

# 13 MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES



IMT Mines Alès s'engage avec toutes  
ses parties prenantes et toutes ses énergies  
dans la lutte contre le changement climatique



# ODD 13 : MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

## A. Formation : aléas liés au changement climatique

### A.1. Dans les formations d'ingénieur

En première année d'école, les élèves sont conviés à participer à la journée « rentrée climat ». Cette année la journée Rentrée Climat a eu lieu le 11 septembre. La Fresque du climat (ateliers ludique basé sur les rapports du GIEC\*) leur permet d'être sensibilisé au changement climatiques, d'en percevoir la complexité. Puis un atelier collaboratif intitulé « Et maintenant que peut-on faire ? » est animé par la suite. L'enjeu de cet atelier est d'initier le désir individuel et collectif de se saisir de ce problème, de l'explorer en profondeur afin d'en comprendre la complexité et les enjeux pour être en capacité de le penser et d'agir efficacement au service du vivant, au sein et en dehors de l'école.

Au sein du département Environnement, Energie et Risques est proposée l'option Risques naturels et industriels. Dans cette option d'excellence, les risques liés aux aléas du changement climatique et à l'origine de catastrophes naturelles sont abordés. La notion de Fonctionnement des hydrosystèmes et modélisation hydrologique est enseignée. Le Module « Physiques des phénomènes dangereux » présente plusieurs risques naturels comme le risque inondation, gravitaire, sécheresse, incendies de forêt, sismique ou tsunami. Ces phénomènes sont expliqués en détail avec présentation des causes et des conséquences ; ainsi que des méthodes de modélisation. L'analyse de maîtrise de risques, urgence et gestion de crise fournit aux étudiants les outils pour identifier, évaluer et hiérarchiser les risques d'un système donné et de comprendre les concepts de base de gestion de crise. Ce cursus s'achève par une étude de cas pratique.

### A.2. Dans les masters, masters internationaux et les doubles-diplômes

Il est également à noter l'existence de plusieurs masters ou doubles-diplômes inscrivant leurs enseignements au cœur du DD&RSS :

▶ Master international DAMAGE « Disaster **management and environmental impact** » co-accrédité avec l'université de Nîmes  
Ce master, malgré l'épidémie COVID 19 qui a perturbé le recrutement, il a continué à fonctionner et a recruté ses élèves internationaux. En 2020 ce master a célébré (malgré la COVID19) ses premiers diplômés qui sont au nombre de 11.

A titre d'exemple, les unités d'enseignement du **master international DAMAGE**, enseigné tout en anglais et visant essentiellement des élèves internationaux, sont notamment :

- ▶ Risk assessment methods (**Disaster management**, consequence evaluation, **vulnerability** assessment)
- ▶ **Humanitarian emergencies** and assistance
- ▶ Human and social sciences (population in disaster situations, environmental psychology)
- ▶ **Emergency Medicine** and public health
- ▶ Information technologies and **public health**...  
(<https://www.mines-ales.fr/nos-formations/master-damage>)

Dans le cadre de ce master international DAMAGE, l'école est **en partenariat avec** :

- ▶ **les Nations unies** : la cheffe de l'Unité Environnement et Culture de la mission de l'ONU (MINUSMA) au Mali fait partie des corps enseignant du master.
- ▶ **les ONG « Médecins sans frontières » et « La croix rouge »** dont des représentants font partie des corps enseignant du master.

L'école propose également un double-diplôme Ingénieur d'IMT Mines Alès et master « Sciences de l'eau » de l'Université de Montpellier, avec notamment le parcours « Hydrologie, Risque, environnement » et le parcours « Eau, contaminant, Santé » (double diplôme couramment appelé « Eau & **Environnement** »).

\*GIEC: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

## B.1. Equipe de recherche EUREQUA

L'équipe de recherche EtUde des RisquEs et de la QUalité de l'Air « EUREQUA » s'intègre dans une démarche de prévention, de protection et de gestion de crise, dans le cadre d'accident majeur, de catastrophe naturelle ou de risques chroniques liés à la qualité de l'air. Ils recouvrent l'étude des paramètres qui conduisent à des situations à risque, l'évaluation des conséquences en situation de crise et la proposition de solutions pour limiter les impacts sur l'homme et l'environnement.

Dans la partie risques naturels, les démarches proposées sont:

- ▶ L'étude des aléas, dans le but de développer et d'optimiser des outils opérationnels de prévision des phénomènes (feux de forêts, sécheresse et inondations). Cet axe de recherche s'effectue en collaboration avec les principales institutions concernées tels que les Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS), le Service de Prévision de Crue, le SCHAPI (Service Central Hydrométéorologique pour la prévision des Inondations) et Météo France.
- ▶ L'évaluation de la vulnérabilité, d'un enjeu ou d'un système social ou sociotechnique permet de traduire la fragilité de cet enjeu face à un aléa et d'en évaluer sa capacité de réponse face à la crise. Dans ce contexte, l'équipe EUREQUA s'intéresse aussi à la résilience de ce système et à sa capacité à récupérer un fonctionnement normal suite aux conséquences d'un aléa. Ces recherches sont menées en relation avec les acteurs concernés, à savoir entre autre, les SDIS, la DIREN, collectivités locales, etc.
- ▶ La compréhension des mécanismes liés aux crises naturelles et à la structure des organisations impliquées ainsi que la capacité de ces organisations à faire face par le développement de méthodes, modèles et outils spécifiques à la crise ainsi que par la détection de signaux faibles précurseurs à la crise. Enfin, le dernier point se concentre sur l'apprentissage organisationnel au moyen de stratégies innovantes de formation à la gestion de crise et de la prise en compte du retour d'expérience.

### Quelques exemples de projets de recherche collaboratifs

- ▶ **Plateforme SIMULCRISE de simulation de gestion de crise** : cette plateforme unique constitue un simulateur de gestion de crises, utilisé pour la formation à la prise de décision en situation de crise au travers de différents profils de participants tels que la cellule de crise communale ou le poste de commandement sécurité d'un site industriel, etc.  
<https://www.mines-ales.fr/recherche-doctorat/les-plateformes-et-equipements/simulcrise>
- ▶ **Planification, gestion de crise et formation à la gestion de crise de l'Etat et des collectivités** : les travaux de recherche d'EUREQUA s'intègrent totalement dans la planification coopérative des catastrophes liées au changement climatique, **en collaboration avec le gouvernement**. Cela se traduit notamment par le développement de modèles de prévision et d'outils opérationnels pour le compte d'acteurs comme les **Services de Prévision des Crues, la Sécurité Civile**, les Services forestiers, à travers l'aide à la planification de la gestion de crise pour les collectivités et organismes concourant à la Sécurité Civile (CNES, SDIS, SIDPC, EMZ), ainsi que par la mise en œuvre des **Plans Communaux de Sauvegarde et d'exercices de formations à la gestion de crise pour l'ensemble de ces acteurs publics**. Ces formations, qui s'appuient sur la plateforme SIMULCRISE, s'adressent tout autant aux élèves ingénieurs d'IMT Mines Alès du département d'enseignement Energie, Environnement et Risques qu'aux gestionnaires étatiques des crises naturelles et industrielles (**Préfectures, collectivités territoriales, pompiers, services déconcentrés de l'Etat...**). A titre d'exemple, on citera l'exercice de gestion de crise PPI et PCS « Rupture du barrage de Sainte Cécile d'Andorge » réalisé en collaboration avec la Préfecture du Gard et les communes riveraines du barrage (<https://www.youtube.com/watch?v=TuOmFCauuls>).
- ▶ La collaboration scientifique avec les communes de Saint-Leu et du Port de l'île de la Réunion pour la préparation à la gestion de crise dans le cadre de la GEMAPI ((GEstion des Milieux aquatiques et Prévention des Inondations) ». L'objectif de ce projet est de proposer un exercice de crise hydrométéorologique in-situ pour tester les aptitudes et la capacité de gestion de crise des deux communes et du service GEMAPI du TCO afin d'identifier les points forts et les secteurs perfectibles face à un évènement d'origine cyclonique et ses conséquences <https://www.mines-ales.fr/en/node/216>
- ▶ Le projet AMU FDF a permis de mettre en place un appui à Aix-Marseille Université pour la préparation à la gestion de crise « incendies de forêts » [https://www.youtube.com/watch?v=pqF\\_FYak-G4](https://www.youtube.com/watch?v=pqF_FYak-G4).
- ▶ Le projet PRECISION a pour objectif une de développer une **plateforme de simulation participative (CIT'IN CRISE) pour amener le citoyen** à devenir un acteur sensibilisé, informé et formé, pendant le temps d'un exercice de **gestion de crise inondation**. En 2019 une formation a été faite auprès des « petits débrouillards Occitanie » (<https://www.lespetitsdebrouillardsoccitanie.org/citin-crise-phase-test-terminee/>).
- ▶ Le projet WUIVIEW (Programme DG-ECHO) vise à étudier les mécanismes **d'impact d'un feu de forêt sur l'habitat** pour permettre aux pompiers de réagir simultanément à la suppression des incendies de forêt, à l'évacuation de la communauté et à la protection des structures et ainsi réduire la vulnérabilité de la société aux incendies de forêt (<https://www.wuiview.org/>).
- ▶ **Accidents pétroliers maritimes** : IMT Mines Alès développe depuis 2005 des recherches sur le comportement des **produits pétroliers et chimiques en mer suite à un accident maritime à proximité du littoral français**. Ces travaux ont permis de réaliser des outils d'aide à la décision pour l'évaluation des conséquences liées aux pollutions marine en collaboration avec les gestionnaires de crise nationaux (**Marine Nationale, Préfecture Maritime, Météo France, Ifremer, Cedre...**). Cette recherche s'est illustrée à travers plusieurs programmes de financement nationaux tels que les programmes RITMER CLARA, ANR CLARA 2 ou FUI METANE (<https://www.polemermediterranee.com/Activites-Projets/Ressources-energetiques-et-minieres-marines/METANE>) et européen avec le programme DG ECHO HNS-MS (<http://www.hns-ms.eu/>).

- ▶ **Parc national de Cévennes, classé UNESCO comme patrimoine mondial.** L'équipe de recherche ERT a contribué à la réflexion du Parc concernant son adaptation au changement climatique et à ses impacts. <http://www.cevennes-parcnational.fr/fr/actualites/cahier-thematique-adaptation-du-pnc-au-changement-climatique-et-ses-impacts>.

## B.2. Equipe de recherche ERT

L'équipe de recherche Eau, Ressources, Territoires (ERT) développe des modélisations fondées sur l'apprentissage automatique (machine learning), qui sont appliquées à la prévision des évolutions des crues ou des disponibilités des ressources en eau en fonction de scénarii de changement climatique. Grâce à ses liens avec l'UMR HSM, très proche des pays du Sud, elle développe des approches d'économie circulaire pour préparer le développement de ces pays de manière compatible avec l'évolution du climat.

### Quelques exemples de projets de recherche collaboratifs

- ▶ Projet financé par l'ONF –Office National des Forêts- (2019-2020) « Compréhension des zones humides de tête de bassin de l'Aude », qui vise à améliorer la compréhension du fonctionnement hydrologique des tourbières des têtes de bassin, spécifiquement dans l'Aude, au moyen de modélisations statistiques.
- ▶ Projet **ZABR Hydropop** (Hydrologie populaire 2014-2020), financé par l'Agence de l'eau RMC, ce projet s'intéresse au développement de la participation des populations à l'observation des évolutions de la ressource en eau durant les étés. Il s'agit par ce biais de sensibiliser les populations à la vulnérabilité de la ressource en eau aux évolutions des usages et aux évolutions liées au changement climatique.
- ▶ Projet ENKI, financé par la Société ATOS en collaboration avec la Région Occitanie, il vise à établir une méthodologie pour prévoir les niveaux de nappe d'eau souterraine, entre autres, à l'échelle régionale et en prévision du changement climatique, grâce à l'intelligence artificielle.
- ▶ **Projet d'étude de la modélisation du réservoir constitué par les tourbière face aux changements climatiques.** <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-02921354>

## B.3. Equipe de recherche ISOAR

L'équipe de recherche ISOAR (Ingénierie des systèmes et des organisations pour les activités à risques) travaille également sur la science du risque à la croisée des sciences de l'ingénieur et des sciences humaines et sociales. Elle développe des méthodes, des modèles et des outils pour accompagner un collectif d'acteurs multi métiers à mener à bien des activités dites à risque nécessaires tout au long du cycle de vie d'un système dit d'intérêt (e.g. un système de transport, une organisation ou une infrastructure critique) de sa conception jusqu'à son démantèlement en passant par sa production et son exploitation. Ces activités sont réputées à risques car elles nécessitent d'impliquer et de responsabiliser toutes les parties prenantes impliquées, concernées ou impactées par ce système d'intérêt. Il faut donc aider ces acteurs et savoir procéder de manière collaborative, à progresser en confiance, le tout en promouvant la modélisation et le partage de modèle du système d'intérêt. Le but est d'arriver à minimiser les risques. Ce sont des risques liés à la nature des activités : erreurs, oublis, incohérences de points de vue ou incomplétudes dans une modélisation, mauvaise prise en compte de besoins des parties prenantes par exemple en termes de sûreté ou de résilience attendue du système d'intérêt. Ce sont aussi des risques liés au contexte dans lequel ces activités se déroulent : économiques, sociaux ou encore liés à des facteurs organisationnels et humains, environnementaux ou encore légaux.

### Citons quelques exemples de projets illustrant ces travaux :

- ▶ RESIIST (ANR-18-CE39-0018 ANR – AAP Sécurité Globale et Cybersécurité – 2019/ 2023) : Ce projet (RESilience des Infrastructures et Systèmes inTerconnectés) s'intéresse aux problématiques d'évaluation de la résilience des infrastructures critiques. L'idée est de partir des données massives pour évaluer de manière continue la résilience des infrastructures critiques. Les données de diverses sources sont interprétées pour obtenir des indicateurs pertinents reflétant plusieurs dimensions. En exploitant ces indicateurs, on élabore des modèles de représentation de l'infrastructure et des modèles de résilience. La visualisation intelligente de ces modèles permet de prendre et de justifier des décisions.
- ▶ Chaire Industrielle CIME (Critical Infrastructures model based system Engineering) avec actuellement deux thèses portant respectivement sur :
  - La modélisation, la vérification et l'évaluation au plus tôt de solutions architecturales dans le domaine de l'ingénierie d'Infrastructures Critiques Nucléaires. L'enjeu est ici d'accompagner les architectes et ingénieurs système à procéder en confiance lorsqu'ils sont en phase de conception architecturale c'est-à-dire à modéliser, évaluer et justifier leurs solutions architecturales. L'objectif de cette thèse est de développer et de valider in situ une méthode itérative et progressive permettant de converger vers une solution architecturale la plus satisfaisante.
  - La modélisation et l'analyse pour organiser, piloter et optimiser la phase « Commissioning » d'une installation nucléaire qui vise à valider la performance, la sûreté et la sécurité d'un ouvrage et de ses sous-systèmes. Il débouche donc sur la qualification opérationnelle i.e. l'acceptation par le client mais aussi par toutes les autres parties prenantes de l'ouvrage tel qu'il a été implémenté, installé, configuré et paramétré. L'objectif de cette thèse est donc de développer un cadre d'architecture pour sécuriser et optimiser le déroulement de la phase de « Commissioning », fondé sur les principes et les concepts de l'ingénierie système basée sur les modèles en tenant compte des spécificités propres à l'industrie nucléaire, notamment les contraintes, régulations et bonnes pratiques du domaine nucléaire issues des standards externes (AIEA, ASN, WANO, etc.) ou internes.
- ▶ Thèse CIFRE en collaboration avec ASSYSTEM Group autour de la démonstration de sûreté nucléaire dans un contexte d'ingénierie basée sur des modèles. Le but est ici de proposer un cadre et une méthode d'aide à la démonstration de sûreté d'INB (Installation Nucléaire de Base).

## C. Gestion environnementale du campus : Politique de réduction de l’empreinte carbone totale de l’école (Bilan Carbone)

**La politique de l’école consiste à réduire son empreinte carbone totale.** Pour cela, et conformément à l’article 75 de la loi de Grenelle II de 2010 (Voir annexes 2§ 9), l’école réalise régulièrement un bilan de ses émissions de gaz à effet de serre (GES). L’ADEME et l’Association Bilan Carbone (ABC) ont développé une méthode, appelée « **Bilan Carbone** », qui propose la définition et la mise en œuvre d’une démarche de progrès en matière de GES, **d’évaluation et de réduction des GES** pour les organisations. L’école s’est fondée sur cette méthodologie pour estimer ses émissions et identifier des priorités d’action afin de réduire son empreinte carbone. Cette démarche a été menée en co-construction avec des élèves. Les résultats de 2019 par postes agrégés sont exposés ci-dessous (en « Kg équivalent Carbone » ou « Kg équivalent CO<sub>2</sub> ») Les résultats pour 2020 ne sont pas encore disponibles et font l’objet d’une mission d’élèves :

Postes	Kg éq. C	Kg éq. CO <sub>2</sub>	Part
Déplacement (étudiants et personnels)	379 958	1 393 319	42%
Consommation d’énergie (gaz, électricité...)	207 961	762 600	23%
Immobilisations (bâtiments, véhicules, PC...)	194 216	712 200	22%
Achats courants (aliments, consommables...)	106 407	390 200	12%
Déchets	9 871	36 200	1%
<b>Total</b>	<b>898 415</b>	<b>3 294 519</b>	<b>100%</b>

*NB : La question de l’empreinte carbone des courriers électroniques devra être considérée de façon plus fine lors de la prochaine mise à jour.*

**Mise en perspective des poids respectifs : le poste déplacements est le plus important et représente près de la moitié de l’empreinte carbone, suivi du poste consommation d’énergie qui représente quant à lui un quart du total.** Les postes consommation d’énergie et immobilisations représentent chacun plus de 20%. Ces résultats, accompagnés d’une analyse qualitative de faisabilité, a donné à l’école des éléments d’aide à la décision pour hiérarchiser ses actions d’amélioration. Conformément aux objectifs européens et nationaux, IMT Mines Alès, se fixe comme ambition d’atteindre la neutralité carbone au niveau de toutes ses émissions d’ici 2050.