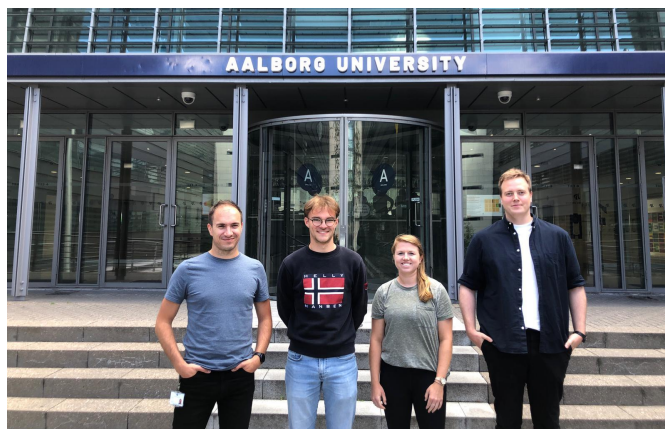


Figure 1 : Photo de groupe prise à l'occasion de la visite d'une étudiante américaine

La présentation de la structure d'accueil

L'Université d'Aalborg

L'Université d'Aalborg est une université publique danoise fondée en 1974 et comprenant trois campus différents: à Aalborg, Esbjerg et Copenhague.

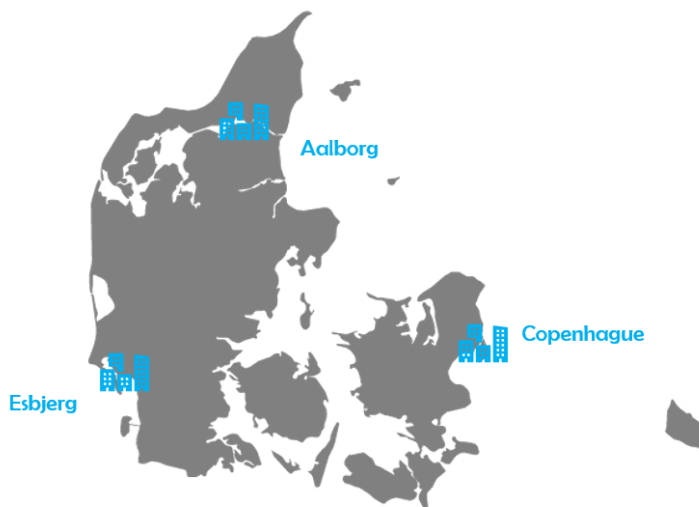


Figure 2 : Lieux d'implantation de l'université d'Aalborg

Elle propose une large variété de bachelors, masters et doctorats dans de nombreux domaines tels que les sciences humaines, les sciences sociales, les technologies de l'information, le design, l'ingénierie ou encore la médecine. Le campus de Copenhague a intégré l'Université d'Aalborg en 2003, il s'agissait auparavant d'une école d'ingénieur indépendante. Le recteur actuel de l'université est Per Michael Johansen, un ingénieur et physicien danois. ("About Aalborg University")

L'université d'Aalborg se différencie des autres universités traditionnelles danoises en mettant l'accent sur l'interdisciplinarité avec des enseignements très larges, une structure pédagogique basée sur des problèmes centraux et des projets concrets présentant un intérêt pour l'enseignement et la recherche. Cette méthode d'enseignement commence à être reconnue à l'internationale et l'appellation "Modèle d'Aalborg" ("The Aalborg Model") est fréquemment employée. ("About Aalborg University")

En 2021, le journal "Times Higher Education" a classé l'université d'Aalborg au 6ème rang mondial (sur 11 117 universités) en termes d'impact pour atteindre des objectifs de développement durable des Nations Unies. Cela souligne l'investissement profond de l'université dans la prise en compte de la question écologique au sein de ses enseignements et de ses activités de recherche. Il s'agit par ailleurs de la première université de l'Union Européenne au sein de ce classement. ("About Aalborg University") Sur l'année académique 2020-21, l'Université d'Aalborg est régulièrement classée dans le milieu des classements mondiaux et au 4ème rang au niveau du Danemark. ("About Aalborg University")

L'université d'Aalborg fait partie du consortium européen des universités innovantes fondé en 1997 par 10 universités à travers l'Europe. On retrouve par exemple, l'université de Dublin en Irlande, de Linköping en Suède, de Barcelone en Espagne, d'Hambourg en Allemagne ou encore de Twente aux Pays-Bas. L'objectif principal de ce réseau d'universités est de coopérer sur des projets d'éducation, de recherche et de développement régional. ("About Aalborg University")

Le site de Copenhague est situé dans le quartier de Teglholmen (dans le sud-ouest de Copenhague) dans les anciens locaux de recherche et développement de la société de télécommunication finlandaise Nokia. Il offre 8 bachelors et 22 masters principalement dispensés en anglais. Le site accueille environ 2750 étudiants et 530 employés. ("About Aalborg University")

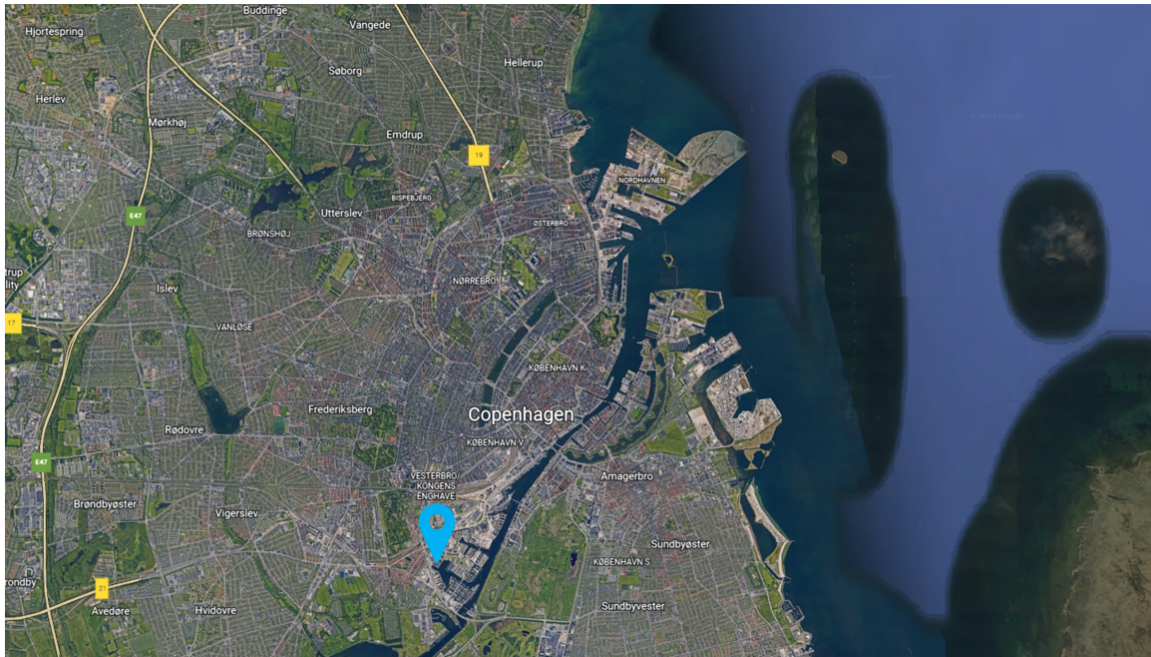


Figure 3 : Situation de l'université d'Aalborg à Copenhague

Le département de la planification

Le département de la planification dans lequel j'ai pu réaliser mon stage travaille sur les planifications, les technologies et les sociétés dans le but de concevoir un futur plus durable. C'est un département multidisciplinaire puisqu'il aborde autant des aspects techniques, naturels que sociaux et développe de nombreuses solutions techniques et digitales pour répondre aux besoins de la société.

On retrouve par exemple comme sujets d'étude la transition écologique, le design, l'économie circulaire, la consommation et la production, la planification urbaine, énergétique et environnementale, la gestion des milieux aquatiques ou encore l'utilisation des sols. ("Department of Planning")

Du point de vue de la recherche ce département compte dix groupes différents: durabilité innovation et politique, techno-anthropologie, géodésie, géoinformatique et observation terrestre, planification de la mobilité urbaine durable, évaluation environnementale, gestion du territoire et gouvernance, design durable, gouvernance des espaces maritimes et planification des énergies durables (le groupe où j'ai donc réalisé mon stage). ("Department of Planning")

Le groupe de recherche (Planification des énergies durables)

Ce groupe de recherche est présent sur les sites d'Aalborg et de Copenhague et est composé d'une vingtaine de personnes. Une vision interdisciplinaire est adoptée autour du design et de l'implantation des futurs systèmes énergétiques durables. Le principal sujet de recherche est la planification énergétique dans toutes ses dimensions techniques, sociales et institutionnelles. ("Sustainable Energy Planning - research")

La vision et la ligne directrice du groupe reposent sur l'idée que les futurs systèmes énergétiques seront basés sur la durabilité et les énergies renouvelables. La participation des institutions publiques est également vue comme un facteur très important vers la transition énergétique. ("Sustainable Energy Planning - research")

Parmi leurs travaux, on retrouve des analyses de systèmes, des études de faisabilité et l'étude de régulations publiques dans une vision long-terme avec la prise en compte d'évolutions technologiques. Au cours de ces années d'activités, plusieurs concepts ont été développés comme les "systèmes énergétiques intelligents" ("Smart Energy System"). En l'occurrence, ce concept est décrit comme un changement de paradigme pour s'éloigner de la pensée actuelle mono-sectorielle et permettre une compréhension cohérente et intégrée de la manière de concevoir les futurs systèmes énergétiques durables. Le groupe a également développé son propre logiciel d'analyse de systèmes énergétiques "EnergyPLAN" qui est un logiciel libre d'accès utilisé par de nombreux chercheurs partout dans le monde et largement reconnu par de nombreuses revues scientifiques. ("Sustainable Energy Planning - research")

Dans la pratique, le groupe travaille sur:

- Le développement d'outils et de modèles informatiques pour l'élaboration de systèmes énergétiques durables.
- L'implication régulière dans les réflexions politiques concernant la planification énergétique à l'échelle du Danemark et de l'Europe.
- L'élaboration des stratégies pour le développement de l'efficacité énergétique et de l'intégration des énergies renouvelables.
- L'analyse de la planification, de l'organisation, et de la propriété des énergies renouvelables.
- Le développement de nouveaux concepts théoriques et méthodologiques.

("Sustainable Energy Planning - research")

Très concrètement, le groupe a pu, à l'issue de certains projets, par exemple:

- Déterminer comment le Danemark peut obtenir un mix énergétique 100% renouvelable.
- Comment intégrer le marché de l'emploi, l'équilibre économique et le développement des espaces ruraux dans leurs études de faisabilité.
- Comment la question de la propriété et du marché économique influence l'implantation de systèmes énergétiques propres.
- Le rôle de certaines technologies tel que les électrolyseurs et le chauffage urbain dans les futurs systèmes énergétiques.

("Sustainable Energy Planning Research Group")

Dans le cadre de mon stage, j'ai pu donc évoluer avec les membres du groupe présents sur le site de Copenhague. Mes deux tuteurs étaient assistants professeurs/ingénieurs et le reste de l'équipe était

composé d'un chercheur/ingénieur, de trois assistants chercheurs et de deux doctorants. Leurs profils étaient particulièrement hétéroclites avec notamment beaucoup de nationalités différentes: danois, néo-zélandais, pakistanais, estonien, croate, roumain et bulgare. J'ai également pu rencontrer par visio conférence les membres de l'équipe localisée à Aalborg lors de réunions mais je ne me suis jamais entretenu personnellement avec eux.

Les principaux outils mis en place par le groupe de recherche

EnergyPLAN

Le logiciel EnergyPLAN simule l'ensemble des opérations des systèmes énergétiques nationaux heures par heures en incluant l'électricité, le chauffage, le refroidissement, l'industrie et le secteur des transports. Le logiciel a toujours été conçu pour être facile à utiliser et le plus possible partagé aux autres chercheurs, consultants et même pour certains décideurs politiques. Sur la plateforme internet du logiciel un certain nombre de formations et d'exercices sont proposés. De plus, toute personne peut accéder à une large base de données et des modèles de simulation de mix énergétiques propres pour certains pays européens. (Lund and Thellufsen)

Brièvement, ce logiciel est un outil pour l'élaboration des stratégies énergétiques nationales sur la base d'une analyse technique et économique des conséquences des différents systèmes énergétiques et des investissements réalisés. Ce modèle a été initialement conçu à l'échelle nationale mais peut aujourd'hui être appliqué au niveau Européen comme à l'échelle d'une ville ou d'une municipalité. (Lund and Thellufsen)

TransportPLAN

Le TransportPLAN permet la modélisation très détaillée de scénarios de l'évolution des transports de tout type à l'échelle d'un pays. Il prend la forme de tableaux dans lesquels les utilisateurs peuvent facilement créer des scénarios du parc de transport. Ce logiciel permet donc de modéliser les flottes de véhicules, la demande énergétique en fonction des passagers et des activités de fret. L'année de référence a été fixée en 2011 et des projections précises ont été réalisées pour 2035 et 2050. (Mathiesen et al., 2022, 41)

IndustryPLAN

L'IndustryPLAN est un outil pour l'analyse de la demande énergétique du secteur industriel des pays Européens. Il est développé comme un document excel en utilisant une combinaison de fonctions et de codes VBA (Visual Basics). L'objectif principal est de fournir un cadre permettant d'analyser l'industrie ainsi que ses sous-secteurs à l'échelle nationale comme européenne. (Johannsen et al., 2020, 7)

Les variantes TransportPLAN et IndustryPLAN permettent en réalité un traitement précis des données reçues en amont de les implémenter dans le logiciel principal EnergyPLAN.

Les principaux travaux et projets du groupe de recherche

sEEnergies

Le projet sEEnergies, sur lequel travaille le groupe actuellement, est un projet de recherche mené conjointement par neuf groupes de recherche d'universités européennes: Halmstad, Zurich, Utrecht, Flensburg, Leuven, Oslo, Vienne, Freiburg et donc Aalborg. Il a reçu des financements en provenance de

l'Union Européenne. Le projet réalise, sur tous les secteurs et marchés de chaque pays ou régions, une analyse temporelle et spatiale qui conduit à une modélisation énergétique nouvelle basée sur l'efficacité. L'objectif est de quantifier et mesurer le potentiel d'efficacité énergétique des bâtiments, du transport, de l'industrie et des réseaux énergétiques. (Aalborg University et al., 2022)

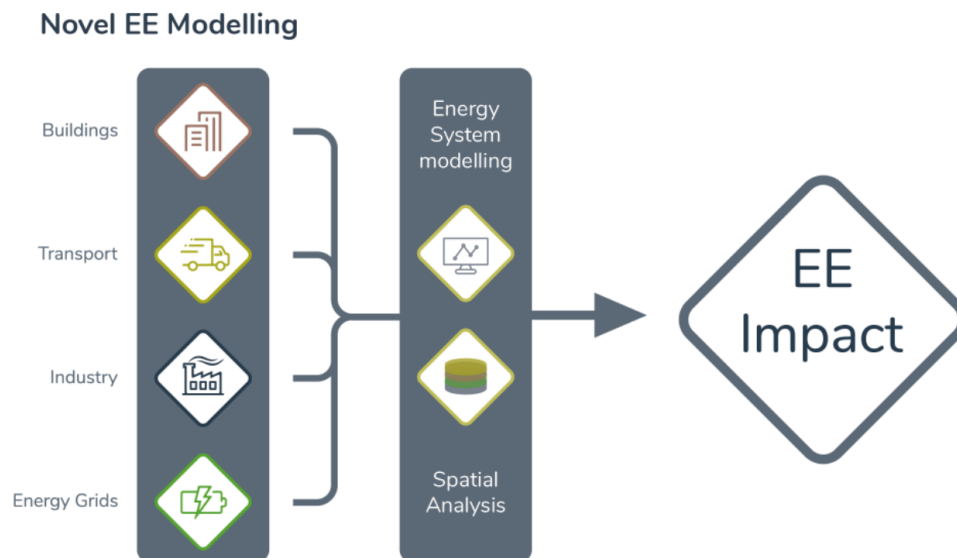


Figure 4 : Méthodologie de modélisation des systèmes énergétiques dans le projet sEnergies

Re-Invest

Ce projet pour les stratégies d'investissements dans l'énergie renouvelable vise à concevoir des stratégies robustes et rentables pour faciliter la transformation des systèmes énergétiques européens vers du 100 % renouvelable. Il rassemble 17 partenaires universitaires ou du secteur de l'énergie (les universités d'Aalborg, d'Aarhus, Stanford, l'entreprise Orsted, l'agence nationale danoise pour l'énergie, etc...). Au sein des différents travaux, l'accent est mis sur les synergies entre l'électricité, la chaleur et le transport. (Aalborg University et al., 2021)

Le projet présente trois objectifs principaux :

- Une ligne directrice autour de systèmes énergétiques intelligents et le stockage énergétique à bas coût entre différents secteurs.
- Un soutien aux acteurs des énergies renouvelables au Danemark et plus largement en Europe en fournissant des résultats de recherche directement aux services Recherche et Développement des entreprises partenaires.
- Une promotion de la transparence dans la recherche liée au secteur de l'énergie en communiquant un grand nombre de données, des modélisations, des méthodes, etc...

(Aalborg University et al., 2021)

La présentation de la mission

L'intitulé précis des missions qui a été donné par mes tuteurs en amont de ce stage était:

- Traitement, interprétation et communication de données sur les systèmes énergétiques au sein de bases de données.
- Contribution à des rapports de haut niveau décrivant les données et les résultats en matière d'énergie.
- Collecte de données.

Avec pour objectifs:

- Collecter et rendre opérationnelles les données du système énergétique pour l'analyse et l'interprétation.
- Participer aux réunions de projet et recueillir les comptes rendus.
- Communiquer les données et les résultats des systèmes énergétiques dans des tableaux, des graphiques et des rapports.
- Synthétiser les résultats qui couvrent les livrables établis.

Je n'avais donc pas de projets longs termes à mener de façon autonome mais plutôt un ensemble de tâches qui sont venues s'intégrer dans leur projet en cours. Ces missions avaient pour but de m'impliquer progressivement dans leur manière de travailler, de les aider sur un certain nombre de points et ainsi de pouvoir m'impliquer de façon croissante.

Ils m'ont par ailleurs expliqué qu'il était difficile pour eux de me donner plusieurs mois à l'avance l'ensemble des tâches que j'allais avoir à réaliser. C'est pourquoi les intitulés sont assez peu précis et exhaustifs.

La présentation du déroulé de la mission

Mon stage a donc débuté le Mardi 19 avril 2022. Après une rapide visite des locaux et une présentation de l'équipe, j'ai pu disposer de mon propre bureau et d'une installation informatique personnelle avec un accès au réseau interne.

Semaine du 19/04

Comme première tâche, mes tuteurs m'ont conjointement invité à me documenter sur leurs anciens et actuels travaux. Pendant près d'une semaine, j'ai donc découvert les différents outils développés et utilisés ainsi que de nombreux rapports. Parmi les documents que j'ai pu lire voici une liste non-exhaustive:

- [Smart Energy Europe - developing a renewable energy scenario for a decarbonised Europe](#)
- [Guidelines for the Energy System Transition: Recommendations for Local and Regional Policymakers - Heat Roadmap Europe 4](#)
- [Too complicated and impractical? An exploratory study on the role of energy system models in municipal decision-making processes in Denmark](#)

Globalement, l'ensemble de ces lectures m'ont permis de découvrir tout le vocabulaire en anglais lié au secteur énergétique et certains processus de production ou d'optimisation énergétique. Au cours de ces lectures j'ai pu noter un certains nombres de points qui me semblaient importants. Voici ci-dessous un exemple de mes prises de notes.

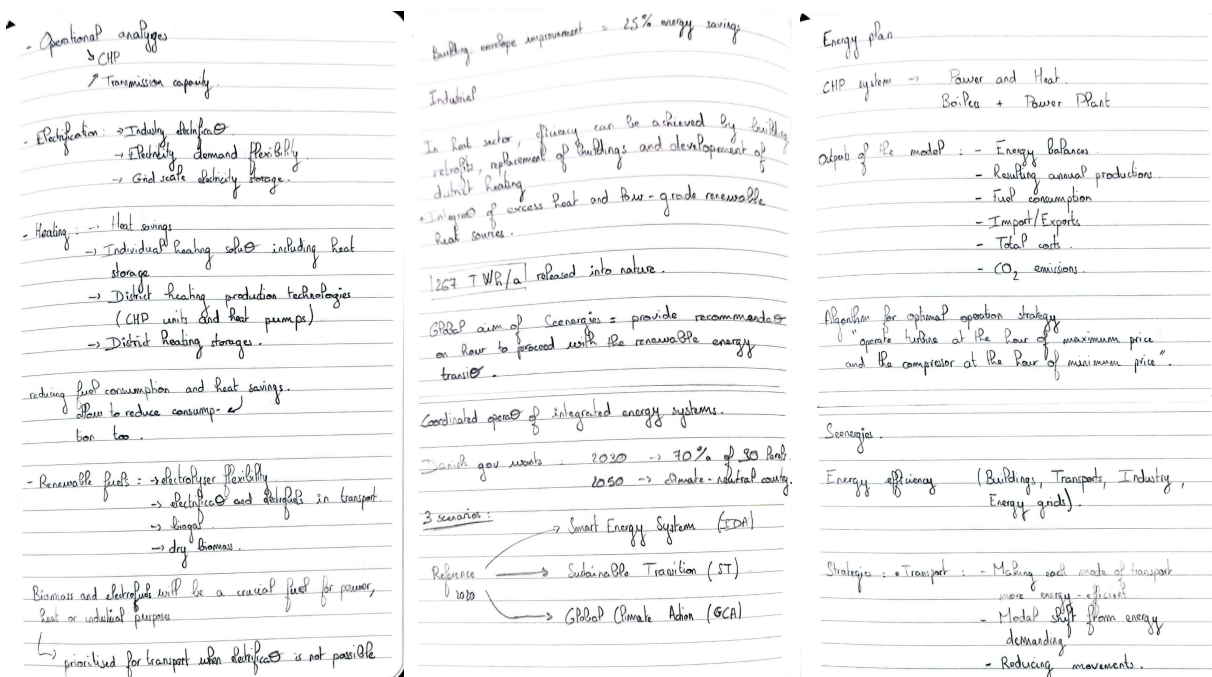


Figure 5 : Exemples de prise de notes lors des lectures de rapports

Semaine du 25/04

Lors de ma deuxième semaine de stage, j'ai pu débiter de nouvelles tâches. J'ai pu réaliser le calcul de la sécurité énergétique de pays à partir de la formule ci-dessous :

$$\Delta ID = ID^0 - ID^1 = \left(\frac{\text{imports nets}}{\text{conso brute énergie finale} + \text{bunkers}} \right) - \left(\frac{\text{imports nets}}{\text{conso brute énergie finale} + \text{bunkers} + \text{épargne énergie primaire}} \right)$$

* bunkers comprend l'ensemble des consommations d'énergie de bateaux et avions.

Je devais retrouver l'ensemble des statistiques nécessaires à ce calcul dans la base de données officielle Eurostat et faire ce calcul pour chaque pays de l'Union Européenne. Les résultats venaient ensuite confirmer ou infirmer l'évaluation de la sécurité énergétique que le logiciel développé par le groupe a pu faire.

Durant cette semaine, j'ai également été amené à redessiner un schéma logique du mix énergétique danois qui prend la forme d'un diagramme de Sankey.

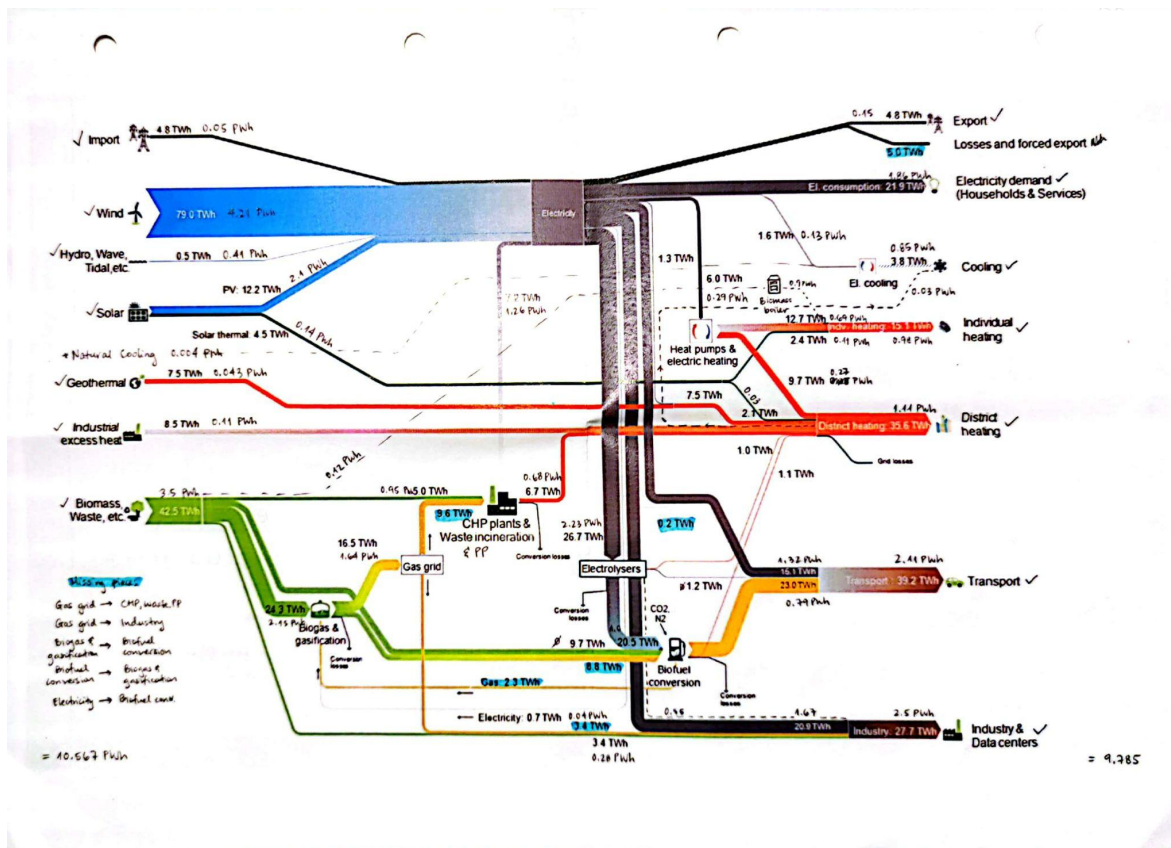


Figure 6 : Diagramme sankey d'un système énergétique

Cette mise à jour a été réalisée à partir du logiciel eSankey et d'un diagramme préexistant. J'ai donc pu mettre à jour les valeurs numériques à partir des résultats de la dernière modélisation du logiciel EnergyPLAN. J'ai également pu construire de nouvelles liaisons ou nœuds entre certaines entrées et sorties du diagramme. Enfin, certaines valeurs manquaient et je devais les retrouver directement dans le logiciel. L'intérêt de ce type de diagramme est de synthétiser sur une forme plus visuelle et claire un mix

énergétique relativement complet (bien que simplifié). Il est largement utilisé par le groupe de recherche dans le cadre de rapports ou présentations.

Au cours de cette tâche qui s'est étendue sur plusieurs jours, j'ai également pu analyser longuement le fonctionnement du logiciel EnergyPLAN. J'ai suivi une formation en ligne proposée par le groupe lui-même et j'ai pu comprendre l'ensemble des paramètres pris en compte qui permettent d'obtenir un modèle réaliste.

Semaine du 02/05

A partir de début mai, j'ai commencé la rédaction du wikipédia interne au groupe de recherche disponible pour tout le personnel du département. A partir d'une structure très rudimentaire (quelques titres seulement), il m'a été demandé de rédiger cette page qui pourra être utilisée par tout nouvel arrivant ou autre personne du département intéressée par le groupe.

Pour l'écriture de ces pages, j'ai pu m'inspirer de mes notes prises lors de ma première semaine et de l'ensemble de leurs rapports disponibles gratuitement sur leur site web. Quelques notions élémentaires de HTML m'ont aussi été utiles (que j'avais acquises lors d'une petite formation aux bases du codage web sur mon temps libre).

J'ai également pu apporter une contribution plus personnelle lorsque j'ai soumis quelques idées de nouvelles pages qui pouvaient être intéressantes ou bien d'améliorations de la structure de certaines pages. Par exemple, j'ai proposé de produire une frise chronologique qui reprend les principaux outils et projets réalisés par le groupe depuis sa création. A titre personnel, cela m'a également permis de mieux appréhender l'évolution et le cheminement des travaux du groupe.

Ainsi, j'ai pu produire un visuel (voir annexe 1) en essayant d'apporter un côté plus design et synthétique tout en reprenant le plus fidèlement possible leurs réalisations.

Ensuite, sur les conseils de mon tuteur, j'ai pu réaliser un sondage des différentes personnes du groupe concernant la page wikipédia. Je les ai sollicités pour qu'ils me donnent un retour sur le site, des perspectives d'amélioration, des détails importants à préciser, etc... Ce sondage a pris la forme d'entretiens d'une trentaine de minutes et a permis d'améliorer en de nombreux points la page. A titre d'exemple, un des membres de l'équipe m'a fourni un document complet concernant le rôle précis de chaque personne. J'ai donc pu compléter la description du profil de chacun des membres.

Par ailleurs, au cours de cette semaine, j'ai ensuite eu à estimer le coût d'une batterie domestique en kW/€. J'ai eu besoin de croiser de nombreuses sources et de convertir mes résultats dans l'unité souhaitée.

Semaine du 09/05

Lors de la deuxième semaine de Mai, mes tuteurs m'ont donné comme tâche de rechercher différents types de données pour venir infirmer ou confirmer les ordres de grandeur modélisés par le logiciel energyPLAN. A partir des bases de données officielles de l'Union Européenne, j'ai dû retrouver les capacités maximales théoriques de production d'électricité pour l'éolien et le solaire ou la consommation électrique des pompes à chaleur par exemple. J'ai aussi dû me renseigner sur les objectifs annoncés par L'Union européenne en matière de flotte de voitures électriques et de production nucléaire à l'horizon 2030.

En parallèle, j'ai aussi enrichi la page Wikipédia de nouvelles rubriques telles que la stratégie globale de planification énergétique, leurs propositions, leurs logiciels ou programmes informatiques, leurs modèles analytiques, leurs politiques énergétiques et leur vision sur l'économie de l'énergie. L'écriture de toutes ces pages a été possible grâce à de nombreux documents qui m'ont été fournis par le groupe et que j'ai dû lire et synthétiser.

(Voir annexes 2,3,4 et 5)

Semaine du 16/05

Cette nouvelle semaine a débuté par la préparation de données en vue de l'implémentation dans le logiciel. Ces données portaient sur la consommation de l'industrie en termes de chauffages urbains pour chaque pays européen. Elles s'appuyaient sur différents scénarios envisagés pour 2030 et 2050. Une partie calculatoire permettait de prendre en compte des améliorations probables en termes de perte de chaleur au sein du réseau. Ensuite, pour chaque pays, j'ai mis à jour la valeur obtenue directement dans le logiciel.

A partir du 18 mai, j'ai commencé une nouvelle tâche qui s'est étendue jusqu'à la fin de mon stage. Elle consistait à réaliser un rapport de six pages pour chaque pays de l'Union Européenne au sein duquel on pouvait retrouver un ensemble de neuf graphiques importants qui viennent synthétiser leur "situation énergétique" avec des projections sur 2050. Ces 28 petits rapports devaient être intégrés à un de leur rendu pour fin juin dans le cadre de leur projet sEEnergies. Initialement, on devait pouvoir retrouver:

- Une courbe de la population
- Les demandes en énergie primaire et finale
- La production d'électricité (avec le détail pour les énergies renouvelables)
- La demande en bioénergie
- Les approvisionnements en chaleur
- La demande du secteur industriel
- La consommation d'énergie finale du secteur du transport
- Les coûts annuels

(l'ensemble de ces éléments ont ensuite évolué et ils ne sont pas tous présents dans les rapports finals).

J'ai d'abord commencé par imaginer un modèle/design de document qui se voulait sobre et cohérent avec leur "identité visuelle" habituelle. Dans cette optique de produire des rendus clairs, soignés et conformes à leur charte graphique interne, j'ai pu disposer de l'outil "thinkcell". Ce logiciel vient s'ajouter directement sur power point et permet de produire facilement tout type de diagrammes. (voir annexe 6)

A partir de là, en coopération avec mon tuteur et un autre chercheur assistant, j'ai débuté le rassemblement des données nécessaires à la création de l'ensemble des graphiques. Cette tâche a été longue et assez fastidieuse. Les données voulues étaient principalement pour les années 2015 et 2050. Pour l'année 2015, l'ensemble des données était directement disponible dans leur précédents rapports ou bases de données. Nous avons également dû nous référer à la base de données européenne (eurostat). En revanche, concernant les données pour 2050, il a fallu les extraire directement du logiciel energyPLAN ou même parfois des supports complémentaires industryPLAN et transportPLAN. Grâce à un

ensemble de fichiers excel partagés, nous avons pu réorganiser tout un ensemble de données pendant plusieurs semaines.

La manipulation d'un grand nombre de données entraînant beaucoup d'erreurs (d'inattention, de mise à jour ou même directement au sein du logiciel), une grande partie de cette étape a été de vérifier les ordres de grandeur, de repérer les données incohérentes ou de retrouver les sources du problème (en remontant les différentes formules).

En parallèle de cette tâche principale, j'ai également parfois eu à rechercher différentes données à la demande d'autres membres du groupe. Par exemple, j'ai eu à trouver la possible répartition d'un mix énergétique (carburants) sans énergie fossile pour le secteur de l'aviation.

A partir du 23 mai jusqu'à mi-juillet

Durant cette période, nous avons pu travailler exclusivement sur les 28 rapports de chacun 6 pages contenant l'ensemble des graphiques évoqués précédemment ainsi qu'un ensemble de points de commentaires contenant des pourcentages illustrant bien les informations les plus intéressantes à retenir des graphiques.

Nous avons réalisé plusieurs versions en étant en échange constant et en nous répartissant les différentes tâches. Nous avons également très régulièrement soumis l'avancé de notre travail à l'ensemble des autres membres du groupe. En particulier, nous avons essayé de satisfaire les exigences du professeur responsable du groupe M. Van Mathiesen. Notre pays "témoin" était le Danemark car il est particulièrement bien connu de l'ensemble des professeurs. Ce choix leur permettait de pouvoir repérer n'importe quelle erreur majeure "à l'œil nu". Nous avons également pu solliciter l'avis du reste du groupe situé à Aalborg pour tenir compte de leurs suggestions et qu'ils nous permettent de repérer les erreurs restantes. Cette sollicitation a été particulièrement fructueuse puisque chaque personne a une zone géographique de prédilection principalement grâce à ses origines. Ainsi, nous avons pu détecter et corriger un grand nombre d'erreurs en vue du rendu final.

Le choix des graphiques a lui aussi nécessité beaucoup d'étapes de réflexions, de tests et de changements de direction. Nous avons pu essayer différents graphiques et ainsi choisir lequel illustrait au mieux ce que nous voulions montrer pour chaque pays. Lors de la finalisation de ces rapports, nous avons également dû mettre en place tout un travail de mise en page, de choix de police. Nous avons adapté toutes les légendes de chaque graphique.

Un autre point majeur a été notre réflexion pour savoir comment optimiser la réalisation des 28 rapports en un minimum de temps. Certaines modifications peuvent se révéler particulièrement chronophages lorsqu'elles doivent être répétées sur chaque document. Par exemple, nous avons rapidement abandonné l'idée de réaliser les uns après les autres car aller chercher chaque données les uns après les autres nous faisait perdre beaucoup de temps. Nous avons donc choisi de réaliser tous les rapports simultanément ce qui était plus cohérent avec nos feuilles de calculs excel regroupant toutes les données. Ces feuilles étaient organisées par données (pour un type de données nous avons tous les pays) et donc nous avons à réaliser le même graphique pour chaque pays. De plus, nous avons regroupé les mêmes graphiques pour chaque pays dans des fichiers powerpoint pour ensuite les insérer directement dans les rapports.

(voir annexes 7,8 et 9)

Concernant les corrections qui ont dû être faites tout au long de la rédaction de ces rapports, nous avons rapidement arrêté de les corriger dès que nous les repérons car certaines valeurs ou graphiques ont été modifiés plus de quatre ou cinq fois. Nous avons plutôt opté pour les reporter sur papier et d'attendre de faire des vérifications supplémentaires et de repérer davantage d'erreurs. Ainsi, nous avons régulièrement des "vagues" de mise à jour sur l'ensemble des rapports. Sans les avoir dénombrés précisément, j'estime avoir réalisé une trentaine de mises à jour sur toute la durée de rédaction des rapports. Bien que variables, ces mises à jour pouvaient prendre entre 20 minutes et une journée complète, étaient relativement répétitives et nécessitaient une grande concentration (pour ne pas se tromper de valeur, de pays, etc...).

Fin juillet

L'ensemble des rapports étaient donc terminés mais devaient être mis en ligne et partagés au sein du projet global "sEEnergies". Ces rapports devaient être consultables en ligne au format pdf mais également imprimables. Nous avons donc fait de nombreux tests pour que l'impression soit la meilleure possible et la plus proche possible de la version informatique. Plusieurs problèmes de marges et de défauts nous ont ralentis et nous avons dû convertir plusieurs fois chaque fichier en version pdf pour obtenir le résultat escompté. Nous avons aussi réglé un ensemble de fichier excel en accès libre sur le site du projet en limitant l'accès à certaines formules et pages. Chacune de ces étapes a dû être répétée 28 fois (28 pays + le rapport sur l'Europe entière) ce qui les rend relativement chronophages.

La présentation des livrables de la mission

Durant l'intégralité de mon stage, j'ai donc pu produire 2 livrables principaux

Page Wikipédia

Cette page Wikipédia évoquée précédemment comprend un certain nombre de pages différentes comme par exemple:

- **Une page d'accueil**

La page d'accueil du Wikipédia interne présente de manière très générale le groupe de recherche. Au travers de la page et des paragraphes, l'ensemble des autres pages sont citées et des liens vers ces pages sont accessibles.

De plus, c'est sur cette page que l'on retrouve le visuel que j'ai pu créer (annexe 1). Comme dit précédemment, il développe les différents outils et concepts du groupe de recherche. Il retrace également l'ensemble des récents projets majeurs sur lesquels le groupe a travaillé par ordre chronologique.

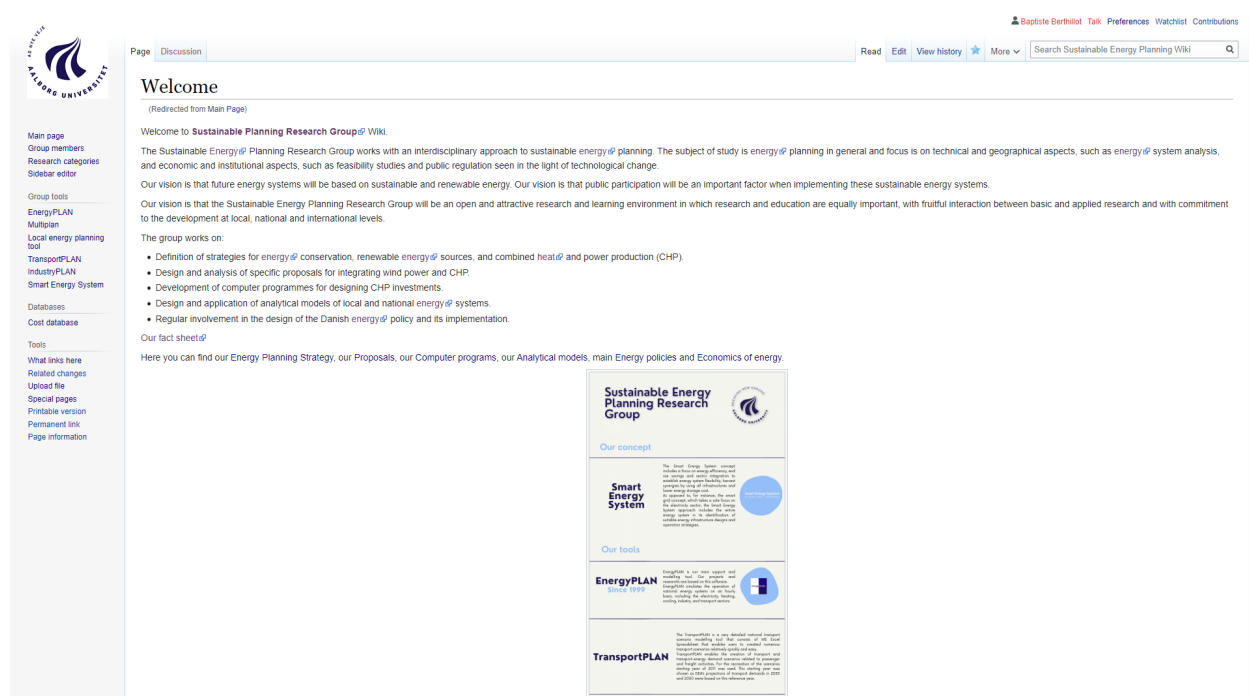


Figure 7 : Page d'accueil du Wikipédia

- Les membres du groupe (annexe 3)

Pour chaque personne, leur nom, leur prénom, leur contact, leur position dans le groupe ainsi que leur domaine de prédilection ont été précisés. Pour les professeurs du groupe, j'ai également pu détailler leur parcours et leurs travaux majeurs.

L'intérêt d'avoir développé les sujets les mieux maîtrisés par chacune des personnes du groupe est principalement pour les futurs nouveaux membres. Si ces personnes sont amenées à consulter cette page ils pourront ainsi facilement comprendre à qui s'adresser pour un sujet donné.

- Une page dédiée au logiciel EnergyPLAN, sa prise en main et son fonctionnement (annexe 5)

Cette page retrace l'histoire du développement de ce logiciel depuis sa création ainsi qu'une explication générale de fonctionnement. La partie la plus utile pour les personnes qui peuvent lire cette page sont le détail des liens entre le logiciel et les autres outils développés par le groupe (savoir quelles données peuvent être directement implémentées dans le logiciel depuis ces outils). Des liens renvoyant aux données des distributions horaires de consommation, production,... pour chaque pays de l'Union Européenne sont aussi particulièrement utiles pour toute personne souhaitant les retrouver.

- Une page détaillant comment accéder à la base de données de la commission européenne

Cette page prend la forme d'un tutoriel très détaillé étape par étape permettant d'accéder aux données souhaitées en provenance du site Eurostat. Ensuite, il est détaillé comment les récupérer et les exploiter directement dans excel. Enfin, nous avons ajouté à cette page des chemins d'accès vers de la documentation supplémentaire dans le réseau interne de l'université.

- **Une page détaillant l’outil “MUSE GRIDS Energy planning” (un outil développant des scénarios de mixs énergétiques à une échelle locale).**

Dans cette page est précisé le détail du fonctionnement général du logiciel ainsi que des liens d’accès vers des données qui peuvent être utilisés dedans, un lien de téléchargement de la dernière version et la personne du groupe référente pour cet outil (en l'occurrence un des professeurs du groupe)

- **Deux pages dédiées à l’outil TransportPLAN et IndustryPLAN (annexe 4)**

Dans ces deux pages, on peut retrouver le détail du fonctionnement de ces deux outils. On retrouve par exemple, la méthodologie utilisée pour élaborer des scénarios différents, les valeurs disponibles grâce à ces outils (“outputs”) et comment les utiliser ou les interpréter. Des explications concernant leur utilisation basique sont aussi sur ces pages avec des liens redirigeant vers une documentation plus précise et très complète.

- **Une page détaillant le concept de systèmes énergétiques intelligents**

Il a été également jugé utile d’ajouter une page concernant ce concept de systèmes énergétiques intelligents, fondamental pour le groupe. Ce concept est illustré par le biais de schémas et de vidéos (créés par le groupe auparavant). L’application de ce concept dans certains pays (Danemark, pays nordiques principalement) est également prise comme exemple.

- **Le détail de calcul du point de vue des coûts (la méthodologie)**

- **Le détail des stratégies de planification énergétique**

Plusieurs stratégies existent. Par exemple, on peut retrouver:

- L’électrification
- L’hydrogène
- L’efficacité énergétique
- L’économie circulaire
- Une combinaison de différentes solutions

- **Un rapide rappel des politiques énergétiques annoncées par le groupe et différentes institutions**

Le groupe a établi sa vision en considérant cinq principes fondamentaux:

- L’augmentation de la pénétration des énergies renouvelables dans les mix énergétiques européens
- La flexibilité et la stabilité des systèmes énergétiques
- La sécurité énergétique
- La génération énergétique décentralisée
- Une nouvelle vision des marchés de l’énergie

(Sustainable Energy Planning Research Group, 2022)

Dans cette section nous avons également rappelé les objectifs annoncés de l’Union Européenne en matière d’énergie qui se base sur le plan établi en 2015 avec cinq principaux objectifs:

- La diversification des sources d’approvisionnement en énergie
- Le fonctionnement d’un marché intégré et interne à l’UE

- L'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire la dépendance aux importations
- La décarbonisation de l'économie
- La promotion de la recherche autour des technologies décarbonées

(Sustainable Energy Planning Research Group, 2022)

Enfin, un bref résumé des objectifs danois a également été ajouté.

- Une annexe avec les termes et définitions par thématique (chaleur, énergie, etc...)

Par exemple, on peut retrouver dans cette section les définitions précises de cogénération, de consommation d'énergie finale, des énergies fossiles, de la consommation intérieure brute d'énergie, de la production d'électricité nette, des sources d'énergie renouvelables, des réseaux de chaleurs urbains.

Rapports par pays

Ces rapports par pays de chacun six pages sont donc des résumés graphiques de la situation énergétique de chaque pays et permettent d'illustrer l'évolution entre les années actuelles (références prises sur 2015 ou 2019) et l'année 2050 selon les projections du modèle développé par le groupe de recherche.

Il y a donc un rapport par pays de l'Union Européenne, un pour le Royaume-Uni et un pour "l'Europe des 28" (c'est-à-dire l'Union Européenne + le Royaume-Uni).

- 1ère page

Premièrement, on retrouve dans ces rapports les courbes de l'énergie finale consommée par le pays en question de 2019 jusqu'en 2050 selon le scénario "Baseline 2050" et le scénario "sEE 2050". Cela permet ainsi de voir à quel point le scénario "sEE 2050" (qui est donc le scénario basé sur l'efficacité énergétique et qui est le but du projet global sEEnergies) permet de réduire la demande en énergie finale. La comparaison avec le scénario "Baseline 2050" (un autre scénario pour 2050 basé sur les politiques actuelles et objectifs annoncés en matière d'écologie) permet d'illustrer les potentiels bénéfices du scénario développé pour "sEEnergies".

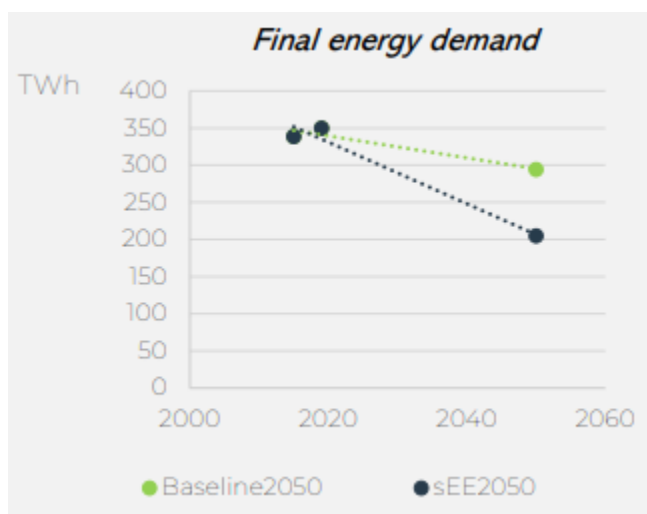


Figure 8 : Demande en énergie finale de l'Autriche

Un deuxième graphique dans le même bloc vient lui montrer les quantités d'énergie primaire et finale pour 2015, 2019 et 2050. L'énergie primaire est divisée en fonction de la provenance de l'énergie (à savoir énergies renouvelables, biomasse, nucléaire ou énergies fossiles). L'énergie finale, quant à elle, est divisée entre les trois secteurs principaux : le transport, l'industrie et le bâtiment. Pour l'année 2050, le potentiel de la production biomasse a également été ajouté pour pouvoir évaluer à quel point ce potentiel pourrait être exploité en 2050.

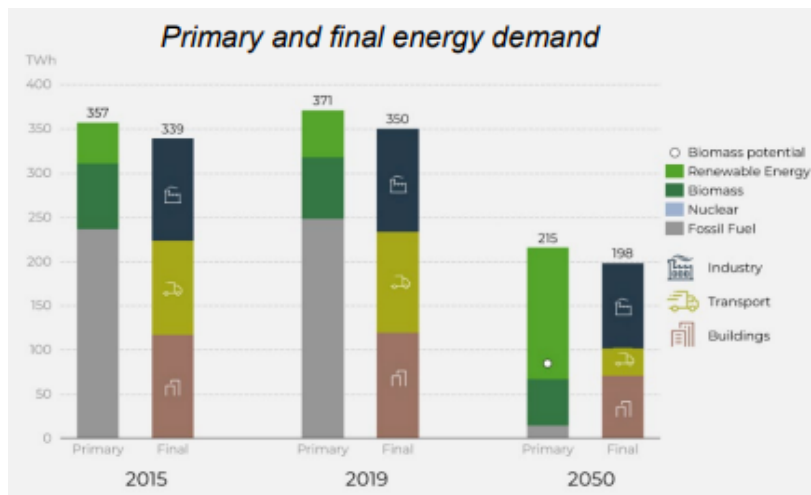


Figure 9 : Évolution de la demande en énergie primaire et finale de l'Autriche

Pour accompagner ces deux graphiques, des points clés ont été ajoutés avec les pourcentages de réduction des demandes d'énergie finale, d'approvisionnements d'énergie primaire, la prévision de l'évolution de la population ou encore la consommation de bioénergie par habitants.

Toujours en première page, une partie sur la demande en électricité comporte également un graphique important. Dans ce graphique, nous pouvons retrouver l'évolution des capacités de production d'électricité pour 2019, 2021 et 2050 (on observe systématiquement une forte augmentation pour 2050 puisque les énergies fossiles sont massivement remplacées par une électrification massive). Sur la droite du graphique, on trouve en revanche la production annuelle de 2019 et une prévision pour 2050 (qui, donc, augmente également). Chaque barre de l'histogramme est divisée par moyen de production d'électricité (éolien, solaire, centrale électrique, centrale nucléaire, hydraulique et géothermique).

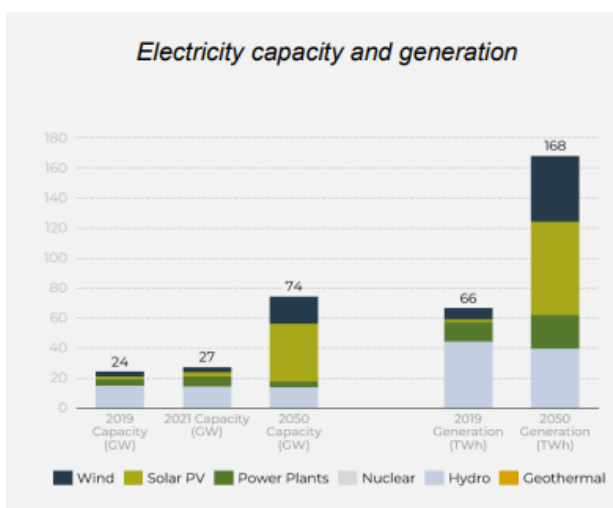


Figure 10 : Évolution des capacités de production et des productions réelles de l'Autriche

A ce graphique, nous avons ajouté le pourcentage d'augmentation de la demande d'électricité totale entre 2019 et 2050, les coûts d'investissements en matière de panneaux solaires et d'éolien et les potentiels de production d'éolien off/on shore et d'éolien. L'ensemble de ces données renseignent sur les possibilités et la faisabilité d'une électrification massive des pays. Enfin, des points explicatifs expliquent comment seraient équilibrés les réseaux de chaleur et d'électricité.

- 2ème page

La deuxième page concerne le secteur du bâtiment. On retrouve d'abord un graphique de la quantité d'approvisionnement de chaleur en 2015 et 2050. La demande de chaque année est divisée entre le chauffage individuel et les réseaux de chaleur. Un point blanc, présent sur ce graphique, indique la quantité de chaleur/froid récupéré sur des process industriels. Dans tous les cas, on observe une diminution de la demande totale et une augmentation de la récupération de chaleur/froid auparavant perdue.

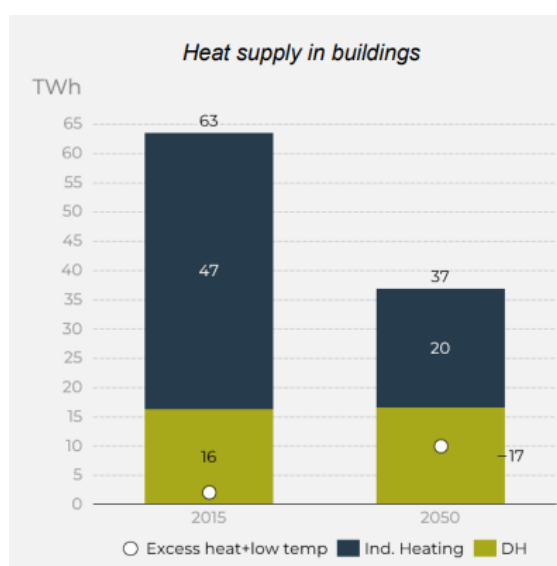


Figure 11 : Évolution de l'approvisionnement de chaleur dans le secteur du bâtiment en Autriche

Ici aussi, des pourcentages de réduction de la demande globale ou une estimation des coûts de mise en place des infrastructures viennent illustrer avec des chiffres marquants le graphique ci-dessus présenté.

Viennent ensuite deux graphiques qui donnent la répartition de la provenance de la chaleur pour le secteur du bâtiment en 2015 et 2050. Ce que l'on observe pour l'ensemble des pays, c'est l'augmentation de la part des réseaux de chaleur entre les deux années. Comme le notifient les deux points juste en dessous des graphiques, les évolutions entre les deux années s'expliquent par une diversification des sources d'approvisionnement pour les réseaux de chaleur et le remplacement des chaudières individuelles par du solaire ou des pompes à chaleur pour le chauffage individuel.

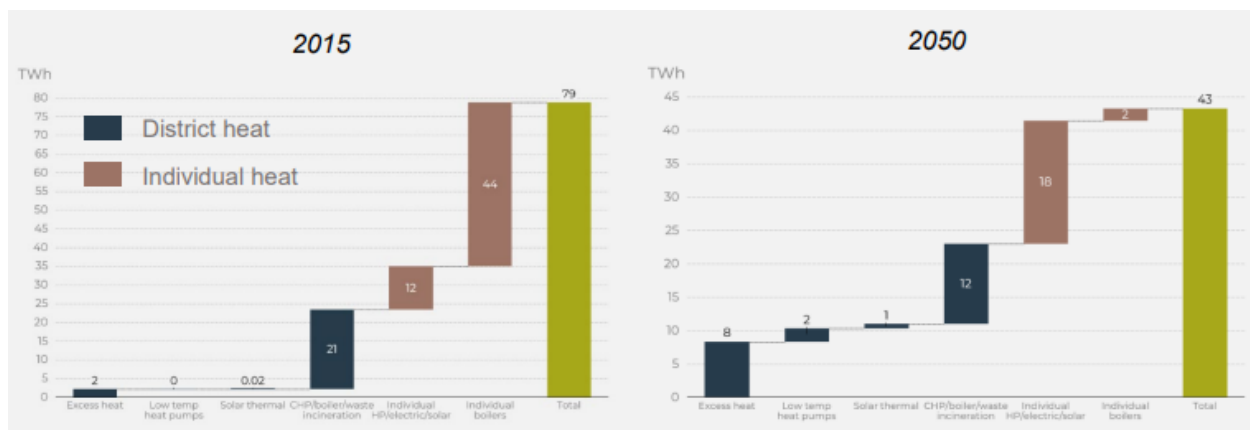


Figure 12 : Évolution de l'approvisionnement de chaleur dans le secteur du bâtiment en Autriche

- 3ème page

La troisième page est consacrée à l'industrie avec un premier graphique illustrant la transition vers une industrie ne fonctionnant qu'aux énergies renouvelables en 2050. Le coût est lui aussi précisé.

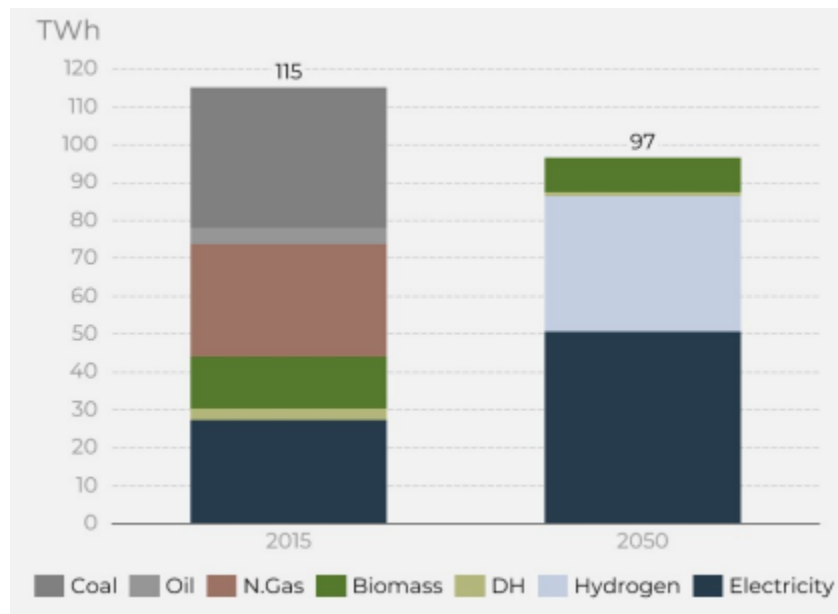


Figure 13 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur de l'industrie en Autriche

Ensuite, deux graphiques supplémentaires détaillent les consommations dans l'industrie secteur par secteur. Ils permettent d'observer l'électrification et l'utilisation massive de l'hydrogène que prévoit le modèle.

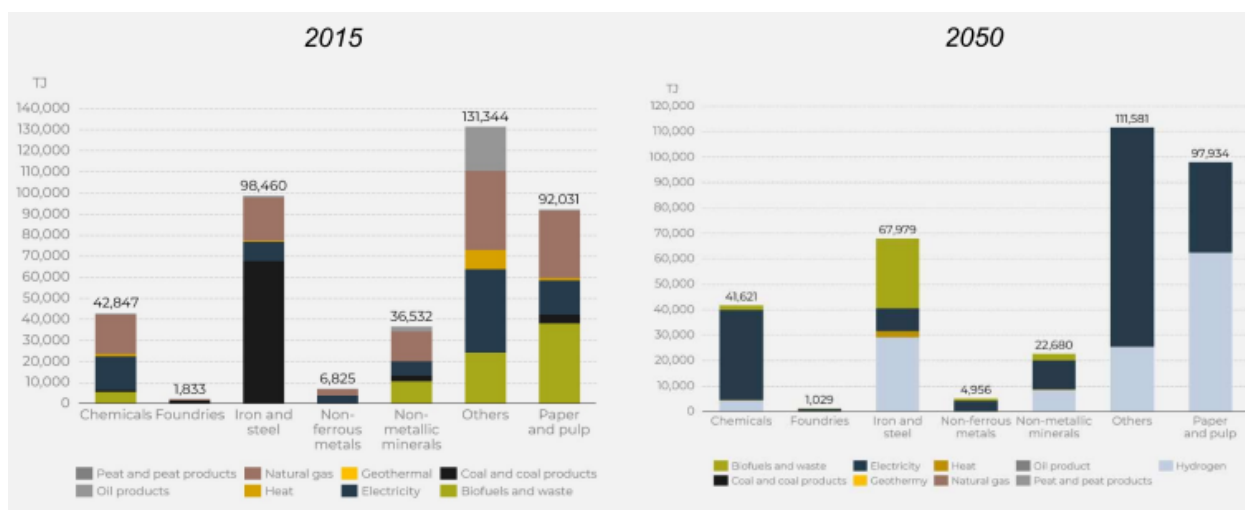


Figure 14 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur de l'industrie en Autriche

- 4ème page

Sur cette quatrième page, c'est le domaine des transports qui est abordé. Comme pour le bâtiment et l'industrie, on retrouve l'évolution des consommations entre 2019 et 2050 (au détail près que l'on précise ici les consommations des transports pour 2050 pour deux scénarios différents). Cela met encore davantage en avant le scénario privilégié par le groupe qui réduit drastiquement les consommations à l'horizon 2050 pour les transports.

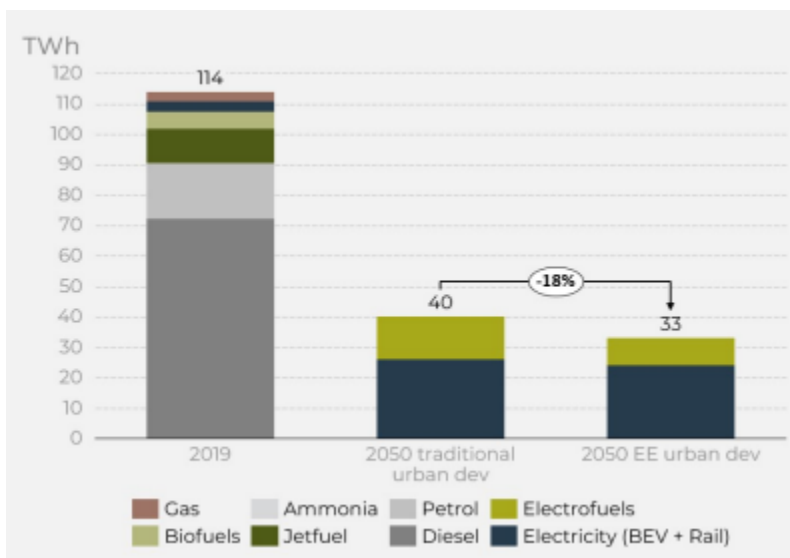


Figure 15 : Évolution des consommations d'énergie dans le secteur des transports en Autriche

Le dernier graphique de ce rapport permet de visualiser l'évolution du nombre de voitures selon deux scénarios différents jusqu'en 2050. Le nombre de voitures par habitants est aussi représenté. Il est intéressant de voir que le nombre de voitures total augmente quasi systématiquement (pour tous les pays de l'UE) alors qu'au contraire le nombre de voitures par habitants diminue le plus souvent. Ce phénomène s'explique par l'accroissement de la population (moins de voitures par habitant mais plus d'habitants donc plus de voitures au final).

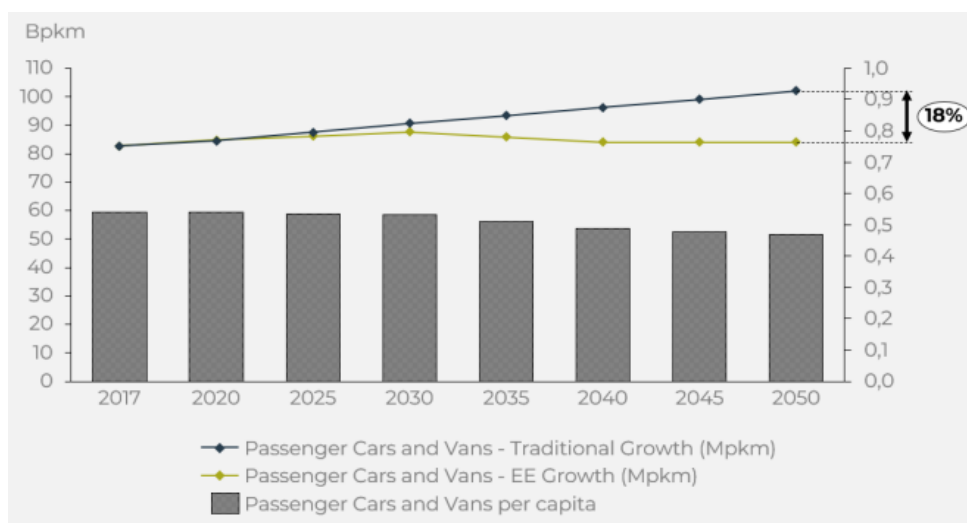


Figure 16 : Évolution du nombre de la flotte de voiture en Autriche

- 5ème page

La cinquième page est identique pour chacun des rapports. Elle décrit synthétiquement la méthode utilisée pour modéliser les résultats des années futures et en particulier de 2050. Les méthodologies employées sont détaillées pour le secteur du bâtiment, des transports, de l'industrie, des réseaux d'énergie, de l'analyse spatiale et des systèmes énergétiques.

- 6ème page

La sixième et dernière page concerne les liens renvoyant vers les différents rendus du projet avec ses différentes versions (WP1, WP2, etc...). Des liens vers des cartes ou des bases de données sont aussi sur cette page et renvoient vers le site web de sEEnergies.

A travers l'ensemble de ces graphiques, il est particulièrement intéressant de voir qu'un mix énergétique renouvelable et beaucoup plus propre est possible à l'horizon 2050. Au travers d'un ensemble de solutions et de stratégies qui pourraient être mis en place, les pays européens sont en mesure de répondre aux défis énergétiques. Bien que brièvement abordés dans ces rapports, le modèle total prend en compte l'acceptabilité sociale et la faisabilité économique. C'est donc un modèle parfaitement concret et complet pouvant être utilisé comme référence par des décideurs politiques.

Si les solutions envisagées ne sont pas parfaitement propres (des pollutions liées à la fabrication de panneaux solaires ou d'éolienne sont par exemple non négligeables), le modèle proposé réduit drastiquement la pollution totale. Toutes les formes d'énergies fossiles sont supprimées, la consommation baisse et devient plus flexible et les réseaux se coordonnent pour adapter la demande à la production et non l'inverse comme c'est le cas actuellement.

L'interconnexion des différents secteurs d'activité et des différents pays joue aussi un rôle majeur dans la flexibilité du réseau.

(voir annexe 10)

Un retour réflexif sur l'expérience

Étant donné que mes deux rendus principaux étaient très différents j'ai choisi de dissocier mon retour réflexif pour plus de clarté.

Page Wikipédia

De mon point de vue, cette tâche a eu comme avantage principal de me renseigner en profondeur sur les activités du groupe. Dès mon arrivée, j'avais déjà commencé en amont à me renseigner sur leurs différents travaux. Toutefois, devoir synthétiser l'ensemble des aspects de leurs outils m'a réellement permis de comprendre leur fonctionnement général. J'ai aussi largement pu enrichir mon vocabulaire en anglais dans ce domaine.

Pour la rédaction de ces pages wikipédia, je me suis inspiré de leurs écrits puisque mon niveau d'anglais ne permet pas toujours d'écrire de manière formelle aussi bien qu'ils le font. Ainsi, j'ai repris les passages importants que j'ai pu trouver et je les ai coordonnés et articulés pour que l'ensemble soit cohérent. Il s'agissait donc plutôt d'un travail de synthèse que de rédaction à proprement parler.

Pour le visuel, j'ai également repris des formulations de phrases déjà utilisées sur leur site web. Je me suis appuyé sur leur identité visuelle pour rester le plus cohérent possible (couleurs, police, etc...).

Le wikipédia a semblé satisfaire mes tuteurs qui ont pu explorer l'ensemble des pages.

Si je devais émettre un bémol concernant cette tâche, je dirais qu'elle s'est étendue sur une période longue (durant la dernière semaine seulement quelques légères modifications ont été faites). D'un point de vue plus personnel, la rédaction de ces pages a été intéressante mais elle ne répondait pas complètement à mes attentes initiales (assez peu d'intérêt en vue de l'acquisition de nouvelles compétences profitables à mon profil professionnel). Néanmoins, avec du recul, cette tâche m'a permis de progresser en anglais, en synthèse écrite et je pourrai probablement mettre à profit ces compétences dans le futur.

J'ai également douté de l'intérêt réel de ce wikipédia puisque certaines personnes du groupe m'ont laissé entendre qu'il serait relativement peu utilisé dans le futur malgré le souhait de mon tuteur d'en faire un point de référence du groupe.

Je pense avoir plutôt bien répondu aux attentes concernant ce travail et ma position de nouveau membre m'a beaucoup avantageé puisque je venais moi même de découvrir l'ensemble de leur travaux. Je savais donc parfaitement quelle notion expliciter d'entrée, quels termes clarifier pour simplifier la compréhension du lecteur, etc...

En éléments correctifs, je pourrais juste remettre en cause le format wikipédia qui, selon moi, manquait de clarté sur certains points. En effet, il n'est pas facile de retranscrire l'importance de chaque partie. Par exemple, la page sur le logiciel EnergyPLAN est une des parties centrales des travaux du groupe. Au contraire, les pages sur le transportPLAN ou industryPLAN sont moins importantes car ces deux outils sont directement liés au premier. Avec la structure de cette page, il était impossible de bien retranscrire l'importance de chaque page comme on peut le faire avec un sommaire par exemple.

Je ne pense pas être amené à devoir écrire à nouveau des pages wikipédia à proprement parler dans mes futures missions. Mais je retiens néanmoins que savoir écrire un court texte pour décrire synthétiquement l'activité d'un groupe de travail peut se révéler précieux.

Rapports par pays

A la différence de la tâche précédente, j'ai réalisé ce travail conjointement avec mon tuteur et d'autres personnes du groupe. Comme évoqué précédemment, ce travail s'est déroulé en plusieurs phases. Je vais donc revenir en détail sur chaque phase.

- 1ere étape: le design des rapports

Pour cette première tâche, j'ai d'abord cherché des inspirations sur internet et j'ai regardé le design de leurs différents sites web. Ensuite, j'ai fait une proposition à mon tuteur qui l'a validée en apportant toutefois certaines modifications (une simplification principalement car les rapports devaient être les plus manipulables possible).

Je suis relativement content de la proposition que j'ai pu leur faire (qu'ils ont semblé apprécier puisqu'ils l'ont conservée pour leur rapport). Sans réelles connaissances de graphisme ou design j'ai utilisé word avec un ensemble de figures simples. En prenant du recul, j'aurais peut-être du opter pour un fond blanc qui aurait simplifié l'impression avec des marges d'impressions qui sont forcément blanches. Sans avoir réellement creusé la question, peut-être qu'il existe également un logiciel plus performant que word pour réaliser ce type de rapport répété plusieurs fois (automatisation des changements de police, de couleurs, etc,...). Dans mon cas la question ne se posait pas puisque j'étais contraint de les réaliser sur word mais cette question peut éventuellement être explorée dans le futur pour le groupe.

Cette première étape peut évidemment m'être utile dans le futur lors de la rédaction de rapports. Être en mesure de pouvoir rédiger des rapports au design attractif renforce la crédibilité d'un projet.

- 2eme étape: la réalisation d'un rapport "témoin"

Pour cette étape, mon tuteur m'a donné une liste de graphiques à réaliser et comment il les imaginait (à l'aide de petits croquis). J'ai ensuite dû retrouver les données nécessaires pour le Danemark (pays témoin). Tout ce processus m'a permis de comprendre le fonctionnement de leur logiciel et la façon dont ils traitent les données sur excel. J'ai compris comment gagner en efficacité dans la manière d'organiser les données dans des tableaux. J'ai néanmoins eu besoin de solliciter l'aide de mon tuteur un grand nombre de fois, notamment par rapport à l'utilisation du logiciel energyPLAN et de son interface au première abord assez fastidieuse (voir figure 16).

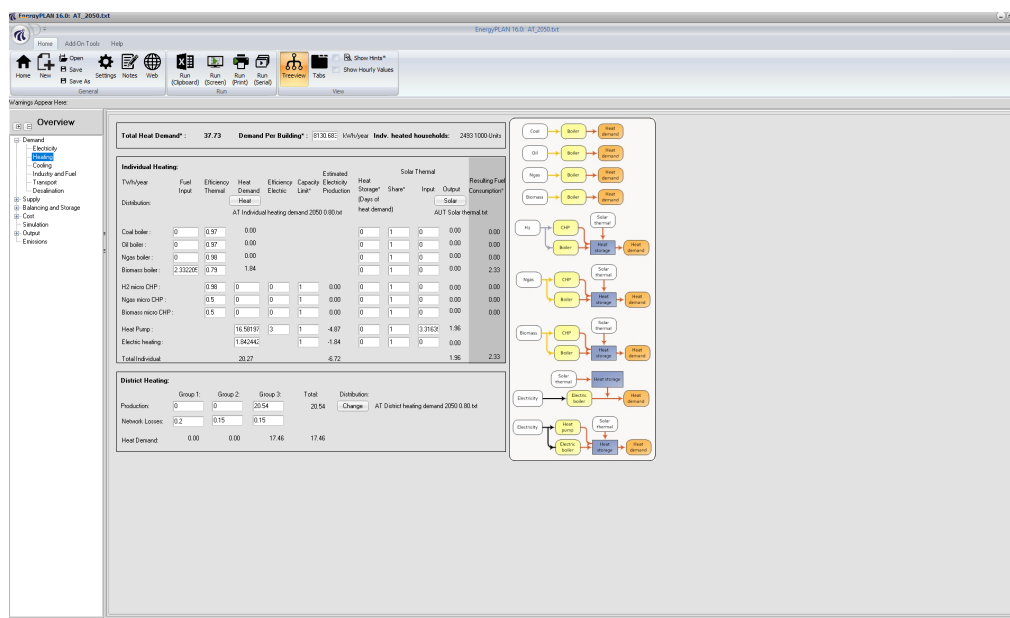


Figure 17 : Interface du logiciel EnergyPLAN

Cette première version m'a donc pris du temps à produire du fait de mon manque d'efficacité pour récupérer les données, utiliser le logiciel, aller récupérer les fichiers dans les drives du groupe, etc... Néanmoins, tout cet apprentissage m'a grandement permis d'améliorer ma rapidité lors des étapes suivantes. La version produite a par la suite été largement modifiée (pages ajoutées, graphiques changés, etc...) mais elle a permis de lancer véritablement la réflexion au sein du groupe et d'attirer l'attention sur quelque chose qui était auparavant encore flou.

- 3ème étape: la récupération de toutes les données

Une fois le choix définitif des graphiques effectué, il a fallu récupérer chacune des données pour chaque pays. Pour le Danemark, nous avons simplement "copier-coller" les données voulues dans un fichier excel sans prendre soin de reporter l'origine de ces données. Cette fois-ci, pour pouvoir retrouver l'origine d'éventuelles futures erreurs, nous devons connecter chaque tableau créé à d'autres feuilles excel qui contenaient les données brutes grâce à des formules (voir figure 17). A cette occasion, j'ai pu améliorer mes connaissances sur l'utilisation d'excel, j'ai appris à utiliser différents raccourcis clavier qui font gagner beaucoup de temps lorsque l'on répète certaines tâches.

Surement par ma faute et mon manque d'expérience en la matière, j'ai trop tardé à connecter systématiquement les données à l'endroit où je les avais trouvé. Cela nous a valu par la suite des pertes de temps pour retrouver l'origine de ces données lorsque nous avons repéré une erreur.

Même si je ne refais des tâches de ce type, je retiens le réflexe de toujours sourcer ses données. Même si cela prend plus de temps au premier abord, cela permet d'en gagner énormément par la suite. Cela peut aussi permettre à quelqu'un d'extérieur de comprendre beaucoup plus rapidement et de pouvoir explorer l'ensemble du travail en totale autonomie.

L'aide des personnes du groupe sur comment organiser et automatiser ma récolte de données s'est révélée très utile et instructive.



Figure 18 : Exemple de formule utilisée pour connecter une cellule à une autre feuille de calcul excel

- 4ème étape: La réalisation de tous les rapports

Une fois toutes les données rassemblées, j'ai réalisé tous les graphiques de tous les pays avant de les ajouter sur le fichier word vierge. L'outil think cell a permis d'accélérer leur réalisation avec une feuille excel directement incluse sur powerpoint.

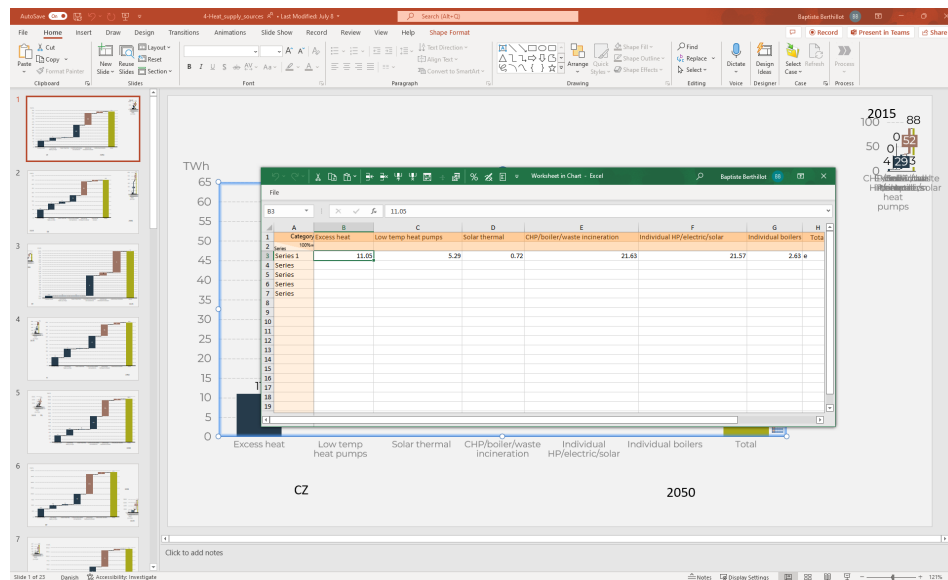


Figure 19 : Fenêtre excel intégrée dans un graphique thinker cell sur powerpoint

J'ai donc appris à utiliser cet outil très performant pour réaliser des graphiques soignés rapidement. Dans un premier temps, j'ai réalisé un powerpoint par pays avec tous les graphiques de ce pays. Ensuite, pour gagner du temps j'ai plutôt réalisé un powerpoint par graphique avec chaque pays. Ainsi, lorsqu'une erreur est détectée sur un graphique, la correction de tous les graphiques est beaucoup plus rapide (pas besoin d'ouvrir les vingt-huit fichiers). Là aussi, cette façon de procéder est intéressante et m'a invité à davantage réfléchir sur étudier la méthode avant de réaliser une tâche et éviter de perdre beaucoup de temps lorsque c'est évitable. A noter que les conseils de mon tuteur ont été particulièrement précieux pour affiner mes méthodes de travail en matière de traitement de données.

- 5ème étape: les corrections

Pour cette étape, nous avons repris chaque graphique et chaque chiffre clé les uns après les autres pour un maximum de pays possibles. Nous avons ainsi pu détecter un grand nombre d'erreurs. Nous avons aussi fait la somme des données de chaque pays pour ensuite les comparer à des données fournies par d'autres travaux et ainsi estimer si les chiffres comparés étaient trop éloignés. Nous avons travaillé à trois sur cette vérification. Ensuite, nous avons listé les erreurs à corriger pour pouvoir faire des "cessions" de correction et non pas revenir sur le même graphique plusieurs fois en cas d'erreurs multiples.

Avec le temps, nous avons gagné en efficacité. Cela s'explique par une meilleure méthodologie, une meilleure coordination et une meilleure connaissance des ordres de grandeurs donc des erreurs plus rapidement repérées. Au début de cette étape, j'avais relativement du mal à pouvoir situer une erreur avec une méthode un peu trop "automatique" et pas suffisamment de réflexion sur les données que j'étais en train de manipuler. Au fur et à mesure, j'ai progressé sur cet aspect en étant plus attentif et en essayant de croiser systématiquement les données dès que je le pouvais. Après de multiples contrôles, nous avons advenus que notre travail semblait le plus proche possible de la réalité et qu'aucune valeur ne serait plus modifiée. D'après les autres membres du groupe, ce genre de rapports peut être modifié

infiniment pour affiner toujours plus les résultats. L'objectif est donc de trouver le juste milieu entre précision et rapidité de réalisation.

Cette tâche m'a permis de comprendre dans quelle mesure un rapport de ce type doit être précis. J'ai appris à toujours être soucieux de réfléchir sur les nombres que l'on manipule. Bien qu'évident, je pense que ce réflexe n'est pas systématiquement intuitif et nécessite de l'entraînement et une concentration importante. J'ai aussi réalisé à quel point une erreur détectée le plus tôt possible permettait de s'épargner énormément de travail par la suite.

- 6ème étape: les dernières modifications de la mise en page

La rédaction de ces rapports s'est définitivement terminée avec les dernières modifications de mise en page. Elles ont permis d'harmoniser tous les rapports et de corriger les différences que l'on avait pu faire par inattention tout au long de notre travail. Avec différentes parties de texte (titres, sous-titres, etc...) Cette étape a été particulièrement longue et fastidieuse. La mise en page de Microsoft Word étant parfois relativement "archaïque", nous avons également dû adapter certaines choses. La fonction copier coller était particulièrement difficile à maîtriser sans détruire toute la mise en page par exemple.

Cette étape était importante puisqu'elle venait finaliser plusieurs semaines de travail et tous ces rapports devaient être publiés rapidement pour répondre aux engagements de rendus pris par le groupe auprès des partenaires.

- 7ème étape: Vérification de la qualité de l'impression et mise en ligne

Cette ultime phase de notre travail visait donc à vérifier que tous les documents produits s'affichent correctement. Nous avons rencontré plusieurs difficultés au niveau de l'impression avec de nombreux problèmes de marges ainsi que des cadres blancs qui s'affichaient sans que nous comprenions vraiment pourquoi. Après de très nombreux essais nous avons réussi à trouver un moyen d'imprimer les documents dans une version acceptable mais encore non parfaite.

Ici aussi, nous avons possiblement atteint les limites que le logiciel microsoft word peut offrir en matière d'impression de documents avec des paramétrages particulièrement difficiles à comprendre.

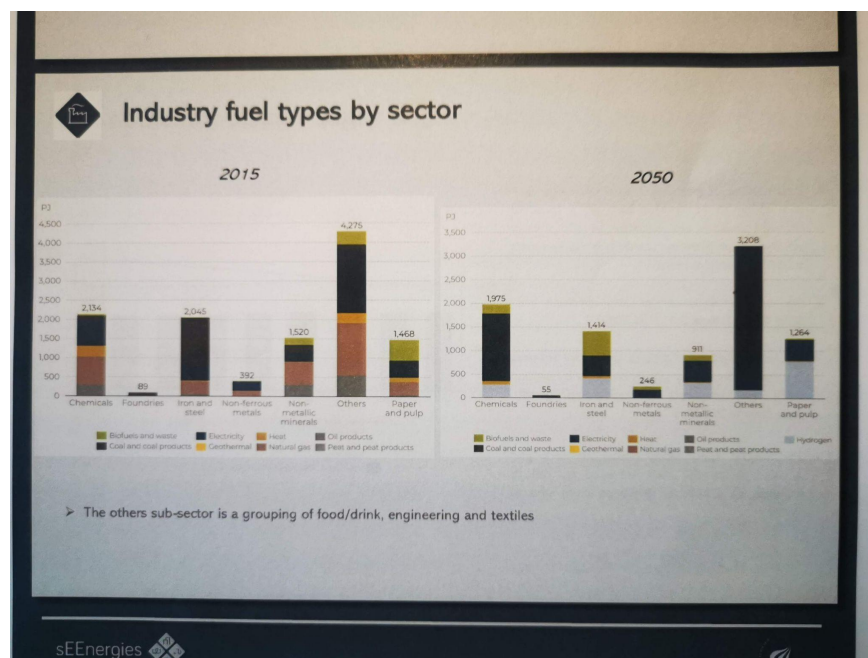


Figure 20 : Exemples de cadres blancs à l'impression

Là aussi, j'ai pu observer la rigueur que demande la rédaction de tels rapports. Pour avoir une crédibilité et servir d'appui pour d'autres travaux ces rapports doivent aussi bien avoir le fond que la forme. J'ai compris l'intérêt de toutes ces étapes de relecture et de correction et je suis sûr qu'elles seront parfois nécessaires dans mes tâches professionnelles futures. J'ai aussi particulièrement compris l'intérêt d'avoir plusieurs relecteurs, cela permet de corriger beaucoup plus de fautes que si la relecture est réalisée par une seule et même personne.

Au final, je suis particulièrement content du travail réalisé. J'ai pu réaliser un travail sur plusieurs semaines intégré dans un projet de recherche important mis en place à l'échelle européenne en partenariat avec plusieurs autres universités. J'ai pu comprendre comment tous les aspects qu'impliquent la rédaction de tels rapports et la façon de procéder pour en arriver à un tel résultat. J'ai également beaucoup apprécié pouvoir apprendre beaucoup de choses sur le contexte énergétique de chaque pays tout en rédigeant ces rapports. J'ai également pu comprendre quelles dynamiques sont à engager pour atteindre cet objectif ultime de mix énergétique décarboné. J'ai pu aussi entrevoir ce que pourrait être la réalité de l'Europe de demain si toutes ces planifications sont appliquées. D'autre part, j'ai trouvé particulièrement intéressant de pouvoir connaître les spécificités de chaque pays en matière d'énergie avec par exemple des potentiels parfois très différents en fonction de leur contexte géographique. N'ayant aucune idée de la portée réelle que peut avoir un tel travail, j'ose espérer qu'il pourra être à minima pris en compte dans une décision politique dans un futur proche. C'est tout le sens derrière les rapports publiés par le groupe et leur souhait ultime.

D'un point de vue beaucoup plus général, j'ai beaucoup appris au cours de ce stage sur les problématiques énergétiques actuelles. Tout d'abord, lors des lectures des anciens travaux du groupe, au cours de mes tâches mais également au cours des discussions que j'ai pu avoir avec l'ensemble du groupe. J'ai trouvé particulièrement profitable d'être immergé avec des personnes spécialistes de ce domaine. Cela m'a incité à m'y intéresser davantage et à suivre l'évolution de la situation énergétique tendue en Europe (à l'été 2022 du fait du contexte avec la Russie notamment). Être au contact de personnes très qualifiées et reconnues est vraiment enrichissant et j'essayais de les questionner un maximum sur beaucoup d'aspects pour connaître leur opinion. Par exemple, j'étais particulièrement curieux de connaître leur point de vue sur le nucléaire. Leur vision est radicalement opposée à celle que l'on peut avoir en France. Si le Danemark fait encore largement appel aux énergies fossiles, ce pays est en avance sur beaucoup d'autres aspects en matière d'énergies renouvelables. Une part importante de leur production d'énergie est issue de l'éolien et à degré moindre de la biomasse et du solaire. Ils sont également particulièrement performant dans l'installation de réseau de chaleur et d'interconnexion avec d'autres pays européens pour s'adapter aux aléas climatiques (plus ou moins de vent par exemple). J'ai été également surpris de voir à quel point le nucléaire était vu de façon négative, en effet, ils m'ont exposé l'idée que la grande majorité des pays utilisant du nucléaire sont assez peu démocratiques (exception faite à la France selon eux). Ils ont pointé du doigt les coûts massifs qu'impliquent la construction et le fonctionnement d'infrastructures de production nucléaire. Dans un contexte d'urgence climatique, ils ont également critiqué la difficulté de mise en place de ces moyens de production (des années voire dizaines d'années de construction). Ainsi, le nucléaire n'est clairement pas envisagé au Danemark pour remplacer d'autres sources d'énergies fossiles.

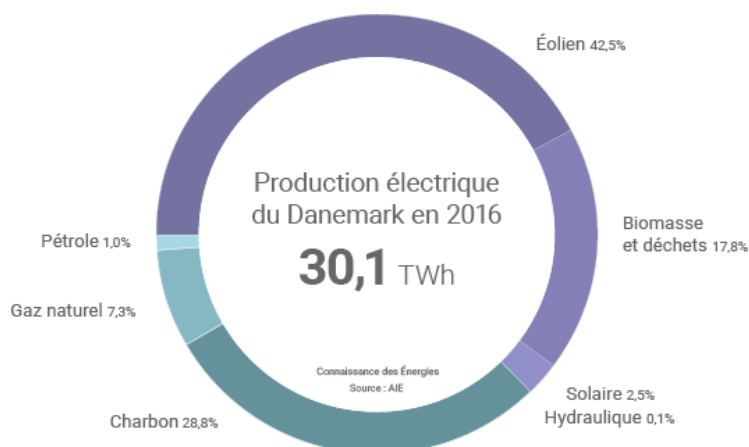


Figure 21 : Mix énergétique danois

(<https://www.connaissancedesenergies.org/le-danemark-bon-eleve-de-la-transition-energetique-220218>)

Toutefois, la situation du Danemark n'est pas parfaitement idéale. Un problème marquant que j'ai pu comprendre en discutant avec différentes personnes est que le Danemark produit parfois trop d'électricité lorsqu'il y a beaucoup de vent. Afin d'éviter toute surtension, le Danemark est forcé d'évacuer ce surplus d'électricité et va donc le vendre à la Norvège à bas coût. À l'inverse, lorsqu'il manque de vent, le Danemark doit importer de l'électricité et l'acheter à la Norvège qui lui revend beaucoup plus chère.

C'est donc dans ce contexte que j'ai pu évoluer et beaucoup apprendre. Mes tuteurs m'ont également parfois fourni des rapports scientifiques qu'ils jugeaient très intéressants pour que je puisse me documenter et en apprendre encore davantage.

J'ai aussi été content de pouvoir les aider sur la recherche de certaines déclarations officielles ou d'objectifs annoncés par le gouvernement français. Ces informations étaient parfois difficiles à obtenir en anglais alors qu'en français elles sont évidemment beaucoup plus simples à retrouver au travers d'anciens articles de presse ou d'archives.

D'un autre point de vue, j'ai pu également vivre dans une ville à la pointe de la modernité en termes de cyclabilité. J'ai pu me rendre compte qu'il était possible de développer l'usage du vélo et donc de réduire drastiquement le nombre de voitures individuelles. J'ai pu apprendre que Copenhague est devenue la capitale européenne du vélo (avec Amsterdam) en menant un travail d'aménagement et culturel depuis plusieurs décennies.

Si tout n'est pas parfait au Danemark, j'ai aussi pu observer d'autres pratiques en terme de tri de déchet (de nombreuses poubelles différentes pour chaque type de déchets) ou encore la consignation des bouteilles en plastiques qui incitent la population à les ramener au supermarché et non de les jeter dans la nature comme c'est parfois le cas en France.

Conclusion

Je tire un bilan très positif de ce stage, qui a été pour moi une expérience très enrichissante en tout point de vue. Évidemment, sur le plan professionnel, j'ai pu intégrer un groupe de recherche travaillant sur une thématique passionnante et qui sera capitale dans les années ou décennies à venir. J'ai eu la chance de pouvoir être intégré directement dans un projet d'envergure européenne qui a vraiment pour objectif d'influencer et de guider certains décideurs politiques. Le sens donné à ce travail m'a conforté dans le choix de mes études et de mon futur métier. J'espère avoir satisfait au mieux mes encadrants au travers des différentes tâches qu'ils ont pu me confier. Je tire également beaucoup de culture générale autour de l'énergie grâce à tous les aspects de ce domaine que j'ai pu aborder. Notamment, la connaissance des sources de production et des potentiels d'énergies renouvelables pour chacun des pays de l'Union européenne que je ne connaissais que très peu (et qui sont par ailleurs souvent très différents du modèle français). L'aspect collectif de certaines tâches m'a plu et j'ai pu observer leur façon de rester au courant des avancées de chacun avec des réunions très récurrentes et des appels visios tous les jours.

Je sais toutefois que mon futur emploi ne sera vraisemblablement pas de ce type (dans la recherche). Néanmoins, pour une première expérience professionnelle, qui plus est à l'étranger, je pense que cela a pu être très intéressant de la réaliser dans une infrastructure de ce type. J'ai largement renforcé ma sensibilité à tout le domaine de l'énergie. Je suis beaucoup plus attentif aux actualités liées à ce domaine (gestion de crise, approvisionnement, développement des énergies renouvelables...). Je pense aussi rester informé des différentes avancées du groupe dans les mois à venir puisque ce sont des projets que j'ai pu connaître pendant ces trois mois et demi de stage.

Je tire évidemment bénéfice de ce stage du point de vue linguistique avec je pense des progrès importants en anglais. L'expérience à l'étranger et les échanges avec des gens d'horizon très divers m'ont aussi ouvert l'esprit. J'ai beaucoup apprécié la rigueur, l'efficacité scandinave et leur mode de vie avec une part laissée à la vie personnelle tout aussi importante que la vie professionnelle.

Pour mon futur stage de fin d'étude, cette expérience me fait réfléchir sur la possibilité de chercher à nouveau une expérience à l'étranger. Dans tous les cas, je souhaite me diriger vers une entreprise ou un bureau d'études travaillant dans le secteur des énergies renouvelables et j'apprécierais qu'il y ait une dimension innovation ou recherche car j'ai beaucoup apprécié cette approche. J'aimerais aussi dans la mesure du possible conserver cette approche transversale des problématiques liées à l'énergie (coûts, acceptabilité sociétale, dimension politique, etc...)

Bibliographie

- Aalborg University, Aarhus University, & Stanford University. (2021). *reINVEST*. reINVEST. Retrieved Juillet 5, 2022, from <https://reinvestproject.eu/>
- Aalborg University, Halmstad University, TEP University, Utrecht University, Flensburg University, Leuven University, Norwegian University of Life Sciences, Synyo University, & Fraunhofer University. (2022). *sEEnergies*. sEEnergies. Retrieved Juillet 2, 2022, from <https://www.seenergies.eu/>
- *About Aalborg University*. (2022). Aalborg University. Retrieved Juin 20, 2022, from <https://www.en.aau.dk/about-aau/>
- *Department of Planning*. (2022). Department of Planning - Creating Sustainable Futures. Retrieved Juin 25, 2022, from <https://www.en.plan.aau.dk/>
- Johannsen, R. M., Mathiesen, B. V., & Skov, I. R. (2020). *Industry mitigation scenarios and IndustryPLAN tool results*. Aalborg University.
- Lund, H., & Thellufsen, J. Z. (2021, Mai). *EnergyPLAN [Documentation]*. Aalborg University. Retrieved Juin 30, 2022, from <https://www.energyplan.eu/wp-content/uploads/2021/08/documentation16.pdf>
- Mathiesen, B. V., Lund, H., Hansen, K., & Iva Ridjan. (2022). *IDA's Energy Vision 2050: A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark* (Aalborg University ed.). Department of Development and Planning.
- *Sustainable Energy Planning - research*. (2022). Department of Planning. Retrieved Juin 26, 2022, from <https://www.en.plan.aau.dk/research+groups/SEP/>
- *Sustainable Energy Planning Research Group*. (2022). Sustainable Energy Planning Research Group. Retrieved Juin 25, 2022, from <https://vbn.aau.dk/en/organisations/energiplanlaegning>

Annexes

Sustainable Energy Planning Research Group

Sustainable Energy Planning Research Group

Timeline of our main last projects

4DH

2012/2017

4DH is an international research centre supported by The Danish Council for Strategic Research. The research centre assists in the development of 4th Generation District Heating Technologies and Systems (4GDH). Such development is fundamental to the implementation of the Danish objective of being fossil fuel-free by 2050 as well as the European 2020 goals.

Cities

2014/2019

The CITIES project was a strategic research project funded by Innovation Fund Denmark with a project runtime from 2014 to the end of 2020. The research in the CITIES project has focused on methodologies and smart energy solutions to facilitate the green transition to a fossil-free energy system.

Heat Roadmap Europe

2012/2019

The goal of Heat Roadmap Europe 4 (HRE4) has been to develop low-carbon heating and cooling strategies, called Heat Roadmaps, by quantifying and implementing changes at the national level for 14 EU Member States, which together account for approximately 85-90% of total heating and cooling in Europe.

RE-INVEST

2017/2022

The 'Renewable Energy Investment Strategies' project, or RE-INVEST, aims to design robust, cost-effective investment strategies that will facilitate an efficient transformation towards a 100% renewable energy system in Europe.

sEEnergies

2019/2022

As a response to the European Commission's 2050 decarbonization goals, sEEnergies project quantifies and operationalizes the potentials for energy efficiency (EE) in buildings, transport and industry, combining this bottom-up knowledge with temporal and spatial analyses to develop an innovative, holistic and research-based EE-modelling.

Our concept

Smart Energy System

The Smart Energy System concept includes a focus on energy efficiency, and use savings and sector integration to establish energy system flexibility, harvest synergies by using all infrastructures and lower energy storage cost. As opposed to, for instance, the smart grid concept, which takes a sole focus on the electricity sector, the Smart Energy System approach includes the entire energy system in its identification of suitable energy infrastructure designs and operation strategies.

Our tools

EnergyPLAN

Since 1999

EnergyPLAN is our main support and modelling tool. Our projects and researches are based on this software. EnergyPLAN simulates the operation of national energy systems on an hourly basis, including the electricity, heating, cooling, industry, and transport sectors.

TransportPLAN

The TransportPLAN is a very detailed national transport scenario modelling tool that consists of MS Excel Spreadsheet that enables users to created numerous transport scenarios relatively quickly and easy. TransportPLAN enables the creation of transport and transport-energy demand scenarios related to passenger and freight activities. For the recreation of the scenarios starting year of 2011 was used. This starting year was chosen as DEA's projections of transport demands in 2035 and 2050 were based on this reference year.

IndustryPLAN

The IndustryPLAN is a tool for analyzing industrial energy demands of European countries. The tool is developed as a Microsoft Excel spreadsheet using a combination of Excel functions and VBA coding, making the tool accessible to a wide audience. The IndustryPLAN tool targets the lacking middle ground between highly site-specific analyses of individual production facilities and generalized nationally aggregated analyses. The purpose of the IndustryPLAN tool is to open the black box of industry and provide a framework for developing sub-sector specific analyses on both a country-specific and European level.

Sankey diagram

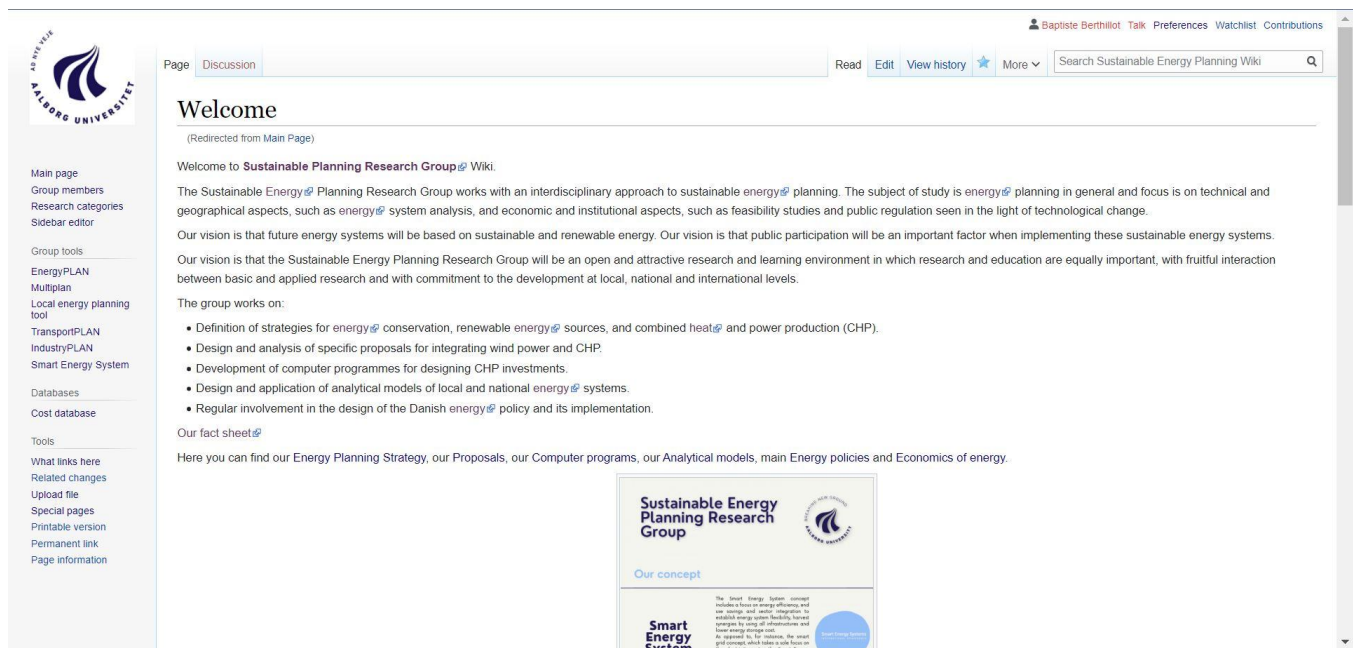
e!Sankey

A sankey diagram is a visualization used to depict a flow from one set of values to another. The things being connected are called nodes and the connections are called links.

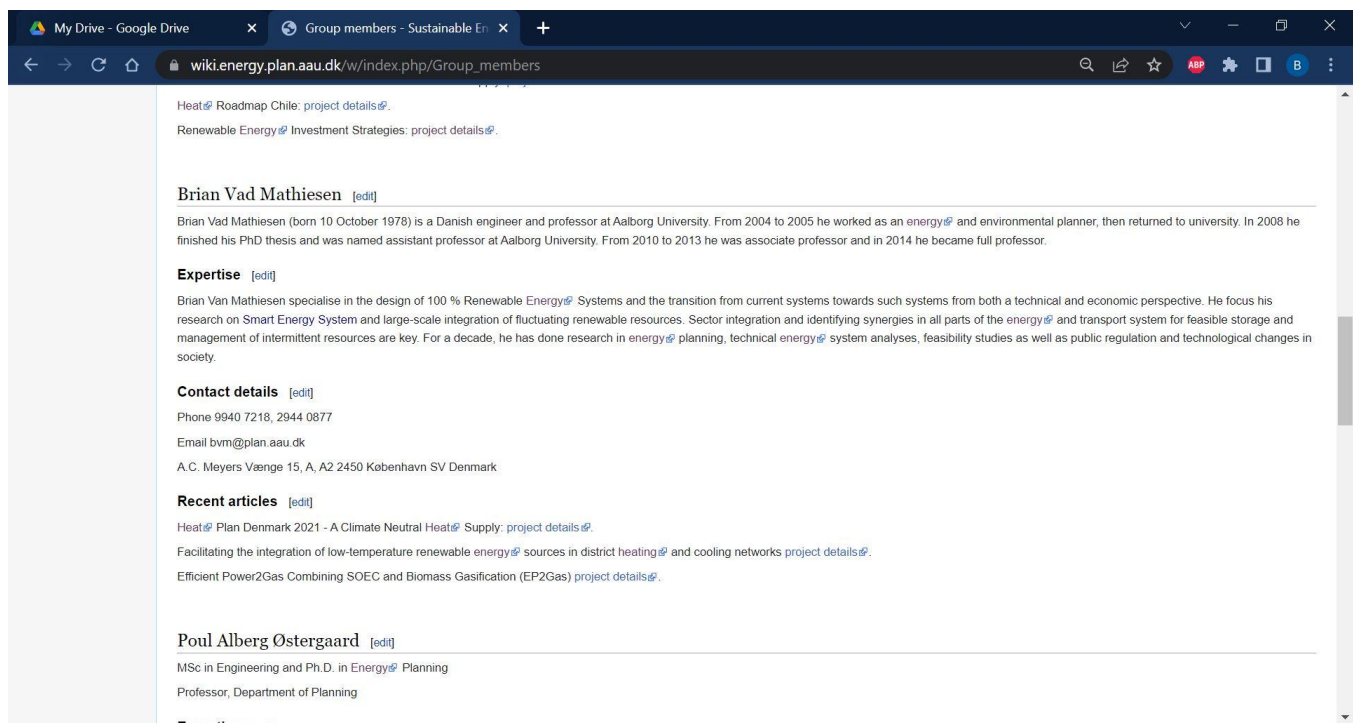
Our website: <https://vbn.aau.dk/en/organisations/energiplanlaegning>

Our website: <https://vbn.aau.dk/en/organisations/energiplanlaegning>

Annexe 1: Visuel synthétique des projets, concepts et outils du groupe à destination du wikipédia interne



Annexe 2 : Page d'accueil du wikipédia interne



Annexe 3 : Exemple des descriptions de profil des membres du groupe

My Drive - Google Drive x IndustryPLAN - Sustainable Energy x +

wiki.energy.plan.aau.dk/w/index.php/IndustryPLAN

Baptiste Berthillot Talk Preferences Watchlist Contributions

Page Discussion Read Edit View history More Search Sustainable Energy Planning Wiki

IndustryPLAN

IndustryPLAN is a tool for analyzing industrial energy demands of European countries. The tool is developed as a Microsoft Excel spreadsheet using a combination of Excel functions and VBA coding, making the tool accessible to a wide audience.

Contents [hide]

- 1 Basic description
- 2 Using the tool
 - 2.1 Scenario design
 - 2.2 Tool outputs
 - 2.2.1 Final energy demands
 - 2.2.2 CO₂ emissions
 - 2.2.3 Investment costs
 - 2.2.4 Fuel costs
 - 2.2.5 Excess heat
- 3 Applications
 - 3.1 EnergyPLAN integration
 - 3.2 sEnergies integration

Basic description [edit]

The **IndustryPLAN** tool targets the lacking middle ground between highly site-specific analyses of individual production facilities and generalized nationally aggregated analyses. The purpose of the **IndustryPLAN** tool is to open the black box of industry and provide a framework for developing sub-sector specific analyses on both a country-specific and European level. This is done by establishing both disaggregated industry energy demands for all countries of the EU and an extensive catalogue of potential mitigation measures for the future. Applying the energy efficiency first principle, the **IndustryPLAN** tool provides a framework for investigating the industrial energy sector in the context of the renewable energy transition. The user is provided with a flexible platform for developing future industry energy scenarios based on a range of potential energy efficiency measure, electrification measures, and hydrogen fuel shift measure.^[1]

Final energy demands EU27 + UK
(sub-sector, fuel, country specific)

Final energy demand

Annexe 4 : Page IndustryPLAN

My Drive - Google Drive x EnergyPLAN - Sustainable Energy x +

wiki.energy.plan.aau.dk/w/index.php/EnergyPLAN

Baptiste Berthillot Talk Preferences Watchlist Contributions

Page Discussion Read Edit View history More Search Sustainable Energy Planning Wiki

EnergyPLAN

The EnergyPLAN model is developed by the Sustainable Energy Planning Research group in cooperation with PlanEnergi and EMD A/S. The research group studies energy planning and management in an interdisciplinary perspective. Focus is placed on energy planning in relation to technology, geography, economic and institutional conditions. The research conducted can be divided into three main areas of study:

- Energy System Analysis
- Feasibility studies
- Public regulation viewed in the light of technological change

Contents [hide]

- 1 Basic description
 - 1.1 Smart Energy System
- 2 Development process
- 3 Process
- 4 EnergyPLAN hourly distribution
- 5 Connections to other tools
- 6 Useful resources
- 7 References

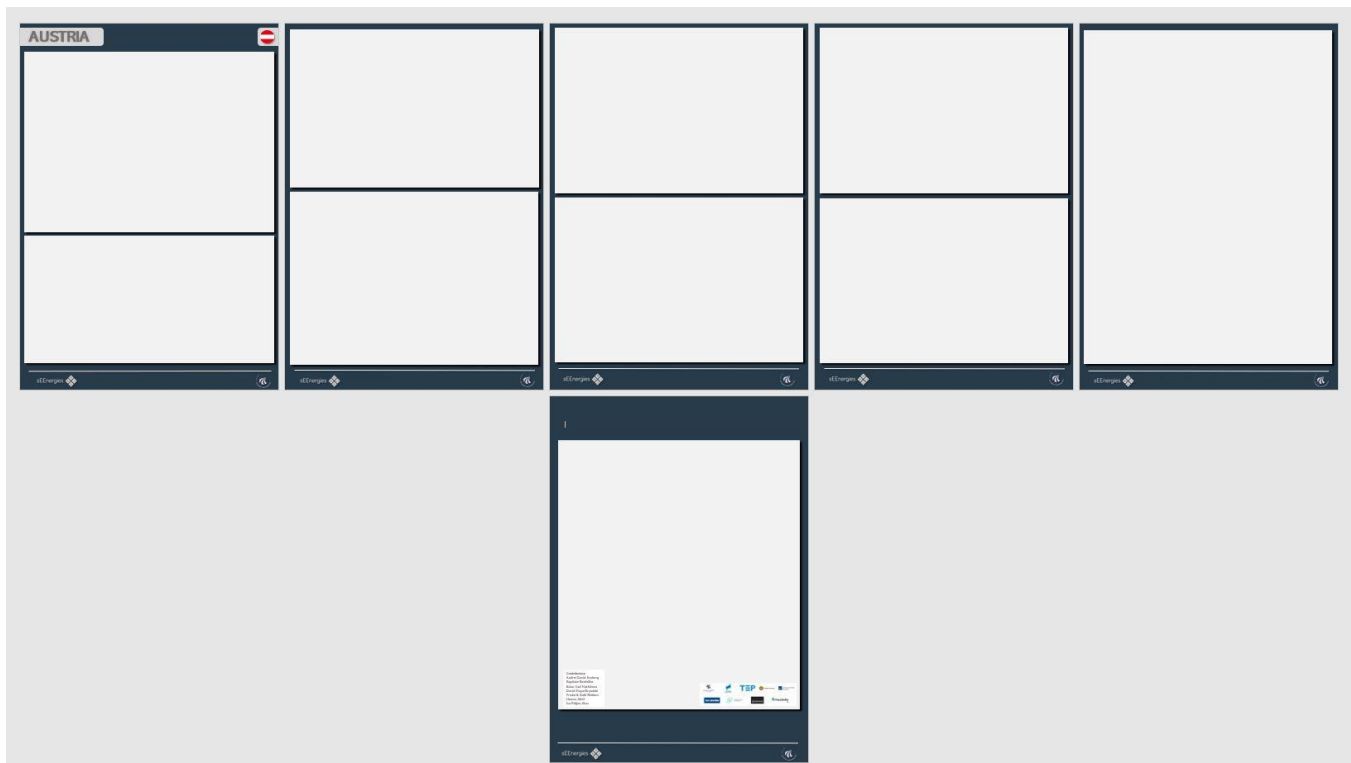
Basic description [edit]

EnergyPLAN simulates the operation of national energy systems on an hourly basis, including the electricity, heating, cooling, industry, and transport sectors. The model is used by many researchers, consultancies, and policymakers worldwide. This is possible due to the key focus on sharing the model during its development. For example, the model has a user-friendly interface, it is disseminated as a freeware, there is a variety of training available including our forum, and existing models are already available for many countries. The **EnergyPLAN** model has been used in hundreds of scientific publications and reports.

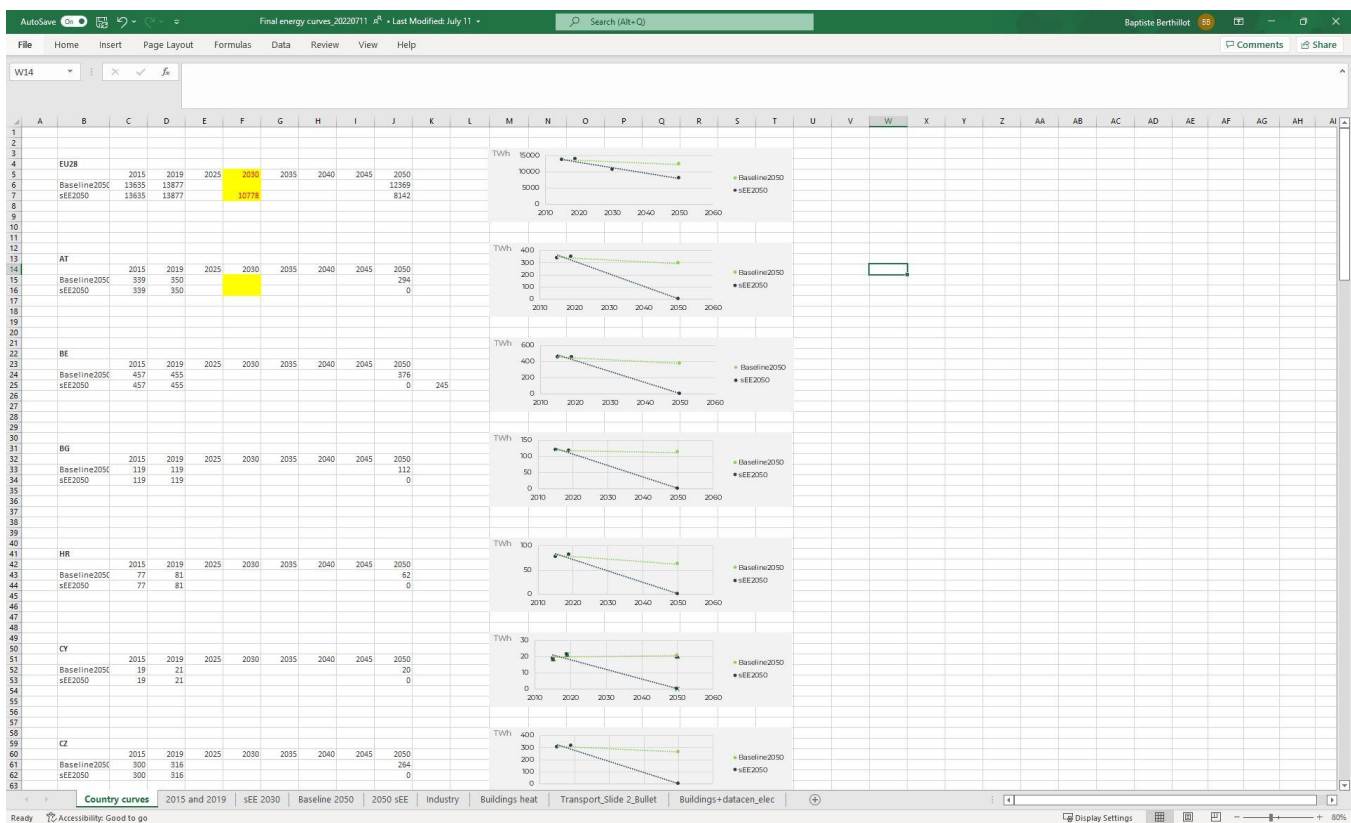
EnergyPLAN is a free access software. You can download it on the website after you have created an account.

^[1]

Annexe 5 : Page EnergyPLAN



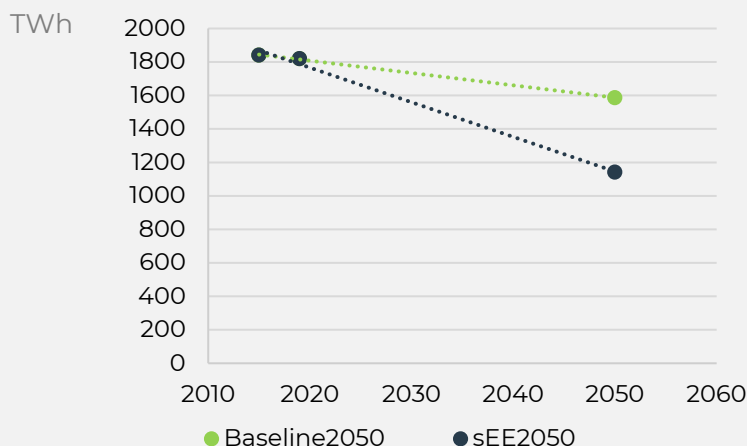
Annexe 6 : Design initial du rapport



Annexe 7 : FEuille de calcul regroupant l'ensemble des graphiques de demande d'énergie finale

Annexe 10 : Sur les 12 pages suivantes vous pouvez retrouver deux exemples de rapports (France et Europe)

Final energy demand

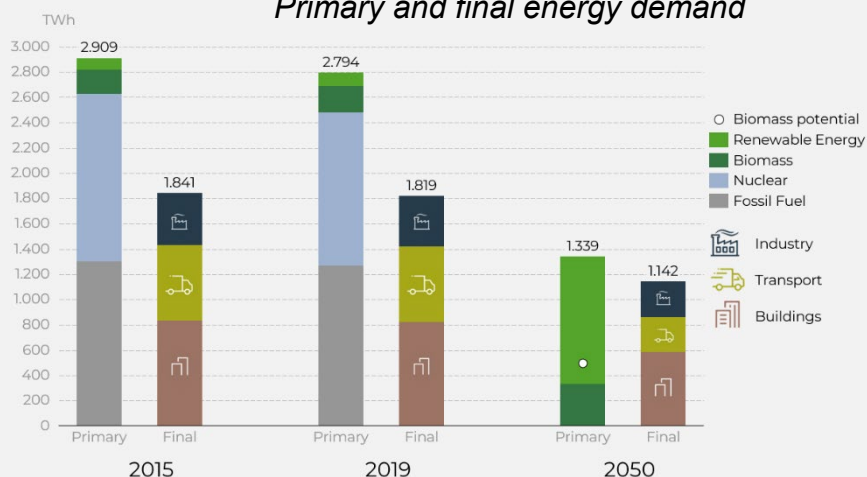


100% renewable energy transition overview

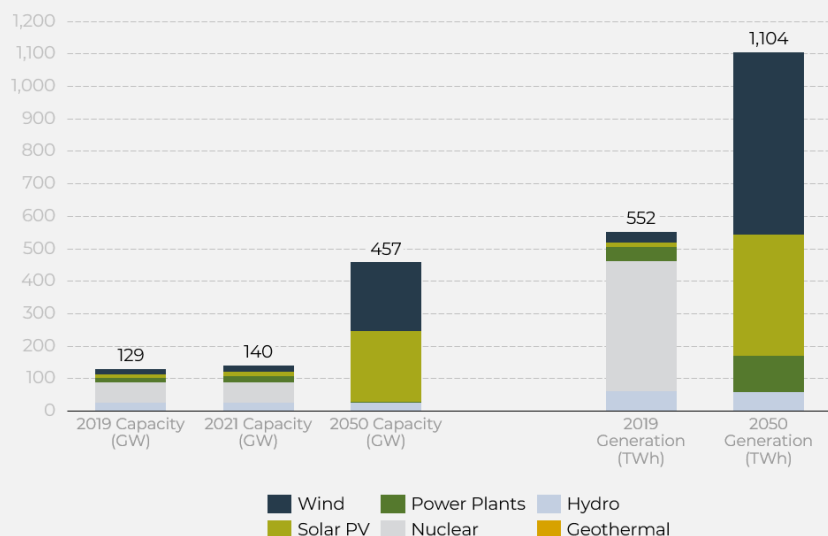
- France can reduce its final energy demand cost-effectively following the Energy Efficiency First Principle by 28% from the 2050 baseline scenario
- The annual energy system cost remains similar to today even with massive electrification of transport and industry and new energy storages
- The population in France is expected to grow from 66.5 million to 74.4 million inhabitants in 2050

- The Energy Efficiency First Principle can reduce the final energy demand by 37% from 2019 to 2050
- Primary energy supply can be reduced by around 52% from 2019 to 2050
- The bioenergy consumption per capita is 16 GJ per person which is lower than the EU sustainable level of 22 GJ per capita

Primary and final energy demand



Electricity capacity and generation



Electricity demand

- Total electricity demand increases by 138% to 1104 TWh in 2050 as compared to 2019
- New investment in wind and solar PV is 256 billion euros from 2019 to 2050
- Renewable electricity capacity is within the low potential of 299 GW for wind (onshore and offshore) and 822 GW for solar photovoltaics
- The energy system is balanced with high security of supply where new demands are situated with new supply and short-term thermal storages balance the district heat supply and demand
- Hydrogen production, heat pumps and electric vehicles are used to balance the electricity supply and demand

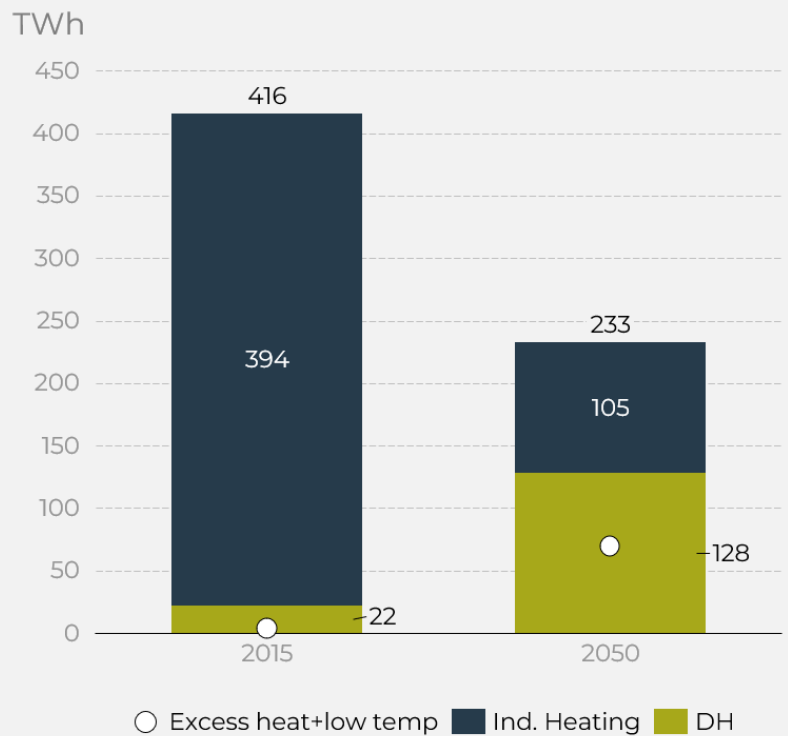


Heating in buildings

[Click here](#) for the Future Heat Demand, Efficiency Potentials and Supply Story Map

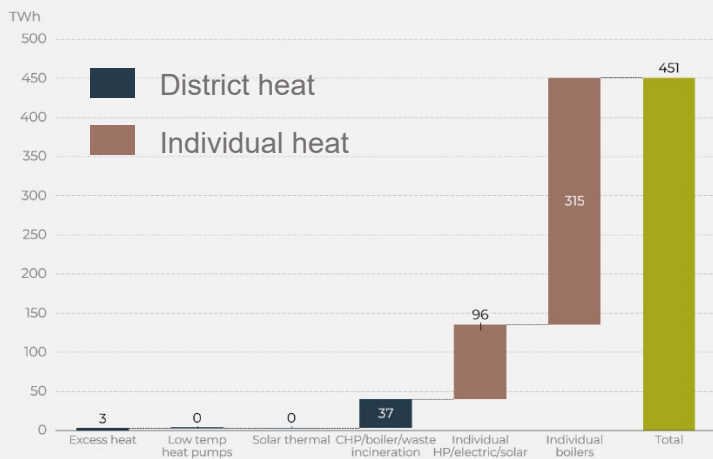
- The total heat demand in the residential and service building stock can be reduced cost effectively by 44% at a cost of 358 billion euros by 2050
- District heating share of the heat supply for the residential and service building stock can cost effectively be increased from 5% to 55%
- Excess heat from industry and low temperature heat can supply over 54% of the district heating

Heat supply in buildings

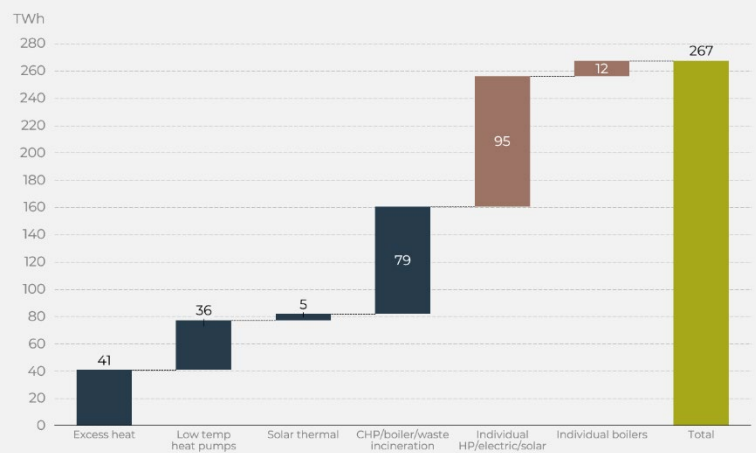


Heat supply for buildings

2015



2050



*District heat supply for industry is also included in these charts. In 2050 the majority of heat supply is for buildings (97%)

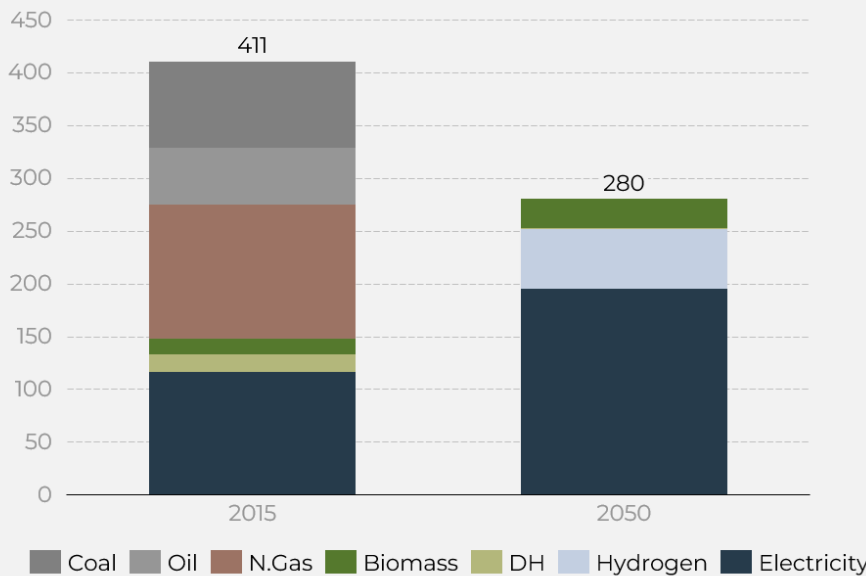
- District heat sources become more diversified in 2050 due to less electricity and heat from combined heat and power plants
- Individual heat pumps and solar thermal replace the majority of boilers



Industry final energy

[Click here](#) for the Industrial Energy Efficiency Potentials Story Map

TWh

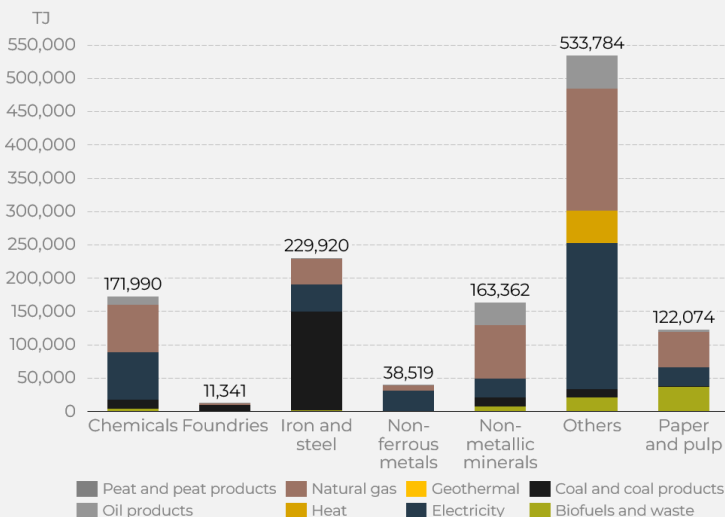


- Energy supply in industry can be transitioned from 2015 to 2050 at a cost of 20 billion euro
- 70% of the industrial final energy in 2050 can be electrified
- A mix of bioenergy and hydrogen can supply the majority of the remaining 30% of final energy demand

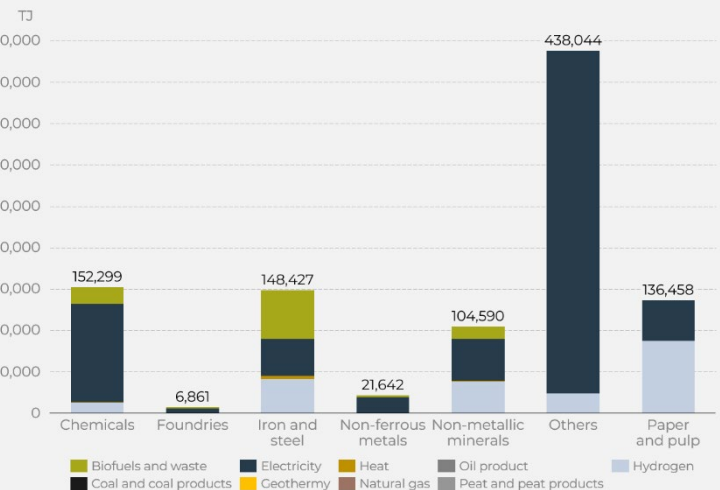


Industry fuel types by

2015



2050



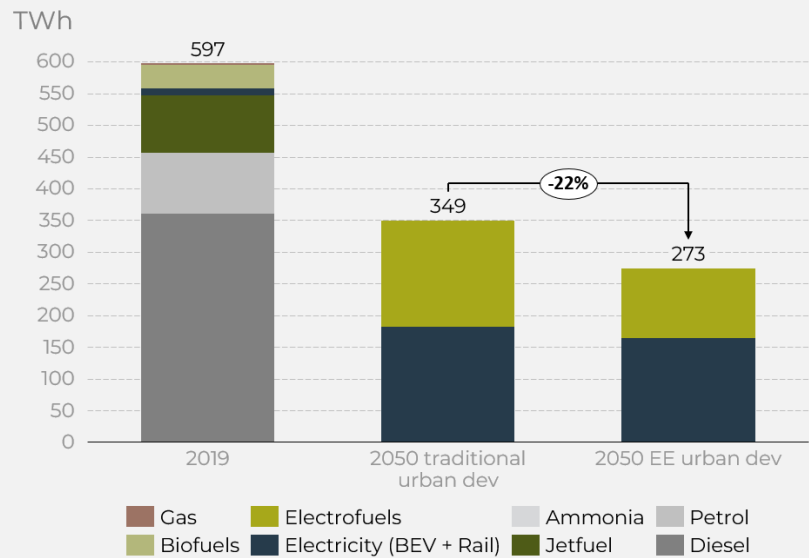
- The others sub-sector is a grouping of food/drink, engineering and textiles



Transport final energy

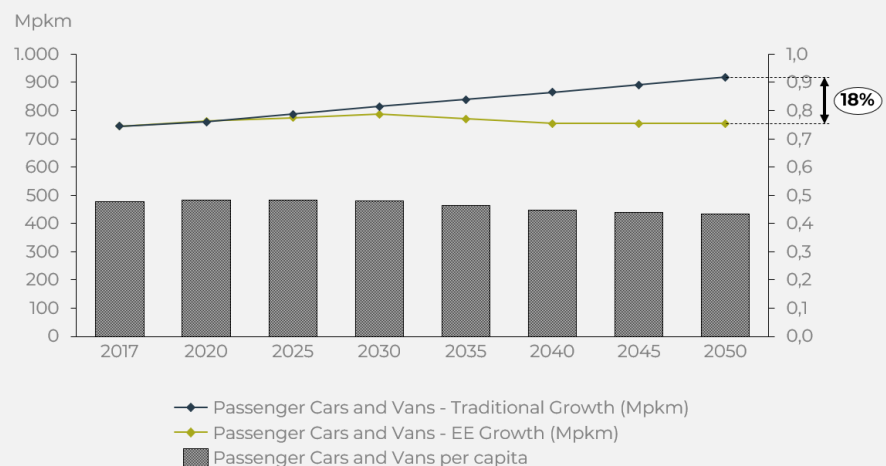
[Click here](#) for the Transport Sector Energy Efficiency Potentials Story Map

- The final energy demand in 2050, can be reduced by around 54% via a combined effect of electrification and energy efficient urban development as compared to 2019
- Energy efficient urban development such as densification and modal shifts contribute to a reduction of around 22% as compared to traditional urban development in 2050
- Direct electrification of heavy-duty trucks via e-roads can decrease the overall transport energy demand by 7% as compared to electro-fuels



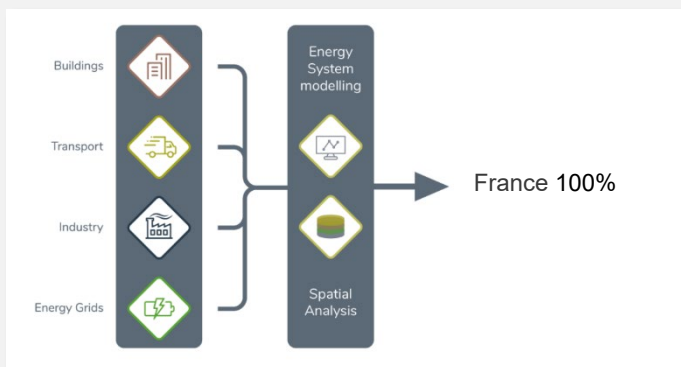
Light vehicle transition

- The number of passenger cars increase from 31.8 million to 32.2 million from 2017 to 2050 but 3.8 million are avoided in the energy efficient urban planning scenario as compared to traditional development
- The per capita passenger cars decrease from 0.48 to 0.43 from 2017 to 2050
- The energy efficient growth trajectory reduces the pkm travelled by passenger cars by around 18% as compared to traditional growth trajectory in 2050
- The modal shifts from passenger cars and aviation cause the pkm travelled by rail to an increase by 150 % in 2050 as compared to 2017



Methods

Eight separate analyses developed bottom-up results for France



Buildings

Aggregated investment cost curves for building envelope measures per building type and building age class in France for additional savings beyond the baseline

Transport

Detailed decomposition of the entire transport sector in France

Industry

Energy efficiency potentials in every industrial sub-sector in France, and the spatial location of industrial excess heat

Energy grids

Electric grid - Cost of reinforcing distribution grids for allowing low-carbon technologies integration in France

Thermal grid - Potential for district heating and associated infrastructure cost in France

Gas grid - Potential for power-to-gas and the transmission of new energy vectors (e.g. hydrogen) and associated infrastructure cost in France

Spatial analytics

Combining spatially distributed information on energy efficiency to identify local synergies

Energy system analysis

100% renewable energy-efficient energy system in France

Single and multi-family houses

5 different age classes

Measures for 4 different building elements in building packages (1 to 16, mutually exclusive)

- Wall
- Window
- Roof
- Basement

Adjusted transport behaviour for each mode of transport related to trip distance

Quantified the energy efficiency potentials related to the implementation of alternative transport technologies, both in terms of energy consumption and costs

Future material production per product in France

Energy intensities per product, energy carrier and temperature level

Details on Best Available Technologies and Deep Decarbonisation Technologies

- Investment costs, Change in Operation & Maintenance costs, Current diffusion rates, Future Implementation rates

Waste heat availability from industrial flue gases per process and temperature level, with and w/o waste heat

Electric grid - Computing the reinforcement cost per dwelling for representative grids

Thermal grid - Spatial modelling and assessment of thermal grids

Gas grid - Assessment of the role and costs of existing gas grids and future role of gas grids and types of gases

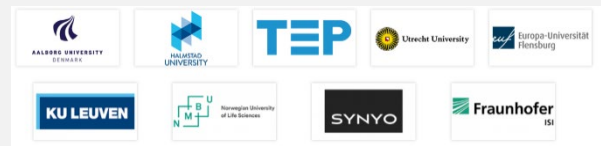
Mapping of localised energy system data for the EU27+UK (including population change to 2050)

Highly detailed information down to the 1 -hectare level

Integration of building, industrial and transport sectors

Analysed energy supply system based on renewable electricity potentials, and thermal and bioenergy resource availability

Reports and outputs related to French results



[Click here](#) for WP1: Energy Efficiency and Refurbishment Strategies in Buildings

[Click here](#) for WP2: Comprehensive Energy Efficiency Potentials in Transport and Mobility

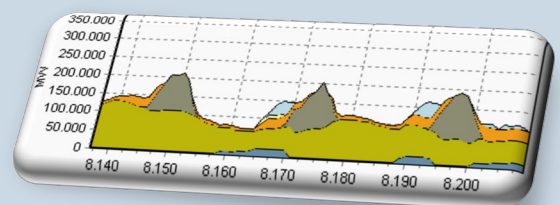
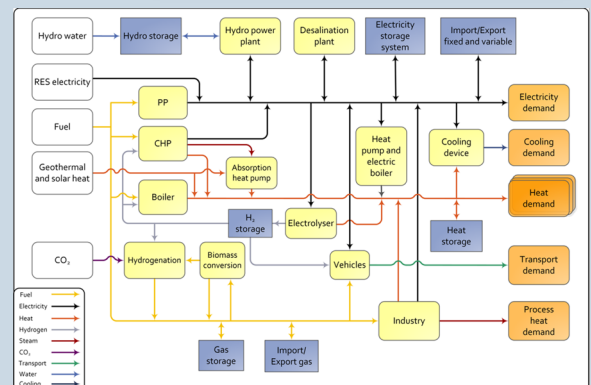
[Click here](#) for WP3: In-depth Quantification of Industrial Energy Efficiency Potentials

[Click here](#) for WP4: Assessment of the Role and Costs of Energy Grids

[Click here](#) for WP5: Spatial Analyses of Energy Efficiency potentials and Development of the GIS Visualisation Platform

[Click here](#) to access Peta5.2
[Click here](#) to access the Open Data

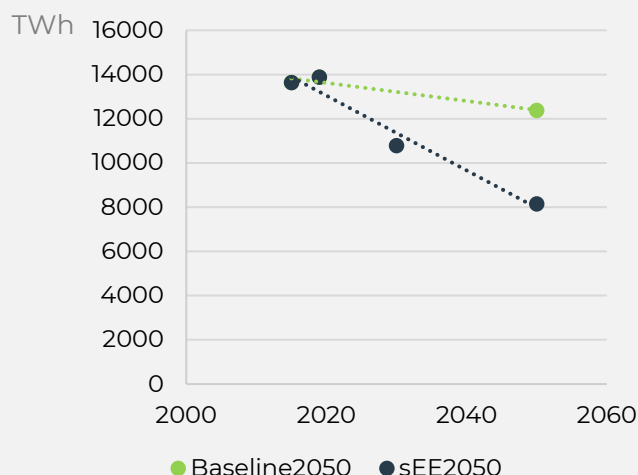
[Click here](#) for WP6: Modelling Energy System Synergies and Quantification of Energy Efficiency Impacts



Contributors

Andrei David Korberg
 Baptiste Berthillot
 Brian Vad Mathiesen
 David Maya-Drysdale
 Frederik Dahl Nielsen
 Hamza Abid
 Iva Ridjan Skov

Final energy demand

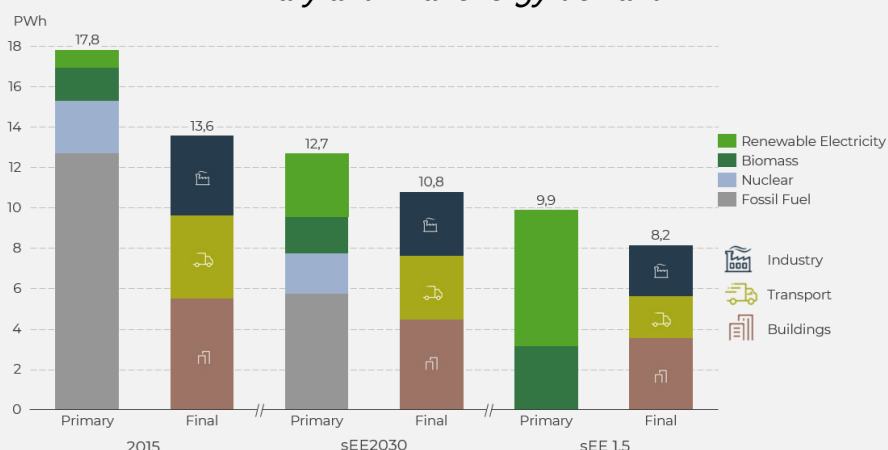


100% renewable energy transition overview

- EU27 + UK can reduce its final energy demand cost-effectively following the Energy Efficiency First Principle by 34% from the 2050 baseline scenario
- The annual energy system cost remains similar to today even with massive electrification of transport and industry and new energy storages
- The population in EU27 + UK is expected to grow from 508 million to 529 million inhabitants in 2050

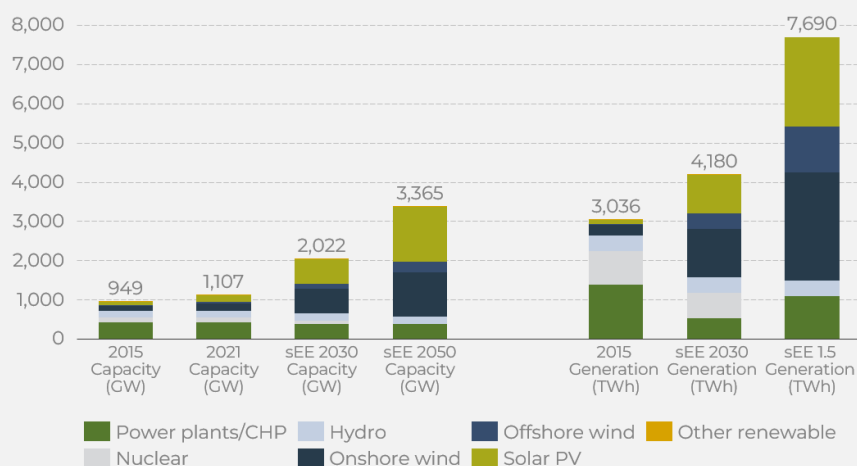
- The Energy Efficiency First Principle can reduce the final energy demand by 40% from 2015 to 2050
- Primary energy supply can be reduced by around 44% from 2015 to 2050
- The bioenergy consumption per capita is 22 GJ per person which is the same as the EU sustainable level of 22 GJ per person

Primary and final energy demand



Electricity demand

Electricity capacity and generation



- Total electricity demand increases by 153% to 7690 TWh in 2050 as compared to 2015
- New investment in wind and solar PV is 1777 billion euros from 2020 to 2050
- Renewable electricity capacity is within the low potential of 2972 GW for wind (onshore and offshore) and 1398 GW for solar photovoltaics
- The energy system is balanced with high security of supply where new demands are situated with new supply and short-term thermal storages balance the district heat supply and demand
- Hydrogen production, heat pumps and EVs are used to balance the electricity supply and demand

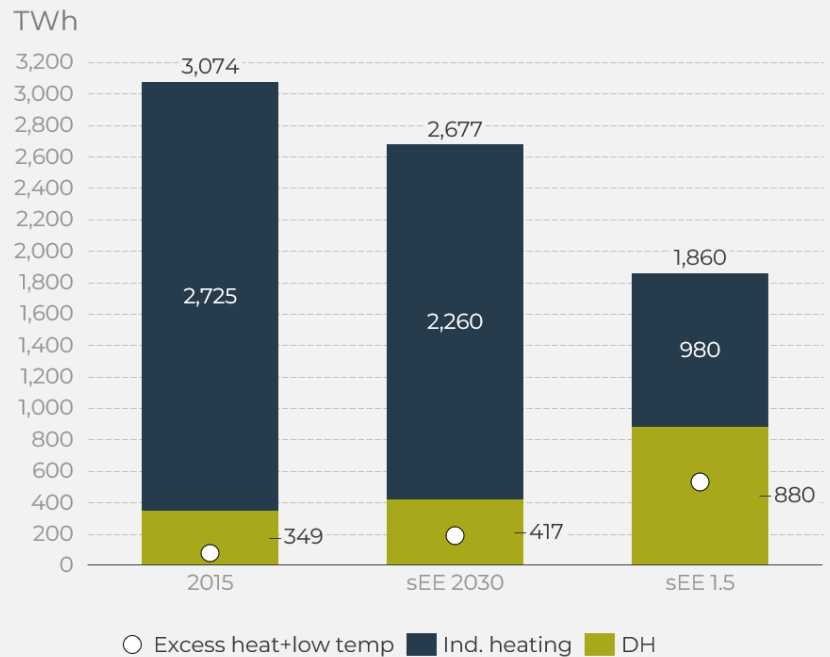


Heating in buildings

[Click here for the Future Heat Demand, Efficiency Potentials and Supply Story Map](#)

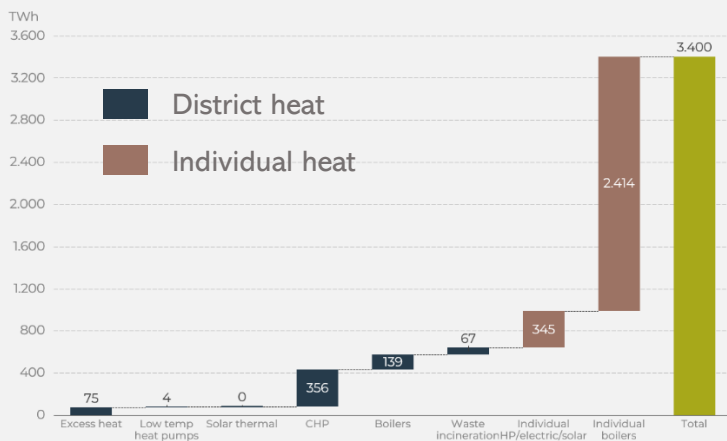
- The total heat demand in the residential and service building stock can be reduced cost effectively by 40% at a cost of 2177 billion euros by 2050
- District heating share of the heat supply for the residential and service building stock heat supply can be cost effectively increased from 12% to 47%
- Excess heat from industry and low temperature heat can supply over 60% of the district heat

Heat supply in buildings

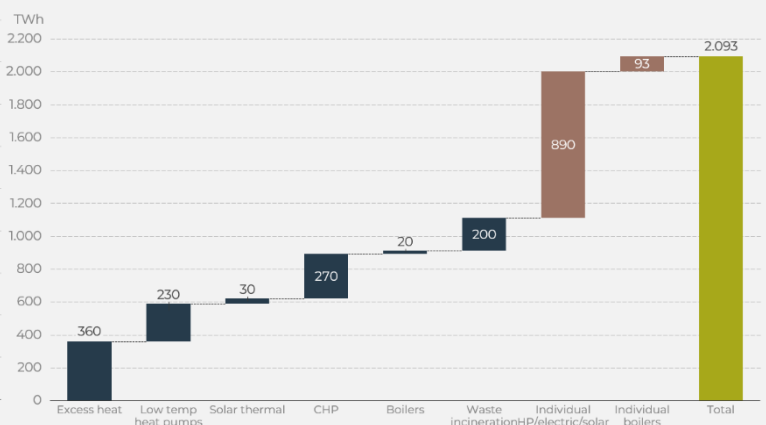


Heat supply for buildings

2015



2050



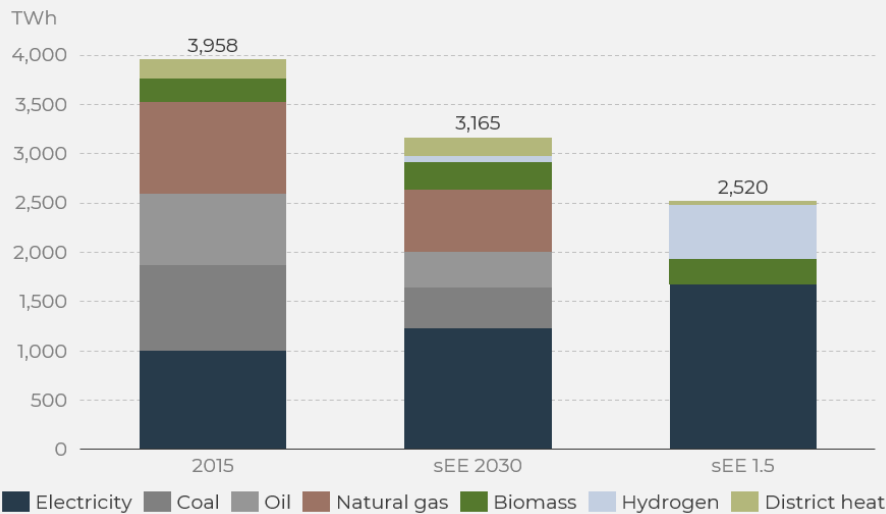
*District heat supply for industry is also included in these charts. In 2050 the majority of heat supply is for buildings (97%)

- District heat sources become more diversified in 2050 due to less electricity and heat from combined heat and power plants
- Individual heat pumps and solar thermal replace the majority of boilers in buildings



Industry final energy

[Click here for the Industrial Energy Efficiency Potentials Story Map](#)

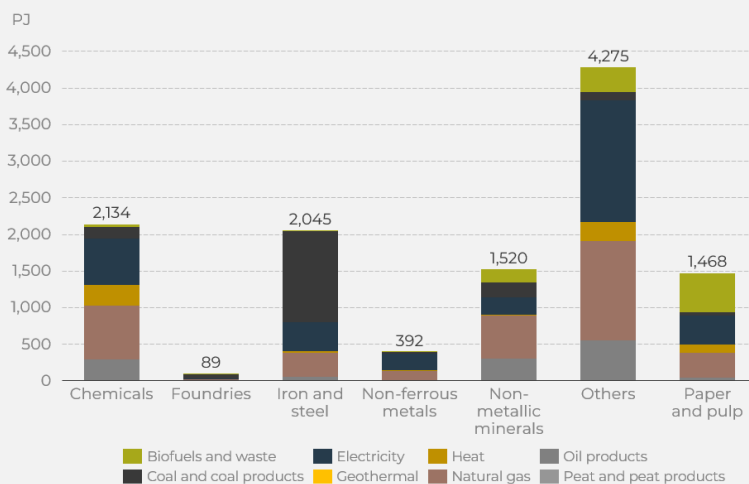


- Energy supply in industry can be transitioned from 2015 to 2050 at a cost of 216 billion euro
- 66% of the industrial final energy in 2050 can be electrified
- A mix of bioenergy and hydrogen can supply the majority of the remaining 34% of final energy demand

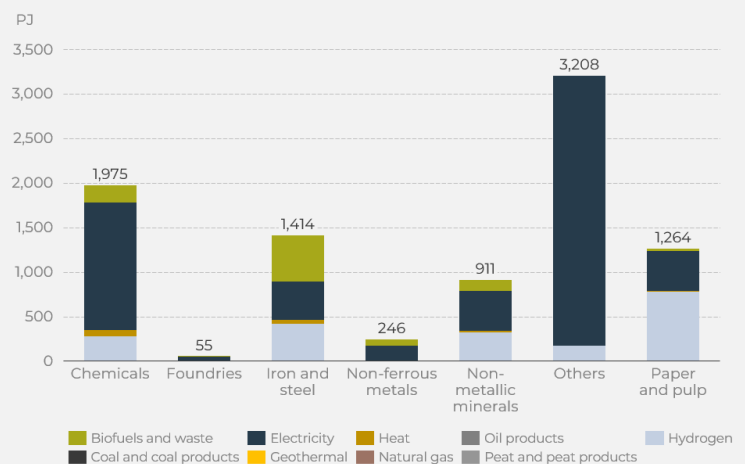


Industry fuel types by sector

2015



2050



- The others sub-sector is a grouping of food/drink, engineering and textiles

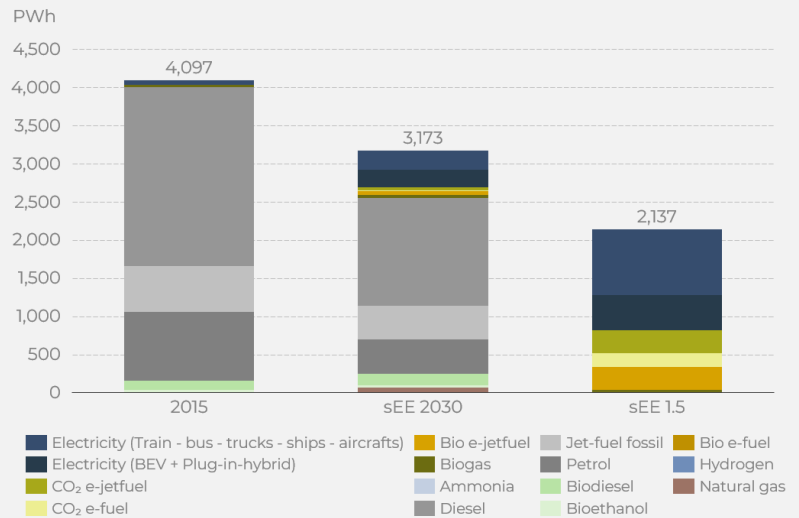




Transport final energy

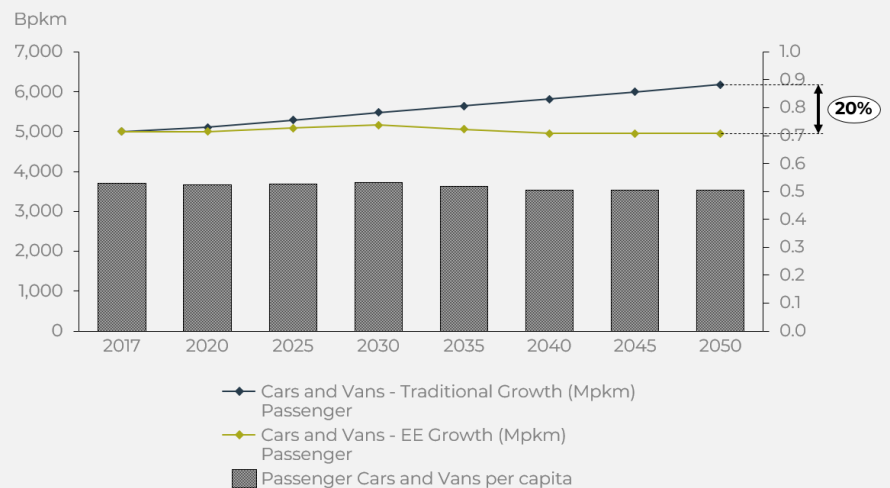
[Click here for the Transport Sector Energy Efficiency Potentials Story Map](#)

- Final energy demand in 2050, can be reduced by around 48% via a combined effect of electrification and energy efficient urban development as compared to 2019
- Direct electrification of heavy-duty trucks via e-roads decrease the overall transport energy demand by 13% as compared to electro-fuels



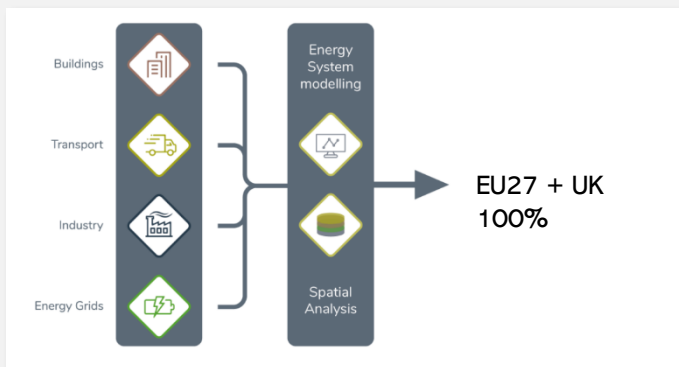
Light vehicle transition

- The number of passenger cars decrease from 270 million to 267 million from 2017 to 2050 and 66 million are avoided in the energy efficient urban planning scenario as compared to traditional development
- The per capita passenger cars decrease from 0.53 to 0.51 from 2017 to 2050
- The energy efficient growth trajectory reduces the pkm travelled by passenger cars by around 20% as compared to traditional growth trajectory in 2050
- The modal shifts from passenger cars and aviation cause the pkm travelled by rail to increase by 217% in 2050 as compared to 2017



Methods

Eight separate analyses developed bottom-up results for EU27 + UK



Buildings

Aggregated investment cost curves for building envelope measures per building type and building age class in EU27 + UK for additional savings beyond the baseline

Transport

Detailed decomposition of the entire transport sector in EU27 + UK

Industry

Energy efficiency potentials in every industrial sub-sector in EU27 + UK, and the spatial location of industrial excess heat

Energy grids

Electric grid - Cost of reinforcing distribution grids for allowing low-carbon technologies integration in EU27 + UK

Thermal grid - Potential for district heating and associated infrastructure cost in EU27 + UK

Gas grid - Potential for power-to-gas and the transmission of new energy vectors (e.g. hydrogen) and associated infrastructure cost in EU27 + UK

Spatial analytics

Combining spatially distributed information on energy efficiency to identify local synergies

Energy system analysis

100% renewable energy-efficient energy system in EU27 + UK

Single and multi-family houses

5 different age classes

Measures for 4 different building elements in building packages (1 to 16, mutually exclusive)

- Wall
- Window
- Roof
- Basement

Adjusted transport behaviour for each mode of transport related to trip distance

Quantified the energy efficiency potentials related to the implementation of alternative transport technologies, both in terms of energy consumption and costs

Future material production per product in EU27 + UK
Energy intensities per product, energy carrier and temperature level

Details on Best Available Technologies and Deep Decarbonisation Technologies

- Investment costs, Change in Operation & Maintenance costs, Current diffusion rates, Future Implementation rates

Waste heat availability from industrial flue gases per process and temperature level, with and w/o waste heat recovery

Electric grid - Computing the reinforcement cost per dwelling for representative grids

Thermal grid - Spatial modelling and assessment of thermal grids

Gas grid - Assessment of the role and costs of existing gas grids and future role of gas grids and types of gases

Mapping of localised energy system data for the EU27+UK (including population change to 2050)

Highly detailed information down to the 1 -hectare level

Integration of building, industrial and transport sectors

Analysed energy supply system based on renewable electricity potentials, and thermal and bioenergy resource availability

Reports and outputs related to European results



[Click here for WP1: Energy Efficiency and Refurbishment Strategies in Buildings](#)

[Click here for WP2: Comprehensive Energy Efficiency Potentials in Transport and Mobility](#)

[Click here for WP3: In-depth Quantification of Industrial Energy Efficiency Potentials](#)

[Click here for WP4: Assessment of the Role and Costs of Energy Grids](#)

[Click here for WP5: Spatial Analyses of Energy Efficiency potentials and Development of the GIS Visualisation Platform](#)

[Click here to access Peta5.2](#)

[Click here to access the Open Data](#)

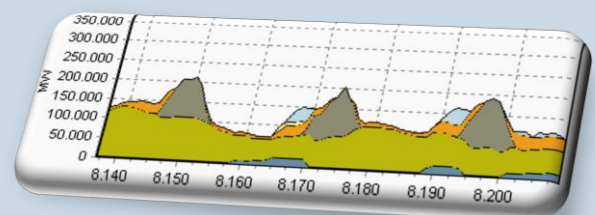
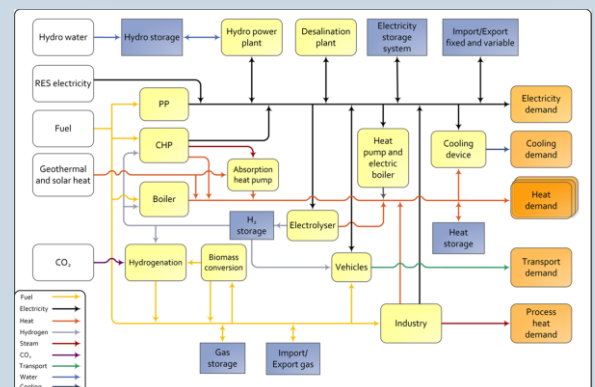
Contributors

Andrei David Korberg
Baptiste Berthillot
Brian Vad Mathiesen
David Maya-Drysdale
Frederik Dahl Nielsen
Hamza Abid
Iva Ridjan Skov

[Click here for WP6: Modelling Energy System Synergies and Quantification of Energy Efficiency Impacts](#)

Energy PLAN

Advanced energy system analysis computer model





POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Baptiste Berthillot
2021-2022

Intitulé: Energy system data collection and analysis

Abstract:

I spent three months as an intern, at the University of Aalborg in Copenhagen, in a research group specialised in the modelling of decarbonised energy mixes. Directly in contact with my engineer/teacher tutors, I was able to be integrated in a project proposing an energy mix for 2050 for the whole European Union. According to a predefined scenario which aims at a massive electrification of all sectors, I participated in the elaboration of reports synthesising the evolutions of consumption and production of each country by 2050. This experience abroad, especially in a country with a different vision of the energy sector than France, was very beneficial and instructive.

Mots clés: Énergies renouvelables, Éolien, Solaire, Énergie fossile, Mix énergétique, Modélisation, Consommation, Puissance

Aalborg University

A. C. Meyers Vænge 15, 2450 København

Tuteurs entreprise : David Maya-Drysdale & Andrei Korberg, Ingénieurs/Assistants professeurs

Tuteur académique: Mindjid Maizia