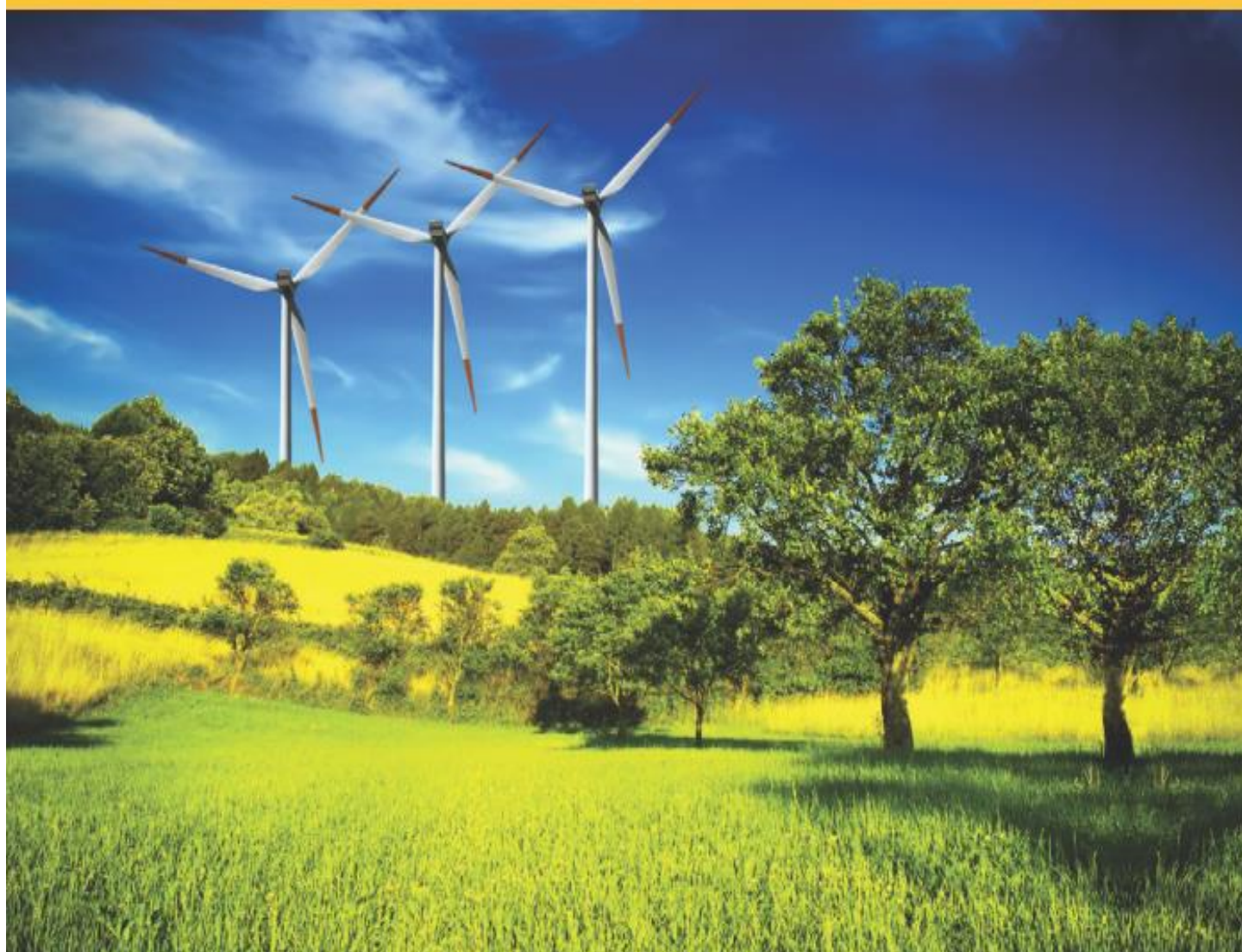


7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE



IMT Mines Alès œuvre à la décarbonation des énergies et à l'optimisation énergétique dans l'habitat.



Rapport 2022

ODD7 Energie propre et d'un coût abordable

A. Formation

A.1 L'Energie dans les formations d'ingénieur : Tronc commun



Dans le tronc commun du cursus d'ingénieur généraliste, dès le premier semestre, un module de 90h intitulé « UE Energie » (solutions durables de production d'énergie) permet aux élèves de concevoir une solution technique répondant à une problématique énergétique nouvelle.

Dans ce module sont traités les thèmes de la mécanique des fluides, de l'électrotechnique et de la thermotechnique dans le cadre d'un apprentissage par projet qui amène les élèves à concevoir des réponses durables à des besoins en énergie.

De plus, dans le cadre de la préparation à l'entrée dans les départements technologiques, un module d'approfondissement (20 heures) intitulé « introduction à l'évaluation environnementale » donne aux élèves les notions d'empreinte carbone, et d'Analyse de Cycle de Vie, permettant la prise en compte des impacts directs et indirects liées à la consommation d'énergie.

A.2 L'Energie dans les formations d'ingénieur : Départements d'enseignement et filières de spécialisation

- Département Environnement, **énergie**, risques (2ER) : « assurer le développement et la qualité de vie des générations futures tout en protégeant notre Planète ». Dès leur entrée dans le département, un projet d'installation d'une unité de production industrielle est proposé aux élèves. Dans ce projet, les impacts environnementaux, et notamment ceux concernant la gestion de l'énergie sont introduites. Des cours sur le génie de procédés et les bilans énergétiques, ainsi que sur les enjeux énergétiques et les systèmes électriques sont imbriqués dans ce projet à l'issu duquel les élèves doivent proposer des alternatives acceptables pour l'implantation industrielle, (Projet implantation d'une unité industrielle, 82 heures. Module Génie des procédés 70 heures. Module Environnement, énergie et risques, 43 heures, incluant une introduction aux enjeux énergétiques).

Plus tard, en troisième année, différents modules liés à l'énergie sont proposés. Le module « Production et utilisation de l'énergie» présente les différents moyens de production d'énergie, plus particulièrement les énergies renouvelables : énergie éolienne, photovoltaïque, hydraulique, géothermie et biomasse. Les avantages et les contraintes des EnR sont développés. Une étude de cas intégrant la composante économique est proposée aux étudiants. Le module « Gestion et valorisation énergétique des déchets » propose de considérer le déchet comme une véritable ressource matière et une ressource énergie. Il a pour vocation de sensibiliser les futurs ingénieurs à cette problématique et de leur permettre d'acquérir les prérequis nécessaires pour que ceux qui souhaitent poursuivre dans cette voie puissent se positionner en tant qu'acteurs de cette filière. Au travers des modules « Stockage et distribution de l'énergie » et « Efficacité énergétique et intégration des procédés », les notions de réseaux du futur (smart grids), des techniques de stockage de l'électricité, d'optimisation de l'utilisation de l'énergie sont abordées. Le nexus eau/énergie est largement abordé, tant d'un point de vue théorique, que via les projets intégrateurs. La formation se termine par un projet d'intégration des connaissances acquises. Les projets sont proposés par des partenaires extérieurs (industriels, acteurs économiques, associations, collectivités).

- Département Génie civil et **bâtiment durable** (GCBD) : « Créer les bâtiments et les grands ouvrages de demain au service de la société et innover pour **préserver l'environnement** ». Une option « **Bâtiment et énergie** » est proposée aux élèves ; Dans cette option on propose aux élèves de travailler par exemple sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments pour limiter les consommations énergétiques ou sur la réhabilitation énergétique des bâtiments, sur l'éco-conception des bâtiments pour utilisation énergétique durable, sur l'empreinte écologique des matériaux.

- Parcours ingénieur de spécialité en Bâtiment: 5 modules d'enseignement dans le domaine de l'énergétique du Bâtiment sont proposés (total de 263h) et complétées par un projet de spécialisation électif en réhabilitation énergétique du Bâtiment (total de 266h). L'objectif est d'apprendre à distinguer les sources externes et interne du bâti (le parc immobilier aujourd'hui est à l'origine de presque un quart des émissions de gaz à effet de serre en France), d'avoir une vision globale et exhaustive de l'enveloppe énergétique pour être en mesure de concevoir des bâtiments durables, performants et confortables, de mieux gérer la facture énergétique et son impact écologique. Le secteur du bâtiment possède une marge de manœuvre très importante car il est possible aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils ne consomment, et ce pour un coût global quasiment égal à celui d'un bâtiment classique : c'est l'enjeu des bâtiments durables. Un bâtiment durable est un bâtiment dont le processus de conception, voire de réhabilitation, a fait l'objet d'une démarche calée sur celle de l'éco conception. Cette notion est applicable aux bâtiments neufs comme aux bâtiments à réhabiliter qui représentent la majeure partie des travaux futurs. Ce projet de spécialisation aborde différents aspects de cette démarche et conclue l'UE Energie en faisant appel à l'intégralité des compétences développées pendant les 3 années de la formation.

B. Recherche



Certaines équipes de recherche abordent ce défi au travers de leurs projets orientés sur la recherche en matériaux pour l'énergie. L'idée est de travailler sur la mise en œuvre de matériaux innovants faiblement consommateurs de ressources et d'énergie. Les problématiques de performance énergétique des matériaux, d'éco-matériaux ainsi que leurs impacts environnementaux sont analysés dans l'une des trois équipes de recherche du centre C2MA (voir paragraphe ODD17).

B.1 Unité de recherche LMGC, équipes DMS

L'équipe DMS (Durabilité des éco-matériaux et des structures) travaille sur **le recyclage** dans des nouveaux matériaux pour la structure et l'enveloppe des constructions de **déchets de la construction** (bétons recyclés) et **d'agro-ressources** (agrobétons), sur l'amélioration des **propriétés énergétiques** et d'isolation de ces matériaux pour **en réduire les pertes énergétiques**, ou encore sur **l'impact des bétons** du génie civil maritime, **sur l'écoconception des structures marines** en béton qui favorisent l'installation des micro et macro organismes et **impactent le moins possible la biodiversité**.

- Projet OEHM 2018-2022 « Optimisation Energétique de l'Habitat Méditerranéen » (en partenariat avec LMGC UMR 5508, ENSAM LIFAM) : l'enjeu de ce projet est la **minimisation des coûts énergétiques des habitats en climat méditerranéen**. Le projet comprend des aspects expérimentaux et un travail de modélisation physique devant conduire à des outils numériques d'aide à la conception et au dimensionnement en non stationnaire des structures d'habitations garantissant une **consommation d'énergie minimale (voire nulle ou même négative)** et un **confort hygrothermique en toutes saisons**. Les matériaux privilégiés sont des **matériaux naturels locaux** (pierres, céramiques, bois, paille, terre) ainsi que des assemblages de ces derniers conduisant à des éléments de construction multifonctionnels. (<https://www.montpellier.archi.fr/lifam/fr/projet-oehm>)

B.2 Unité propre de recherche, équipes PCH

L'équipe PCH (Polymères, Composites et Hybrides) s'intéresse à la valorisation de sous-produits de l'agriculture (balles céréalières par exemple) et/ou de fibres végétales (fibres de bois, de chanvre, de lin par exemple) et/ou des fibres textiles recyclées pour le développement de matériaux isolants.

- Projets GREENPILE 2011-2022 (<https://www.almo.e.org/materiaux/>) visant à développer une gamme complète de **panneaux industriels 100% écologiques** (BMH BioMatériau Hybride). 3 brevets pour le développement d'un panneau d'isolation à impact environnemental réduit et multifonctionnel ont été déposés avec la société GREENPILE, avec passage à l'échelle industrielle auprès de la société Panneaux de Corrèze, avec le soutien du Pôle de Compétitivité Xylofutur. La multifonctionnalité repose sur les

performances thermiques, mécaniques, phoniques et feu. Sa proactivité permet le lissage des amplitudes thermiques à l'échelle de l'unité d'habitation : capacité thermique réduisant de 15 à 30% la consommation d'énergie en été comme en hiver, et déphasage thermique permettant la restitution des frigories/calories selon la saison, de jour comme de nuit.

Du 14 au 15 septembre 2022 a eu lieu le colloque « Fibre naturelles et polymères » à Troyes auquel a participé IMT Mines Alès



B.3 Unité de recherche HSM, Equipe ERT

L'équipe ERT participe au groupement « hydrogène » de l'IMT : H2 Mines, qui porte le projet Carnot HyTrend. Ce projet s'intéresse à la production d'hydrogène, au captage de CO2 et à la méthanation pour la production renouvelable de chaleur par combustion et notamment l'interaction avec les différents réseaux d'énergie : POWER TO X. Dans ce projet l'équipe ERT s'intéresse à l'économie circulaire pour optimiser les cycles de production d'hydrogène avec des énergies renouvelables (l'hydrogène en permet le stockage) et les cycles de consommation de cette énergie.

B.3 Unité de recherche LSR, Equipe EUREQUA

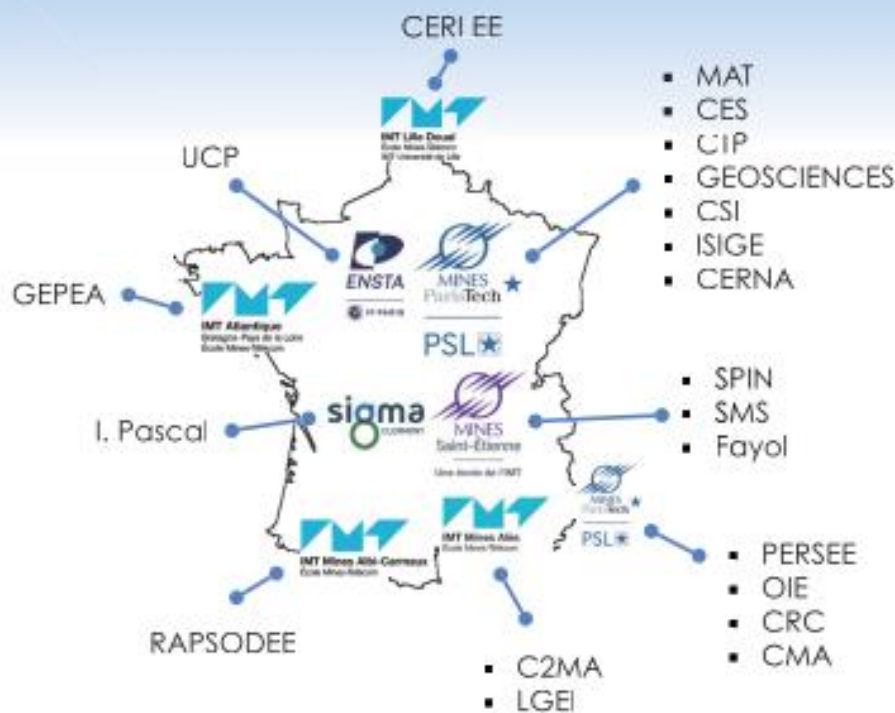
L'équipe EUREQUA participe au groupement « hydrogène » de l'IMT : H2 Mines, qui porte le projet Carnot HyTrend. Ce projet s'intéresse à la production d'hydrogène, au captage de CO2 et à la méthanation pour la production renouvelable de chaleur par combustion et notamment l'interaction avec les différents réseaux d'énergie : POWER TO X. Dans ce projet l'équipe s'intéresse à la production d'hydrogène par méthanation biologique et à la sécurité des stockages et manipulations de l'hydrogène.

Projet ONE WAY · Mené par Airbus, Dassault, des industriels du domaine et soutenu par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et le Conseil pour la recherche aéronautique civile (CORAC), ONE WAY vise à assurer la continuité numérique tout au long d'un programme aéronautique autour de jumeaux numériques. La stratégie de ce projet est tournée vers la transition environnementale et la décarbonation du transport aérien. Nous intervenons tout particulièrement sur l'aide à la décision de lancement, puis le contrôle et le pilotage d'un plan de développement produit en interaction avec les principes d'une entreprise étendue.

OUR NETWORK FOR THE H₂ ENERGY SECTOR

RESEARCH & DEVELOPMENT | EDUCATION

Carnot M.I.N.E.S. research centres
involved in H₂MINES



C. Gestion environnementale du campus : Politique en faveur des économies d'énergies et de leur décarbonation



Le tableau ci-dessous présente les montants des énergies achetées gaz et électricité (hors fluides frigorigènes) sur l'année 2022

Le bouquet énergétique 2022 de l'électricité est le suivant ; il provient pour 90% de sources d'énergies décarbonées et pour 25% de sources d'énergies renouvelables.

Bouquet énergétique électrique (hors gaz)

Energies primaires	Electricité achetée (GJ)	Bouquet énergétique électrique	Part des énergies décarbonées dans l'électricité achetée		Part des énergies renouvelables dans l'électricité achetée	
Hydraulique	692	10%	Energies décarbonées	90%	Energies renouvelables	16%
Eolien	277	4%				
Solaire	138	2%				
Nucléaire	5 119	74%	Energies carbonées	10%	Energies non renouvelables	84%
Gaz	553	8%				
Charbon	69	1%				
Fuel	69	1%				
Total énergies	6 918	100%	Total	100%	Total	100%

Dans le bilan carbone, du fait du bouquet énergétique français à bas carbone, on note que le gaz représente 70% de l'empreinte carbone et représente que 62% du volume d'énergie achetée :

présentation simplifiée (GJ) :

Energies achetées	GJ	Kg eq C.	Kg eq CO2	part GJ	part Carbone
Gaz	12 046	147 758	541 780	64%	70%
Electricité	6 918	63 444	232 627	36%	30%
Total (sans fluides frigo.)	18 963	211 202	774 407	100%	100%

En consolidant l'ensemble la consommation d'électricité et de gaz de l'école, on peut construire le bouquet énergétique complet (hors déplacements) de l'école, qui présente une part de 35% d'énergies décarbonées et une part de 6% d'énergies renouvelables.

Bouquet énergétique global de l'école (gaz + électricité)

Energies primaires	Electricité achetée (GJ)	Gaz acheté (GJ)	Total (GJ)	Bouquet énergétique de l'école	Part des énergies décarbonées		Part des énergies renouvelables	
Hydraulique	692		692	4%	Energies décarbonées	33%	Energies renouvelables	6%
Eolien	277		277	1%				
Solaire	138		138	1%				
Nucléaire	5 119		5 119	27%	Energies carbonées	67%	Energies non renouvelables	94%
Gaz	553	12 046	12 599	66%				
Charbon	69		69	0%				
Fuel	69		69	0%				
Total énergies	6 918	12 046	18 963	100%	Total	100%	Total	100%

D'une année sur l'autre la répartition des consommations est stable.

Pour réduire sa consommation d'énergie et son empreinte carbone, l'école s'est fixé la politique suivante :

- ▶ **Réduire la consommation énergétique due au chauffage hivernal et à la climatisation estivale** par des améliorations de l'isolation thermique des bâtiments actuels ou en privilégiant des bâtiments à haute performance énergétique en ce qui concerne les nouveaux bâtiments (cf.§ODD11 B.2). Cela aura par ailleurs l'intérêt de réduire la consommation estivale de fluides frigorigènes (dont l'empreinte carbone n'est pas négligeable).
- ▶ **Réduire la consommation énergétique due à l'éclairage des bureaux.** A ce titre, l'école a développé l'utilisation de capteurs de présence dans les bureaux, asservis à l'éclairage. L'école a également engagé le remplacement d'ampoules à incandescence ou halogène hautes puissances par des ampoules LED de plus basses puissances.
- ▶ **Réduire le recours au gaz au profit de l'électricité lorsque c'est possible** afin d'améliorer l'empreinte carbone. A ce titre, l'école a remplacé une chaudière à gaz sur Clavières par une pompe à chaleur (PAC) haute performance réversible, ce qui présente par ailleurs un intérêt pour la réduction de la pollution atmosphérique.

- ▶ **Sensibiliser le personnel** dans sa consommation énergétique au quotidien, notamment en ce qui concerne l'ouverture des fenêtres, le réglage des chauffages et climatiseurs, l'utilisation des appareils électriques...