

# TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

ENJEU

## I. Pourquoi cet enjeu ?

Le réchauffement climatique et la dégradation des écosystèmes imposent à nos sociétés de revoir en profondeur leurs modes de production et de réduire leurs consommations tout en favorisant l'efficacité énergétique. La réduction de l'utilisation des énergies fossiles nécessite le recours à un mix d'énergies renouvelables et décarbonées, dont la plupart sont intermittentes. Des innovations sont donc nécessaires pour relever les nouveaux défis de la production, du stockage, du transport, des modes de conversion et bien sûr des modes de consommation qui doivent être les plus économes possible. L'ensemble des impacts environnementaux et le cycle de vie de ces nouvelles technologies doivent être évalués pour assurer une véritable transition énergétique et écologique. En phase avec les priorités de la région Occitanie qui vise à devenir « la première région à énergie positive », l'INSA Toulouse participe pleinement aux différents défis liés à l'énergie par sa recherche et par sa formation multidisciplinaire.

## II. Thématiques de recherche

Les enseignants-chercheurs de l'INSA Toulouse contribuent ainsi à 5 thématiques de recherche, en collaboration étroite avec les chercheurs et enseignants-chercheurs des autres établissements universitaires et organismes de recherche au sein de l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées.

### Production de gaz renouvelable (TBI, LPCNO)

Nos activités concernent la filière et les procédés de méthanisation de déchets solides ou liquides, à toutes les échelles, incluant les procédés de production et épuration du biogaz avant son injection dans les réseaux, et la valorisation des digestats. Ces activités visent à améliorer la production d'énergie à partir des matières organiques mais aussi à séparer le CO<sub>2</sub> du méthane, ou à convertir directement du CO<sub>2</sub> en méthane renouvelable. Ces procédés font l'objet d'une éco-conception par des outils d'évaluation environnementale (ACV) en incluant l'ensemble des étapes de valorisation des sous-produits sous forme de fertilisants. La production d'hydrogène renouvelable est étudiée par 3 approches différentes : l'électrolyse de l'eau, sa photodissociation et la déshydrogénation oxydante de produits dérivés de la biomasse. Des matériaux nanométriques ou de nouvelles structures hybrides sont utilisés afin d'augmenter les rendements de production depuis l'électricité ou l'énergie solaire. Par ailleurs, afin de produire des carburants liquides ou des hydrocarbures à partir de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène, de nouveaux catalyseurs adaptés aux procédés sont synthétisés, testés et optimisés. Les études sur l'électrolyse de l'eau sont menées en collaboration avec le Laboratoire d'électrochimie et physicochimie des matériaux et des interfaces LEPMIC de Grenoble, et celle sur la photodissociation avec le CIRIMAT (Toulouse). Avec le soutien de la région Occitanie, la plateforme SOLIDIA accueille des installations de démonstration pour la production de bioénergie, en collaboration avec l'INRAe.

### Production de molécules à usage énergétique issues de ressources renouvelables & déchets (TBI)

Nos activités visent à acquérir des connaissances fondamentales en Sciences du Vivant et Sciences de l'Ingénieur pour développer des procédés, éco conçus, de conversion enzymatique et/ou microbienne, de ressources renouvelables et déchets (gaz, solides et liquides) en molécules

énergétiques. Ces travaux contribuent à l'optimisation de la production d'alcools comme l'éthanol de 2<sup>ème</sup> génération, de lipides spécifiques pour les carburants aéronautiques, d'hydrogène ou de méthane à partir de biomasses (pailles, bois, déchets industriels). Nos enseignants-chercheurs explorent également la conversion microbienne du dioxyde de carbone en molécules énergétiques selon un concept d'économie circulaire dans des procédés innovants. L'enjeu est d'explorer la biodiversité, élaborer des biocatalyseurs (enzymes et microorganismes) performants, maîtriser leurs comportements pour déduire des procédés éco conçus de production optimisée. Ces activités sont réalisées en collaboration avec des nombreux partenaires publics et privés, nationaux et internationaux, dans le cadre de grands projets nationaux (ProBio3 et CO2tofuels) et européens (BABET-REAL5 en partenariat avec l'Amérique Latine).

### Stockage et conversion de l'énergie (TBI, LPCNO, LMDC)

Une approche prometteuse pour le stockage de l'énergie renouvelable lors des pics de production est le « power-to-gaz », qui consiste à stocker cette énergie sous forme chimique. Le méthane, qui peut être transporté par les infrastructures existantes et stocké massivement en sous-sol dans des sites existants, est un candidat idéal pour cela. Il peut être produit à partir de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène, soit par une réaction catalytique, soit par des voies biologiques. La première est étudiée au LPCNO (catalyse magnétique), et consiste à échauffer les catalyseurs par des champs magnétiques haute-fréquence appliqués à des matériaux magnétiques pour augmenter les rendements et les vitesses de montée en température.

La seconde est étudiée à TBI, où la biométhanation permet de faire cette réaction avec des micro-organismes, et donc dans des conditions « douces » de température et pression.

Une autre approche est étudiée au LMDC, consistant à stocker de l'énergie sur des matériaux cimentaires. Le principe de ce mode de stockage réside dans l'hydratation réversible de l'ettringite, un composant issu de l'hydratation de ciments sulfo-alumineux.

Les activités sur la méthanation sont en particulier menées dans le cadre des projets HYCABIOME, BIOSYP, HYDROMET, et DEMETHA sont soutenues par l'ADEME et la région Occitanie. Le programme PLAINE-ENERGIE associe INSA Lyon & INSA Toulouse. La catalyse magnétique et le stockage d'énergie

dans les matériaux cimentaires (projet PROTEuS) sont soutenus par Toulouse Tech Transfer.

### Efficiences énergétiques (LMDC, LNCMI, LAAS)

Le bâtiment est un poste important de consommation énergétique, d'émissions carbone et de consommation des ressources. Son efficacité énergétique et l'utilisation de matériaux plus respectueux de l'environnement sont un axe de recherche stratégique. Nos recherches portent sur l'utilisation de matériaux naturels ou de sous-produits de l'agro-industrie, qui présentent un très bon comportement hygrothermique et un bilan carbone intéressant. Des systèmes de chauffage/climatisation comme les dalles dites « actives » sont ainsi développés pour un excellent confort thermique. Les études allient simulations numériques, essais en laboratoires et in-situ, et construction de bâtiments démonstrateurs. Ces activités sont menées dans le cadre de projet européen, comme le projet Interreg-SUDOE ENERPAT, ou en collaboration avec des entreprises tels que Vinci Énergie et Palanca, des collectivités comme le Grand Cahors ou Toulouse Métropole, ainsi que d'autres laboratoires tel que le LERASS (sociologie).

Concernant les systèmes embarqués, au niveau des composants, des réseaux de capteurs et des équipements de puissance, l'efficacité énergétique repose sur la gestion et la récupération de l'énergie électrique et sur l'amélioration du rendement énergétique des différents constituants

La supraconductivité fait aussi l'objet de recherches fondamentales poussées. Cette propriété de la matière, si elle était obtenue à température ambiante, diminuerait les pertes dues au transport d'énergie électrique. Des mesures sous très fort champ magnétique, sur des équipements uniques en Europe, sont ainsi effectuées dans le but d'apporter des éléments de compréhension à la physique de ces composés.

### Ouvrages durables (LMDC)

La production d'énergie nécessite des ouvrages réalisés avec des matériaux de construction durables, et adaptés aux procédés. Nos enseignants-chercheurs étudient la fiabilité des barrages hydrauliques face à l'alcali-réaction, la durabilité des fondations d'éoliennes off-shore, et celle des bétons dans les procédés de production de bioénergies. Des études numériques sont également menées autour de la durabilité des unités de stockage de déchets

radioactifs et de la maintenance des ouvrages nucléaires face à la corrosion. Par ailleurs, à l'échelle de la ville, nous travaillons à la maîtrise et l'atténuation des îlots de chaleur en milieu urbain.

Ces activités sont notamment menées en collaboration avec l'ANDRA, le CEA, EDF et l'ADEME.

### III. Ambition de formation

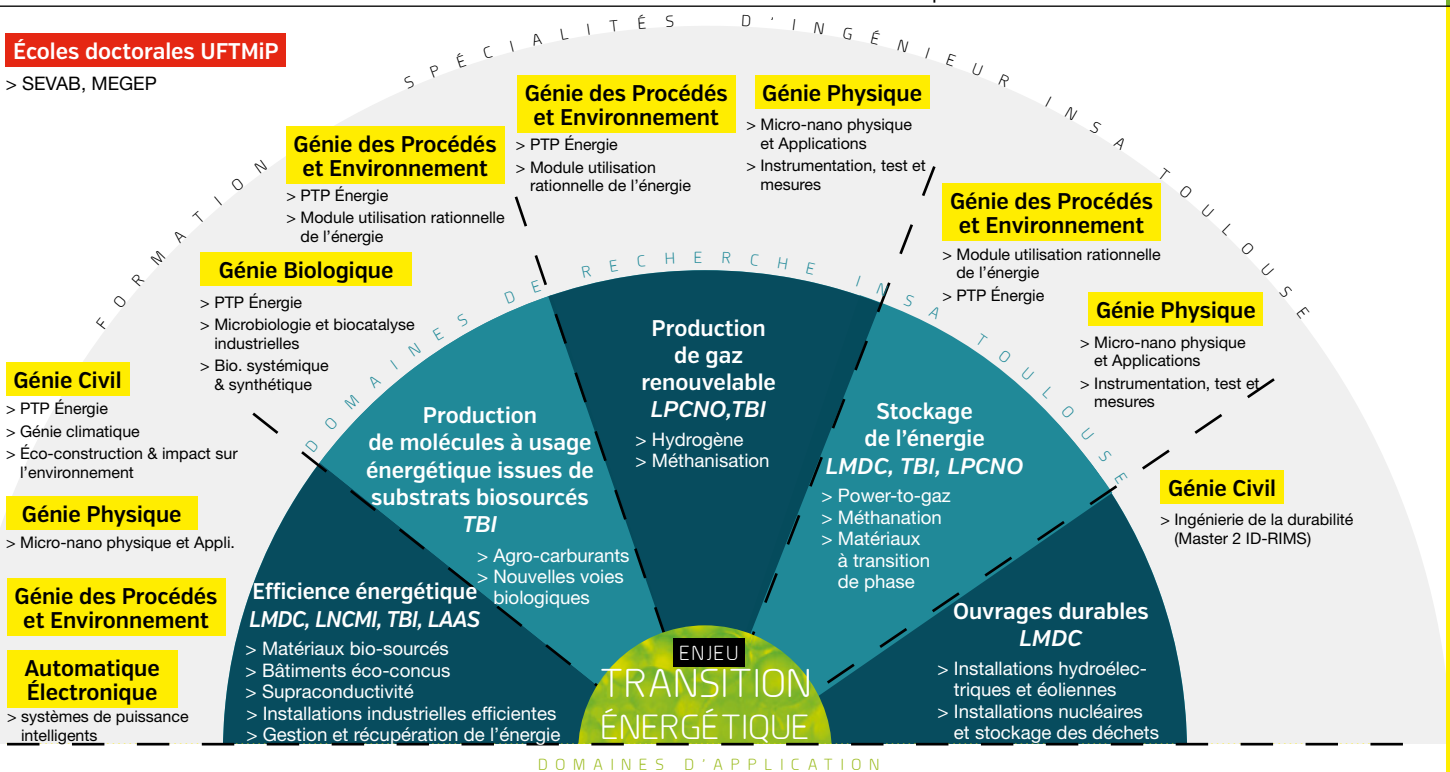
Tous nos étudiants sont formés aux enjeux de la transition énergétique et écologique, incluant l'analyse de cycle de vie, les relations climat-énergie, les défis des énergies renouvelables, les problématiques liées à l'eau et aux transports, les nouveaux modèles économiques, et le rôle éthique des ingénieurs.

Le département de Génie Physique forme des ingénieurs aptes à contribuer à la recherche de nouveaux matériaux, à la mise au point de nouveaux dispositifs de production énergétique, et au développement de bancs de tests permettant de les caractériser. La spécialité Génie Biologique délivre une formation générique qui fournit l'ensemble des savoirs et savoir-faire relatifs aux biotechnologies et qui s'applique notamment à la production de molécules d'intérêt à usage énergétique à partir de substrats naturels. La formation dispensée au département de Génie des Procédés et Environnement inclut les fondamentaux thermodynamiques, chimiques et biologiques pour la production et transformation de l'énergie, et l'efficacité énergétique des installations industrielles. En 5<sup>ème</sup> année, le parcours « Énergie » propose une formation multi départements consacrée aux enjeux énergétiques, répondant au besoin de multidisciplinarité du secteur de l'énergie, incluant les bioénergies et les énergies renouvelables. Au département de Génie Civil, les étudiants, formés tout au long de leur cursus sur l'éco-conception des bâtiments, approfondissent ces concepts dans les orientations de 5<sup>ème</sup> année Génie Climatique et Génie Urbain avec le département GPE. Au GEI, les étudiants vont acquérir de compétences sur les enjeux de la conversion de l'énergie électrique et l'optimisation des systèmes électroniques de puissance embarqués du point de vue rendement énergétique avec récupération d'énergie. Ils apprennent également les règles de codage faible énergie pour les systèmes autonomes ».

L'INSA Toulouse propose également des masters. Les écoles doctorales MEGEP et SEVAB diplôment plusieurs doctorants par an sur ces thématiques.

### Écoles doctorales UFTMiP

> SEVAB, MEGEP



Énergies renouvelables Transports Construction durable Procédés décarbonés