

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.



Le projet OEHM 2018-2022, optimisation énergétique de l'habitat méditerranéen.

L'enjeu est la minimisation des coûts énergétiques des habitats en climat méditerranéen. Il 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 (en partenariat avec LMGU UMR 5508, ENSAM LIFAM).

ODD 7 : 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'issue 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 Conception et Management de la Construction : 5 Unités d'enseignement en Energie sont proposées (total de 230h) et complétées par un projet de spécialisation en réhabilitation énergétique du Bâtiment. 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), 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. Cela permet aux élèves de toucher du doigt le fait que ce secteur possède une marge de manœuvre et qu'il est possible de construire des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment, pour un coût quasiment égal à celui du bâtiment classique.

► Dans le département ECOMap, les aspects énergétiques dans le choix des matériaux sont abordés avec une perspective d'éco-conception.

B. Recherche

B.1. Le centre de recherche C2MA : équipes DMS et PCH

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).

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**.

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.

B.2. Le centre de recherche LGEI : équipe ERT

Le LGEI (équipe ERT) travaille avec le CIRAD sur comment un jeu sérieux peut favoriser les changements de comportement dans le contexte de la transition énergétique ; deux cas d'étude ont été choisis : CAP>BIOMASSE est un jeu de plateau pour 9 à 18 joueurs, avec 2 animateurs (maître du jeu et observateur) sur une durée minimum de 2h. Il invite à se projeter dans un territoire fictif, situé en périphérie d'une grande agglomération. Les activités en présence sont agricoles, agroalimentaires et liées à l'économie résidentielle. L'objectif de l'atelier est de tester, auprès d'un public d'experts de la simulation participative, l'impact de ce jeu sur la prise de conscience des enjeux complexes de la transition énergétique. Un second jeu : CAP>BOIS-ENERGIE a été conçu pour sensibiliser à la mobilisation de la biomasse forestière.

B.3. Faits notables

- ▶ **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>)
- ▶ **Projets GREENPILE 2011-2021** (<https://www.almoie.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 calories/calories selon la saison, de jour comme de nuit.



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 2019.

Le bouquet énergétique de l'électricité est le suivant ; il provient pour 90% de sources d'énergies décarbonées et pour 16% de sources d'énergies renouvelables.

Energies primaires	Electricité achetée (GJ)	Bouquet énergétique électrique	Part des énergies décarbonées dans l'électricité achetée		Part des énergies renouvelables dans l'électricité achetée	
			Energies décarbonées	90%	Energies renouvelables	16%
Hydraulique	1 074	10%	Energies décarbonées	90%	Energies renouvelables	16%
Eolien	429	4%				
Solaire	215	2%				
Nucléaire	7 945	74%	Energies carbonées	10%	Energies non renouvelables	84%
Gaz	859	8%				
Charbon	107	1%				
Fuel	107	1%				
Total énergies	10 737	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 44% du volume d’énergie achetée :

Energies achetées	GJ	Kg eq C.	Kg eq CO2	part GJ	part Carbone
Gaz	8 331	147 758	541 780	44%	70%
Electricité	10 737	63 444	232 627	56%	30%
Total (sans fluides frigo.)	19 067	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 51% d’énergies décarbonées et une part de 9% d’énergies renouvelables.

Energies primaires	Electricité achetée (GJ)	Gaz acheté (GJ)	Total (GJ)	Bouquet énergétique de l'école	Part des énergies décarbonées		Part des énergies renouvelables	
Hydraulique	1 074		1 074	6%	Energies décarbonées	51%	Energies renouvelables	9%
Eolien	429		429	2%				
Solaire	215		215	1%				
Nucléaire	7 945		7 945	42%				
Gaz	859	8 331	9 190	48%	Energies carbonées	49%	Energies non renouvelables	91%
Charbon	107		107	1%				
Fuel	107		107	1%				
Total énergies	10 737	8 331	19 067	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...