

## Former l'ingénieur du XXIe siècle

Intégrer les enjeux socio-écologiques dans les formations  
du Groupe INSA

Rapport intermédiaire

Projet dirigé par Damien Amichaud,  
avec Sam Allier et Anne-Laure Tournier

Ce projet a été financé par la Fondation  
et les établissements du Groupe INSA

Février 2021

# Rapport intermédiaire

Crédit photo de couverture: Kitty Joyner, *electrical engineer, at Langley in 1952*

Kitty O'Brien Joyner (11 juillet 1916 – 16 août 1993) est une ingénieure américaine en génie électrique au National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), l'ancienne National Aeronautics and Space Administration (NASA) avant 1958. Embauchée en 1939, elle était la première femme ingénieure de l'organisation. Peu de temps après, elle a poursuivi ses études à l'Université de Virginie et était la première femme de l'université à obtenir le diplôme d'ingénieur. (Source : [National Aeronautics and Space Administration Wiki](#))

## Avant-propos

Transition écologique, enjeux énergie-climat, développement durable... la multitude de dénominations existantes pour nommer le sujet qui nous occupe en est en fait la meilleure illustration : nous parlons d'un enjeu trop systémique, trop complexe, trop multisectoriel pour pouvoir le désigner simplement.

La transformation de notre société et de notre économie en un système résilient et décarboné est, par nature, une entreprise comportant de multiples dimensions. L'équipe de ce projet a finalement préféré ne pas se focaliser sur le choix d'une expression pour inviter chacun à utiliser la sémantique qui lui plaira le mieux, qu'un effort collectif soit fait pour décider des termes à utiliser, pour définir les enjeux, et la manière de s'y attaquer. Car finalement, il semble qu'il est souvent moins important de vouloir à tout prix répondre à des questions dont on ne sait pas encore si elles sont bien posées que, justement, de les identifier, les poser, en débattre et finalement les exposer clairement.

C'est dans cette démarche que ce projet souhaite contribuer à faire évoluer la formation des ingénieurs. L'ingénieur, sans pouvoir dire qu'il soit l'acteur le plus important de la transition, jouit incontestablement d'une position qui lui permet d'avoir un panorama sur les questions techniques et scientifiques pour aborder les enjeux écologiques. Il est – ou plutôt devrait être – à la croisée entre le problème et la solution, entre la décision et l'action, entre la théorie et la pratique, entre les différentes sciences. Les compétences que l'on cherche à lui donner depuis de longues décennies lui permettent, plus qu'à un autre, de jouer ce rôle de « charnière », ou d' « interface » entre la technique et la société. Cependant, ce rôle s'inscrit la plupart du temps dans le cadre, contraignant, de l'entreprise. L'ingénieur doit ainsi en respecter les impératifs, notamment économiques, dans un contexte de compétition internationale. Même si les formations actuelles sont de grande qualité technique, ce cadre entrepreneurial limite son action. Ainsi, pour permettre à l'ingénieur d'articuler le plus justement technique et société, à l'Ère de l'Anthropocène, l'intégration de nouveaux enseignements s'impose, y compris afin de lui permettre de questionner le modèle capitaliste.

C'est là l'objectif de ce projet : questionner et repositionner l'ingénieur dans la société et l'économie. C'est l'aventure dans laquelle a souhaité se lancer le Groupe INSA, et c'est celle à laquelle *The Shift Project*, à ses côtés, a souhaité inviter toutes les écoles d'ingénieur : explorer la meilleure manière d'offrir aux ingénieurs en devenir les moyens de s'inscrire utilement dans la construction d'une société résiliente. Et au-delà encore, ce sont tous les établissements du supérieur qui sont invités, filière par filière, à interroger la place de leurs futurs professionnels dans ce même projet.

### À propos du think tank *The Shift Project*

*The Shift Project* est une association reconnue d'intérêt général fondée en 2010 par Jean-Marc Jancovici (cofondateur du cabinet d'études Carbone 4). C'est un think tank dont la mission consiste à éclairer et à influencer le débat sur la transition énergétique en France et en Europe.

*The Shift Project* est soutenu en 2017 et 2018 par plusieurs grandes entreprises et organisations françaises et européennes (Spie, EDF, SNCF, Saint-Gobain, Vicat, Vinci Autoroutes, Bouygues, Rockwool, Enedis, Thalys, Caisse des Dépôts, AFD, Sodexo, Kingspan, Ademe, Afep, Keolis, ASFA) qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité stratégique.

Depuis sa création, *The Shift Project* a initié une vingtaine de projets d'étude, participé à l'émergence de deux manifestations internationales (Business and Climate Summit, World Efficiency), et organisé une cinquantaine de colloques, forums, ateliers et conférences. Il a pu influencer significativement plusieurs décisions politiques importantes pour la transition énergétique, en France et au sein de l'Union européenne, en matière de prix du carbone par exemple.

La démarche du *Shift Project* est marquée par un prisme d'analyse particulier, fondé sur la conviction que les enjeux climat-énergie conditionneront l'avenir de l'humanité, et qu'il est nécessaire d'intégrer cette dimension le plus rapidement possible à notre modèle de société, afin de pouvoir préparer l'économie de demain.

## Le Groupe INSA, partenaire et financeur du projet



Le Groupe INSA est constitué de 14 établissements publics français de recherche et d'enseignement supérieur. Ce groupe représente 10 % des étudiants ingénieurs en France, propose toute la diversité des filières de l'ingénierie et délivre le titre d'ingénieur après une formation de cinq années après le baccalauréat.

La Fondation INSA et ses établissements membres sont les seuls financeurs de ce projet.

Note à propos de la représentation des genres : *afin de faciliter la lecture, les auteurs du présent rapport ont choisi d'employer du genre masculin est utilisé à titre épique sans discrimination de genre.*

## Remerciements

Tout d'abord, nous souhaitons remercier nos **interlocuteurs INSA**, qui investissent leur énergie à la réalisation d'un tel chantier, ainsi que l'ensemble des **parties prenantes du Groupe INSA** qui portent ce projet.

**Emmanuel Alby** (INSA Strasbourg), **Juliette Baudot** (INSA Rennes), **Amélie Berthe** (INSA Lyon), **Laurent Bigué** (ENSISA), **Romuald Boné** (INSA Strasbourg), **Chrystelle Bonnabau** (INSA Toulouse), **Nachida Bourabaa** (INSA Hauts-de-France), **Mathieu Bouyer** (INSA Lyon), **Juliette Cluset** (INSA Toulouse), **Romain Colon** (INSA Lyon), **Christophe Dagot** (ENSIL-ENSCI), **Florian De Laroque** (INSA Rouen), **Thomas Defforge** (INSA Centre Val de Loire), **Véronique Desruelles** (INSA Toulouse et Groupe INSA), **M'hamed Drissi** (INSA Rennes), **Laurence Dupont** (INSA Lyon), **Anthony Falluel-Morel** (ESITech Rouen), **Francis Faux** (ISIS Castres), **Fatima-Ezzahra Fekak** (INSA Euro-Méditerranée), **Frédéric Fondement** (ENSISA), **Frédéric Fotiadu** (INSA Lyon), **Marion Fregonese** (INSA Lyon), **Nicolas Freud** (INSA Lyon), **Rémi Garelli** (INSA Toulouse), **Valeria Goian** (INSA Rouen), **Bertrand Grivelet** (INSA Toulouse), **Chloé Huyghe** (INSA Strasbourg), **Bachir Idrissi Ouadghiri** (INSA Rouen), **Corinne Laurent** (Groupe INSA), **Sébastien Lemaire** (INSA Centre Val de Loire), **Souha Makni** (INSA Rouen), **Claude Maranges** (Groupe INSA), **Patrick Maurine** (INSA Rennes), **Chloé Mauroy** (INSA Toulouse), **Elodie Meuric** (INSA Rouen), **Joffrey Mirabail** (INSA Strasbourg), **Régis Olives** (Sup'EnR), **Estevan Quiot** (Sup'EnR), **Samuel Paillat** (INSA Rouen Normandie), **Hugo Paris** (INSA Lyon), **César Perrin-Cocon** (ISIS Castres), **Jean-Stéphane Pic** (INSA Toulouse), **Mateo Ramirez** (Université Lyon 3), **Bertrand Raquet** (Groupe INSA), **Martin Rodger** (Sup'EnR), **Claude Rozé** (ESITech Rouen), **Colin Tartenson** (INSA Rouen), **Adrien Toutant** (Sup'EnR).

Nous tenons tout particulièrement à remercier **Claude Maranges** (Groupe INSA), en sa qualité de coordonnateur du projet pour le Groupe INSA.

Nous remercions également très chaleureusement les **nombreux experts et professionnels du secteur** qui ont répondu à nos sollicitations, ainsi qu'à celles et ceux qui participent à faire évoluer l'enseignement supérieur, pour la richesse de nos échanges.

**Catherine Adam** (CNAM), **Matthieu Auzanneau** (*The Shift Project*), **Philippe Bihoux** (AREP), **Mélanie Champoux** (Université de Sherbrooke), **Nathan Coutable** (Observatoire des Formations Citoyennes), **Maëlle Darnis** (BNEI), **Paul Darthos** (ISAT), **Arnaud De Maria** (ISF), **Amélie Deloche** (Collectif Pour un Réveil Ecologique), **Philippe Dépincé** (CDEFI), **Christelle Didier** (Université de Lille), **Michel Dubois** (Réseau Ingenium, UniLaSalle), **Jean-Louis Dufresne** (CNRS), **Emeric Fortin** (ENPC), **Jimmy Garcia** (Ingénier·es engagé·es), **Natacha Gondran** (IMT Saint-Etienne), **Christophe Goupil** (Campus de la Transition), **Romain Grandjean** (*The Shift Project*), **Clément Hias** (Syntec Ingénierie), **Jean-Marc Jancovici** (*The Shift Project*), **Christian Jeanneau** (Assystem, Syntec Ingénierie), **Félix Lallemand** (Les Greniers d'Abondance), **Pierre Léna** (OCE), **Gérald Majou** (CGE), **Caroline Mouille** (Collectif Pour un Réveil Ecologique), **Anne Monnier** (Groupe IMT), **Valérie Moreau** (Collectif Ingénierie Soutenable de l'UTC), **Nicolas Raillard** (*The Shift Project*), **Garance Regimbeau** (Collectif Ingénierie Soutenable de l'UTC), **Maxime Renault** (BNEI), **Isabelle Schöninger** (CDEFI), **Nicolas Speciale** (CDEFI), **Jacques Treiner** (Comité des Experts du *Shift*), **Olivier Vidal** (CNRS).

Merci également à tous les relecteurs de ce rapport intermédiaire pour leur contribution.

Nous remercions enfin l'équipe du *Shift* pour son soutien et sa bonne humeur indéfectibles.

## Disclaimer

Le document que vous avez sous les yeux est un **rapport intermédiaire**. Il est soumis à la consultation du public, et a vocation à évoluer au cours des prochains mois. Un rapport final est prévu deuxième semestre 2021.

# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>3</b>
À propos du think tank <i>The Shift Project</i> .....	3
Le Groupe INSA, partenaire et financeur du projet.....	4
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>5</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>6</b>
<b>TABLES DES FIGURES ET DES TABLEAUX</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTE D'ABREVIATIONS</b> .....	<b>10</b>
<b>MISE EN CONTEXTE DU PROJET</b> .....	<b>11</b>
A. <i>The Shift Project</i> et l'enseignement supérieur.....	11
1. L'enseignement supérieur, le moment idoine pour poser la question .....	11
2. Les travaux du <i>Shift Project</i> sur l'enseignement supérieur : poser la question, interpellé les acteurs ..	11
3. Le soutien indéfectible des étudiants.....	13
4. Les présidences et directions d'établissements s'engagent .....	13
5. Les enseignants s'emparent de la question .....	14
B. Les institutions entendent le message, mais peinent à le traduire en action.....	14
1. À l'assemblée, on comprend l'enjeu d'agir.....	14
2. Au gouvernement, des difficultés pour passer de la parole aux actes .....	14
3. Réforme du secondaire.....	15
C. Pourquoi les ingénieurs ? Pourquoi le Groupe INSA ? .....	16
1. Les ingénieurs, le problème qui peut devenir la solution .....	16
2. Le Groupe INSA, une ambition : former sans attendre l'ingénieur de demain .....	16
<b>DEMARCHE : QUELLE EST LA VOCATION DE CE PROJET ?</b> .....	<b>18</b>
A. Le climat, problématique prioritaire pour le <i>Shift</i> .....	18
1. Un défi complexe remettant en question le fonctionnement de toute la société .....	18
2. Dynamiques autour des politiques climatiques.....	21
B. Amorcer l'intégration des enjeux socio-écologiques dans les formations du supérieur .....	22
1. Pourquoi parler d'enjeux de la transition « socio-écologique » ? .....	22
2. Que veut dire enseigner ces enjeux ?.....	23
3. D'une société du risque à une société résiliente ? .....	24
4. Quelles évolutions pour l'enseignement supérieur ?.....	25
5. L'ingénieur face à l'entreprise, la technique et la société.....	27
<b>METHODE : QUELS SONT LES PRINCIPES ET GRANDES LIGNES DE FONCTIONNEMENT DE CE PROJET ?</b> .....	<b>30</b>
A. Des principes définis conjointement.....	30
1. Le respect de la culture des écoles et des équipes pédagogiques.....	30

2.	Former l'ingénieur à la remise en question .....	31
3.	Accompagner, en l'anticipant, l'évolution de l'emploi .....	31
4.	La co-construction : clé du succès .....	31
5.	Amorcer un changement dans l'enseignement supérieur .....	32
B.	Un projet qui tient compte de l'existant .....	32
1.	Initiation du projet et construction de la méthode de travail .....	32
2.	État des lieux des maquettes existantes .....	33
3.	Former les principales parties prenantes .....	33
4.	Proposer un contenu pertinent à intégrer dans l'existant : le choix d'un référentiel .....	34
5.	Proposer un plan d'action .....	35
C.	Ce qui est hors-périmètre du projet .....	36
D.	Le calendrier .....	36
<b>I.</b>	<b>ÉTAT DES LIEUX : QU'EN EST-IL A L'HEURE ACTUELLE ? .....</b>	<b>37</b>
A.	Décrire le point de départ pour mieux comprendre le chemin à parcourir .....	37
1.	Que signifie faire un état des lieux ? .....	37
2.	Faire un état des lieux, d'accord... mais à quelle fin ? .....	38
3.	Sur quoi s'appuyer ? .....	39
B.	Les enjeux socio-écologiques absents des formations actuelles .....	41
1.	Principaux résultats et conclusions .....	41
2.	Limites de l'approche choisie .....	45
<b>II.</b>	<b>À QUOI FORMER LES INGENIEURS ? CONSTRUCTION D'UN REFERENTIEL D'OBJECTIFS PEDAGOGIQUES .....</b>	<b>46</b>
A.	Comment enseigner, quoi enseigner, et pourquoi ? .....	46
1.	La guerre des paradigmes ! Est-ce un « référentiel de compétences » ? .....	47
2.	L'importance de la complémentarité entre sciences humaines et sociales & techniques de l'ingénieur .	48
B.	Référentiel macroscopique : une première proposition de réflexion .....	49
C.	Référentiel complet .....	51
1.	L'ingénieur citoyen .....	51
2.	Les enjeux socio-écologiques .....	54
<b>III.</b>	<b>PLAN D'ACTION : CONCRETEMENT, COMMENT FAIRE ? .....</b>	<b>58</b>
A.	Se donner et donner les moyens .....	58
1.	Les établissements à la manœuvre .....	58
2.	En attendant un cadre plus incitatif de l'État .....	59
B.	Former les équipes pédagogiques .....	60
1.	Pourquoi former ? .....	60
2.	Comment ? Auditions, échanges... formations complémentaires .....	61
C.	Une difficulté : trouver les ressources et l'inspiration .....	62
D.	Quels indicateurs pour suivre la transformation de la formation ? .....	62

**PLUSIEURS FACTEURS CONDITIONNANT LA REUSSITE D'UN PROJET DE  
TRANSFORMATION DES ENSEIGNEMENTS..... 64**

**BIBLIOGRAPHIE ..... 65**

Rapport intermédiaire



# Tables des figures et des tableaux

## Table des figures

Figure 1. Proportion des formations abordant les questions environnementales et les enjeux climat-énergie.....	11
Figure 2. Part des formations abordant les enjeux climat-énergie .....	12
Figure 3 : Évolution du CO <sub>2</sub> atmosphérique hors UTCF (Utilisation des terres, leurs changements et la forêt) depuis 1850 jusqu'à aujourd'hui .....	18
Figure 4 : Production d'énergie primaire par habitant dans le monde .....	19
Figure 5 : Principaux événements de la lutte contre le changement climatique.....	20
Figure 6 : Trajectoires d'émissions compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C.....	21
Figure 7 : Trajectoires d'émissions compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C.....	21
Figure 8. Cycle du processus pédagogique (d'après Nico Hirtt, 2020) .....	26
Figure 9. Méthode de construction du référentiel .....	35
Figure 10 : Calendrier prévisionnel présenté le 9 novembre 2020 .....	37
Figure 11 - Schéma d'une formation en 5 ans.....	38
Figure 12. Somme totale des volumes horaires dédiés, par semestre .....	42
Figure 13. Nombre total de cours dédiés, par semestre .....	42
Figure 14. Moyenne sur les 7 établissements - nombre de cours, par semestre .....	43
Figure 15. Moyenne sur les 7 établissements - volume horaire, par semestre.....	44
Figure 16. Représentation graphique du référentiel d'objectifs d'apprentissage, The Shift Project .....	50
Figure 17- Récapitulatif du premier cycle d'auditions .....	61

## Table des tableaux

Tableau 1. Proposition de correspondance entre les domaines de différents référentiels (d'après Le Manuel de la Grande Transition p. 351).....	47
Tableau 2. Nomenclature des compétences de l'ingénieur citoyen.....	51

## Liste d'abréviations

ACV	Analyse de cycle de vie
CDEFI	Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs
CGE	Conférence des grandes écoles
CPU	Conférence des présidents d'université
CTI	Commission des titres d'ingénieurs
DD&RS	Développement durable et responsabilité sociétale
ENPC	Ecole nationale des ponts et chaussées
HCERES	Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur
ODD	Objectifs de développement durable
ONU	Organisation des nations unies
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
IE	Ingénieur·es Engagé·es
ISF	Ingénieurs Sans Frontières
REFEDD	Réseau Français des Etudiants pour le Développement Durable
SHS	Sciences humaines et sociales

# Mise en contexte du projet

## A. *The Shift Project* et l'enseignement supérieur

### 1. L'enseignement supérieur, le moment idoine pour poser la question

**La transition écologique est un projet de société, ambitieux et complexe. Il concerne l'ensemble de la population et des organisations et doit être appréhendé dans sa complexité.** Sans cela, il est illusoire d'espérer approcher l'objectif commun d'un système économique et social décarboné et résilient.

Le début de cette problématique semble logiquement être l'éducation : l'éducation de toutes et tous, et ce tout au long de la vie. L'éducation primaire et secondaire est un enjeu différent, car ses programmes sont définis au niveau national. Il appartient donc à l'Etat de déterminer la meilleure manière d'éduquer les plus jeunes à ces sujets. L'enseignement supérieur, qui lui succède (pour une partie de la population), est une question plus complexe car ses formations, si leurs modalités sont encadrées par l'Etat, dépendent pour la plupart des établissements de formation publics et privés. Un tiers de la population française environ y fait ses armes. **L'enseignement supérieur est le moment de l'éducation où se construit la relation de l'individu avec le rôle qu'il occupera dans la société, et son emploi. C'est aussi le moment où il est le plus à même de saisir les problèmes complexes.** C'est donc une étape fondamentale de sa construction intellectuelle, où l'on ne peut faire l'impasse sur l'enseignement des enjeux de la transition socio-écologique.

Dans l'enseignement supérieur, certaines filières et disciplines sont plus directement concernées par les enjeux socio-écologiques : les disciplines ayant trait aux sciences physiques, à la biosphère, aux écosystèmes... D'autres en sont traditionnellement considérées comme éloignées, et ont trait au fonctionnement de la société. Pourtant, le chemin vers la transition écologique nécessite le concours de toutes ces disciplines : organiser la transformation de la société et de l'économie dans le cadre des limites physiques de la planète. **Ainsi, aucune discipline ne peut se dispenser de se poser la question : quel est mon rôle dans la société et à quelle société ai-je envie de contribuer ?**

### 2. Les travaux du *Shift Project* sur l'enseignement supérieur : poser la question, interpeller les acteurs

*The Shift Project* a commencé à s'interroger sur la formation des jeunes actifs en 2017, suite à des remarques de plusieurs de ses experts, des enseignants-chercheurs, consternés par le niveau de leurs étudiants en matière d'enjeux énergie-climat à la sortie de leurs – prestigieuses – études. Le think tank a décidé d'investiguer la question, et de dresser un état des lieux de l'enseignement des enjeux énergie-climat dans le supérieur en France. [Un premier rapport intitulé « Mobiliser l'Enseignement](#)

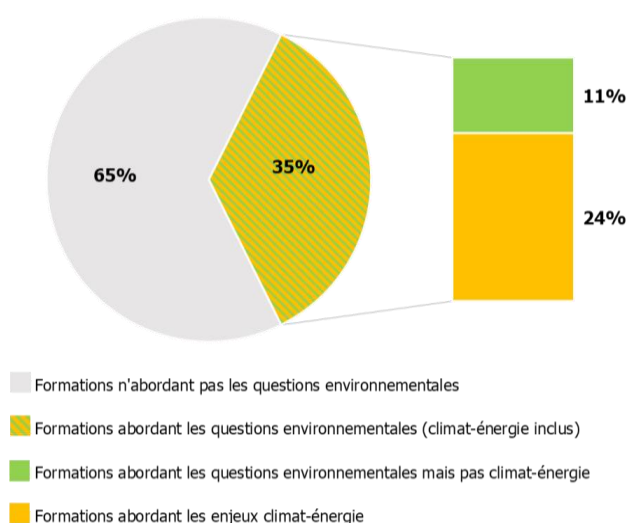


Figure 1. Proportion des formations abordant les questions environnementales et les enjeux climat-énergie

supérieur pour le climat »<sup>1</sup> a ainsi été publié en mars 2019, qui dresse un constat de carence : **seules 11% des formations analysées abordent les enjeux climat-énergie en tronc commun**<sup>2</sup>.

## PART DES FORMATIONS ABORDANT LES ENJEUX CLIMAT-ÉNERGIE

dans les 34 établissements du supérieur analysés [Source : The Shift Project 2019]

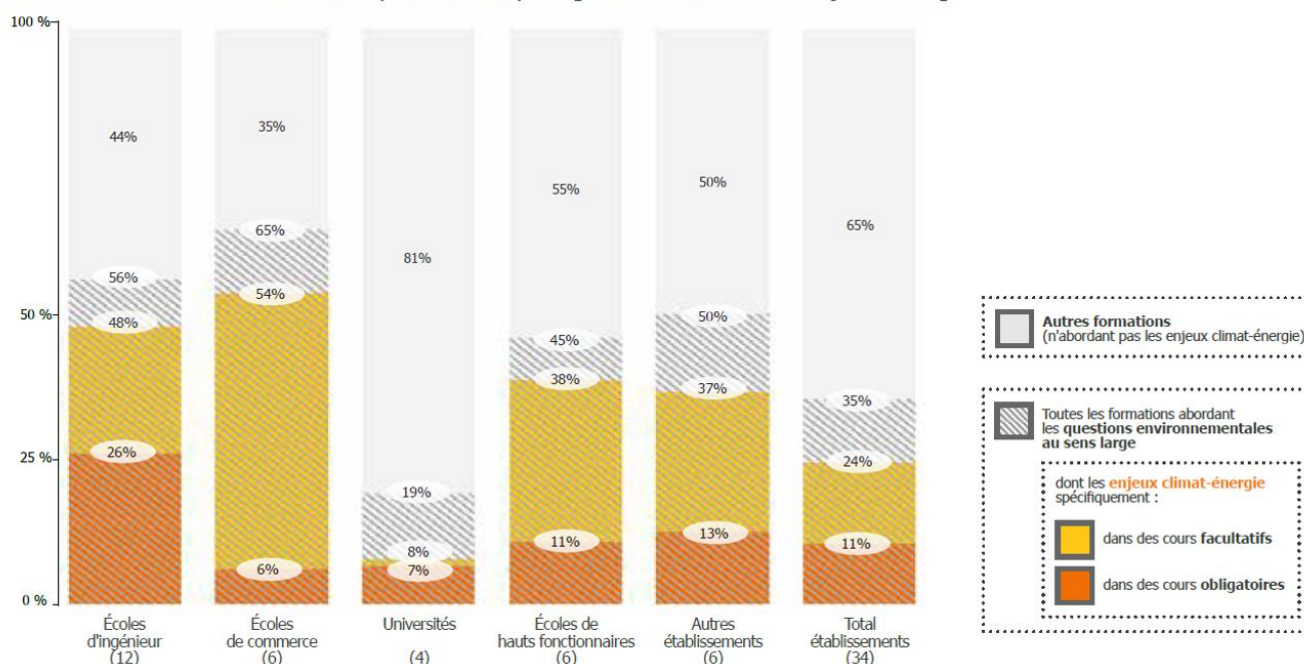


Figure 2. Part des formations abordant les enjeux climat-énergie

Par ailleurs, en dépit d'une offre croissante de formations spécialisées, **de grandes disparités existent entre les catégories d'établissements**.

Ce sont les écoles de commerce et d'ingénieur qui proposent le plus de formations abordant les enjeux climat-énergie : respectivement 54 % et 48 % des formations. Dans les universités, ce chiffre tombe à 8 %.

En revanche, seulement 26 % des formations d'ingénieur proposent des cours obligatoires, contre seulement 6 % dans les écoles de commerce et 7 % à l'université.

Près d'un tiers des formations qui abordent les questions environnementales au sens large (souvent des cours de développement durable, de responsabilité sociale des entreprises...) font l'impasse sur les enjeux climat-énergie.

**Ce rapport propose également des pistes de réflexion pour que l'enseignement de ces questions se généralise** : les établissements sont les acteurs principaux, en ce qu'ils ont les mains libres de choisir ce qu'ils enseignent à leurs étudiants. Cependant, il revient à l'Etat de donner l'impulsion politique (et montrer l'exemple, en formant ses agents notamment), et de fixer (et nécessairement faire évoluer) le cadre de l'enseignement supérieur pour accompagner et encourager la démarche des établissements (carrières des enseignants-chercheurs, orientation de la recherche, financements...). Les enseignants doivent intégrer ces enjeux à leurs enseignements, mais ont besoin pour cela qu'on leur en donne les moyens, notamment en termes de formation à ces sujets. Les classements et labels doivent également revoir leurs critères d'évaluation, aujourd'hui bien loin de ces questions.

<sup>1</sup> The Shift Project, « Mobiliser l'Enseignement supérieur pour le climat », mars 2019. Sur <https://theshiftproject.org/article/nouveau-rapport-mobiliser-superieur-climat/> (consulté le 15/01/2021).

<sup>2</sup> Ce chiffre est issu d'une analyse chiffrée des formations de 34 établissements (12 écoles d'ingénieur, 6 écoles pour fonctionnaires, 6 écoles de commerce, 4 universités et une sélection de 6 autres établissements). Les établissements analysés représentent 2450 formations (hors BTS, DUT et CPGE) et près de 300 000 étudiants – soit un peu plus de 11 % des 2,68 millions d'étudiants du pays.

Le sujet étant globalement absent du débat public quelques mois auparavant, ce rapport a connu un écho important au sein de la communauté enseignante et de la société civile, ainsi que dans les médias et la sphère politique.

### 3. Le soutien indéfectible des étudiants

La publication de ce rapport doit une partie importante de son succès à la mobilisation sans faille des étudiants qui, dans la continuité des nombreuses marches et manifestations pour le climat de 2019 (dans lesquelles [les jeunes sont très mobilisés](#)<sup>3</sup>), se structurent pour faire entendre leur message : ils ne veulent plus participer à un système qui compromet leurs futures conditions de vie. **Les jeunes ne veulent plus travailler pour ce système dans le cadre de leur emploi, et veulent être formés à en comprendre les limites et y apporter les transformations nécessaires.** Le [Manifeste étudiant pour un réveil écologique](#)<sup>4</sup>, signé par plus de 30 000 étudiants en est le symbole le plus emblématique : « à quoi cela rime-t-il de se déplacer à vélo, quand on travaille par ailleurs pour une entreprise dont l'activité contribue à l'accélération du changement climatique ou de l'épuisement des ressources ? ». D'autres acteurs plus discrets tels qu'Ingénieurs Sans Frontières portent ce message depuis longtemps au niveau des formations d'ingénieur.

Plus récemment, la [Consultation nationale étudiante](#), portée par le Réseau Français des Etudiants pour le Développement Durable (REFEDD), vient réaffirmer ce message puisque 69% des sondés déclarent souhaiter être mieux formés aux enjeux environnementaux<sup>5</sup>.

**Les entreprises le constatent elles-mêmes : elles sont un certain nombre à avoir de plus en plus de mal à recruter des diplômés de grandes écoles**, les jeunes ne veulent plus « venir chez elles ». C'est là un enjeu qu'elles commencent à avoir bien en ligne de mire. Elles tâchent de proposer des réponses à ce phénomène, mais les étudiants sont de plus en plus nombreux à distinguer les manœuvres d'écoblanchiment (*greenwashing* en anglais) de démarches sincères. Le Collectif pour un réveil écologique a même produit une [grille d'analyse](#) pour aider les étudiants dans cette analyse.

### 4. Les présidences et directions d'établissements s'engagent

En juillet 2019, la Conférence des Présidents d'Université (CPU) et la Conférence des Grandes Ecoles (CGE) publient une tribune [« Urgence climatique : universités et grandes écoles mobilisées aux côtés des étudiants pour la réalisation des 17 ODD »](#)<sup>6</sup>. Ces deux organisations sont depuis longtemps positionnées sur les questions de développement durable, leurs travaux concernant principalement la transformation des campus. Elles sont à l'origine du [Label DD&RS](#), qui a largement contribué à l'intégration de ces enjeux dans les questionnements des établissements.

Des organisations représentant des établissements comme la Conférence des Directeurs des Ecoles Françaises d'Ingénieurs (CDEFI) ou la Commission des titres d'ingénieur (CTI), qui intervient sur la définition des caractéristiques du diplôme ont également lancé une réflexion sur ces enjeux.

À la rentrée 2019, des dizaines d'établissements organisent des [« Rentrées climat »](#)<sup>7</sup>, ponctuées d'animations sur ces thématiques. D'autres prennent des engagements, qui se concrétisent parfois en des initiatives au niveau d'ambition variable : certains s'en tiennent à une déclaration, d'autres organisent un événement, d'autres créent une nouvelle option, certains initient un réel chantier de transformation des formations...

<sup>3</sup> M. Darnault, E. Fonteneau et P. Renon, « Marches des jeunes pour le climat : "Il faut se bouger le cul !" », Libération, 20/09/2019. Sur [https://www.liberation.fr/france/2019/09/20/marches-des-jeunes-pour-le-climat-il-faut-se-bouger-le-cul\\_1752660](https://www.liberation.fr/france/2019/09/20/marches-des-jeunes-pour-le-climat-il-faut-se-bouger-le-cul_1752660) (consulté le 21/01/2021).

<sup>4</sup> « Manifeste étudiant pour un réveil écologique », juillet 2019. Sur <https://manifeste.pour-un-reveil-ecologique.org/fr> (consulté le 15/01/2021).

<sup>5</sup> « Consultation Nationale Etudiante 2020 », REFEDD, novembre 2020. Sur <https://refedd.org/cne-2020/> (consulté le 21/01/2021).

<sup>6</sup> « Urgence climatique : universités et grandes écoles mobilisées aux côtés des étudiants pour la réalisation des 17 ODD », CPU, CGE, juillet 2019. Sur <http://www.cpu.fr/actualite/urgence-climatique-universites-et-grandes-ecoles-mobilisees-aux-cotes-des-etudiants-pour-la-realisation-des-17-odd/> (consulté le 15/01/2021).

<sup>7</sup> « En 2019, pendant la 1<sup>ère</sup> édition de la Rentrée Climat, 10.000 étudiant·es ont participé à un atelier La Fresque du Climat dans plus de 50 établissements (Polytechnique, Centrale, Sciences Po, HEC, ESCP, EDHEC...). L'objectif de cette année : doter tous les étudiant·es de l'enseignement supérieur d'un socle commun de connaissances des enjeux climat. » <https://www.rentreeclimat.org/> (consulté le 15/01/2021).

En septembre 2019, une centaine de dirigeants d'établissements, ainsi que des milliers d'enseignants-chercheurs et étudiants lancent un appel « [Pour former tous les étudiants du supérieur aux enjeux climatiques et écologiques](#) ». Cet appel, initié par *The Shift Project*, a été signé par près de 10 000 citoyens au total et plus de 150 directions d'établissement, permettant de **faire émerger un nécessaire consensus autour de la nécessité de former l'ensemble des étudiants à ces enjeux**, un point de vue loin d'être acquis quelques mois auparavant.

## 5. Les enseignants s'emparent de la question

Suite à ce rapport de mars 2019, de nombreux enseignants contactent le *Shift*, en expliquant avoir bien entendu le message exprimé, y reconnaître leur situation, et souhaiter se mobiliser. Leurs difficultés : ils manquent de temps, de moyens financiers et de reconnaissance de leur activité d'enseignement en tant qu'enseignant-chercheur. Par ailleurs, ils ne se sentent pas assez compétents sur les enjeux écologiques, souhaiteraient se former, et se sentent souvent isolés et peu soutenus dans leurs démarches.

Pour répondre à ces difficultés, le *Shift* et les *Shifters*, le large réseau des bénévoles du *Shift*, décident de se lancer dans l'élaboration d'une plateforme pédagogique collaborative ([enseignerledimat.org](http://enseignerledimat.org)) visant à permettre le partage d'expérience et de ressources entre enseignants. Celle-ci doit voir le jour au premier semestre 2021.

Des associations et collectifs d'enseignants se constituent pour favoriser les échanges de bonnes pratiques, et porter leurs messages : [Profs en transition](#)<sup>8</sup>, [Enseignants pour la planète](#)<sup>9</sup>. Récemment, c'est l'association « [Enseignants de la transition](#) » qui s'est formée, et qui concerne davantage l'enseignement supérieur.

## B. Les institutions entendent le message, mais peinent à le traduire en action

### 1. À l'assemblée, on comprend l'enjeu d'agir

Les médias relaient massivement ces appels inédits, et **le message semble être entendu par nos institutions** puisque le 25 septembre 2019, une [proposition de loi](#) « relative à la généralisation de l'enseignement des enjeux liés à la préservation de l'environnement et de la diversité biologique et aux changements climatiques dans le cadre des limites planétaires »<sup>10</sup> est déposée par trois députés (Delphine Batho, Mathieu Orphelin, Cédric Villani), et soutenue par 80 députés de tous les partis politiques.

**Cette proposition ne sera pas votée, mais se trouve soutenue par de nombreuses associations d'étudiants et de jeunes** (et même quelques syndicats) qui lui organisent un événement de soutien intitulé « *Make our lessons green again* »<sup>11</sup>, le 19 décembre 2019 à l'ENS Ulm. Ils souhaitent pousser le gouvernement à s'emparer de l'enjeu.

Les événements qui ont suivi (la grève puis la crise sanitaire) ont eu tôt fait de balayer ce sujet du calendrier parlementaire.

### 2. Au gouvernement, des difficultés pour passer de la parole aux actes

<sup>8</sup> <https://profsenttransition.com/>

<sup>9</sup> <https://enseignantspourlaplanete.com/>

<sup>10</sup> Proposition de loi relative à la généralisation de l'enseignement des enjeux liés à la préservation de l'environnement et de la diversité biologique et aux changements climatiques dans le cadre des limites planétaires. Sur [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/I15b2263\\_proposition-loi](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/I15b2263_proposition-loi) (consulté le 15/01/2021).

<sup>11</sup> « Pour une intégration des enjeux environnementaux dans l'enseignement », La Terre au Carré, France Inter, 18/12/2019. Sur <https://www.franceinter.fr/emissions/la-terre-au-carre/la-terre-au-carre-18-decembre-2019> (consulté le 15/01/2021).

Si cette proposition de loi n'aboutit pas, le message semble avoir touché la ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. En effet, **en février 2020, Frédérique Vidal confie la création d'un groupe de travail visant à réfléchir à la manière d'enseigner les enjeux de transition écologique dans le supérieur au climatologue Jean Jouzel**<sup>12</sup>. Dans [la lettre de mission](#) qui lui est adressée, Madame la Ministre s'exprime ainsi :

« Nous partageons, je le sais, la conviction que ces transformations que notre société devra inévitablement mettre en œuvre reposent sur un engagement collectif fort, qui s'appuiera lui-même sur une compréhension réelle des changements à l'œuvre [...]

« [Ce] groupe de travail aura pour objectif d'examiner la question de la sensibilisation et de la formation de l'ensemble des étudiants de notre système d'enseignement supérieur aux grands enjeux de la transition écologique ».

La ministre s'est par ailleurs dotée en août 2020 d'un conseiller à l'engagement écologique.

Après des mois de travail, le groupe de travail, auquel participe *The Shift Project* et qui rassemble de nombreux représentants de l'enseignement supérieur (CPU, CGE, CDEFI, REFEDD, FAGE, UNEF, Collectif pour un Réveil écologique, Campus de la Transition...), a remis une première note à la Ministre, qui devait y réagir rapidement et prolonger les travaux. **À date, aucune réponse n'a été apportée par le ministère**, malgré des relances et promesses répétées.

Entre temps, **la très controversée loi de programmation de la recherche (LPR)**<sup>13</sup> est parue en décembre 2020, sans apporter de changement allant dans le sens des propositions de cette note, à part en introduisant dans le code de l'éducation le fait que l'enseignement supérieur doit désormais contribuer à « la sensibilisation et la formation aux enjeux de la transition écologique et du développement durable » (code de l'éducation, article 123-2).

### 3. Réforme du secondaire

Même si l'éducation à l'environnement est présente au primaire et au secondaire depuis de nombreuses années, ces sujets n'y sont que marginalement enseignés et la manière de les aborder reste très limitée.

Les enseignants (et citoyens) engagés nourrissent donc un certain espoir que la réforme de l'enseignement dans le secondaire vienne apporter davantage de temps consacré aux enjeux liés aux limites physiques de la planète.

En effet, le ministre de l'Éducation nationale et de la Jeunesse lui-même avait déclaré souhaiter « [...] proposer des enseignements plus explicites, plus précis et plus complets sur ces questions »<sup>14</sup>. C'est en ce sens qu'il a saisi le Conseil supérieur des programmes (CSP) le 20 juin dernier en lui demandant d'identifier et de renforcer « les éléments ayant trait au changement climatique, au développement durable et à la biodiversité dans les programmes d'enseignement ».

Pourtant, si l'on voit effectivement le nouveau cours d'« enseignement scientifique » de première générale et de terminale générale aborder de nombreux enjeux relatifs au climat et à l'énergie<sup>15</sup>, on peut regretter que le sujet n'ait pas été introduit dans les autres cours (histoire, géographie, philosophie...). D'une part parce que l'enseignement scientifique ne concerne que 2h/semaine en série générale, et surtout, l'occasion est manquée de présenter ces enjeux dans toute leur dimension interdisciplinaire, d'autant plus que, dans l'immense majorité des

<sup>12</sup> Lettre de mission de la ministre de l'Enseignement supérieur à Jean Jouzel, 03/02/2020. Sur [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/04/20-02-03 lettre\\_de\\_mission-Vidal-MESRI-%C3%A0-Jouzel-002.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/04/20-02-03 lettre_de_mission-Vidal-MESRI-%C3%A0-Jouzel-002.pdf) (consulté le 15/01/2021).

<sup>13</sup> LOI n° 2020-1674 du 24 décembre 2020 de programmation de la recherche pour les années 2021 à 2030 et portant diverses dispositions relatives à la recherche et à l'enseignement supérieur. Sur <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042738027> (consulté le 15/01/2021).

<sup>14</sup> « Renforcement des enseignements relatifs au changement climatique, à la biodiversité et au développement durable dans les programmes de la scolarité obligatoire ». Sur <https://www.education.gouv.fr/renforcement-des-enseignements-relatifs-au-changement-climatique-la-biodiversite-et-au-developpement-5489> (consulté le 15/01/2021).

<sup>15</sup> Programmes et ressources en enseignement scientifique - voie GT – Eduscol, <https://eduscol.education.fr/1750/programmes-et-ressources-en-enseignement-scientifique-voie-gt>

établissements, seuls les enseignants de Sciences Physiques et Chimie et de Sciences de la Vie et de la Terre en sont chargés.

## C. Pourquoi les ingénieurs ? Pourquoi le Groupe INSA ?

### 1. Les ingénieurs, le problème qui peut devenir la solution

**Les ingénieurs ont la particularité d'avoir un métier qui implique** la transformation de la matière, donc celle de notre environnement, en extrayant des ressources, en produisant des déchets et en consommant de l'énergie dans le processus. On ne peut pas le leur reprocher, mais leur activité est, plus directement que toute autre, source du problème, même s'ils ne sont que rarement les décideurs des projets menés. Cependant, **c'est aussi aux ingénieurs que l'on demande aujourd'hui d'être à la pointe de l'innovation technologique et de trouver des solutions à ces « problèmes » que l'on identifie** (réparer des problèmes qu'ils ont eux-mêmes participé à créer). L'ennui est que le « problème » a été peu à peu dénaturé : alors qu'on leur demandait il y a un à deux siècles de concevoir des machines permettant de nous faciliter la vie, on leur demande désormais souvent de concevoir des objets dont l'utilité n'est pas clairement établie (des frigos connectés, des écouteurs sans fil...). **Ces ingénieurs sont d'ailleurs, et ils le disent<sup>16</sup>, en crise dans leur recherche de sens.**

Par ailleurs, les impératifs liés à la transition énergétique et climatique, à la fois leurs impacts directs (risques physiques), et les moyens qui sont mis pour nous y préparer (risques associés à la transition), vont obliger les entreprises à relever ces défis. Et **le moment venu, cela requerra des compétences...** qui sont pour l'instant très rares. Cela pose la question de l'écart entre le temps du monde économique (qui peut être court si une nouvelle réglementation est imposée soudainement), et celui de l'enseignement supérieur, long (il s'écoule au moins 5 ans entre l'entrée d'un bachelier à l'école et sa sortie).

**Les entreprises qui recrutent ces ingénieurs (et cela est valable également pour d'autres filières) tardent à se préoccuper de ces compétences.** Au fil des innovations technologiques, et des compétences attendues par les entreprises en la matière, la filière ingénieur peut pourtant évoluer rapidement. Par exemple, les entreprises appellent désormais avec force les écoles d'ingénieur à inscrire le numérique au cœur de leurs formations. Si le numérique est un enjeu bien identifié par les entreprises, c'est parce que il représente un intérêt à très court terme et confère un avantage concurrentiel fort. **Les enjeux climat-énergie relèvent de considérations de long terme, et sont pour cette raison encore trop peu identifiés par les entreprises, malgré le fait que leur modèle d'affaires en sera probablement menacé à court ou moyen terme<sup>17</sup>.** Les incitations manquent pour compenser ce différentiel et, en conséquence, les établissements ne donnent pas aux enjeux climat-énergie la place qu'ils méritent dans leurs formations.

Pour amorcer au plus vite cette transformation, il est possible d'interroger la place importante tenue par les entreprises et celle, quasiment inexistante, donnée à la société civile dans les instances de gouvernance des formations.

### 2. Le Groupe INSA, une ambition : former sans attendre l'ingénieur de demain

Les 14 établissements composant le Groupe INSA ont tous leurs spécificités, que ce soit en termes de structure ou d'offre de formation. Dispersés dans 12 villes différentes en France (et au Maroc pour l'un d'eux), certains accueillent plusieurs milliers d'étudiants et d'autres quelques centaines, pour un total de 17 000 étudiants. L'offre de formation est également hétérogène puisque certains établissements proposent une unique filière et que d'autres en proposent jusqu'à 9. Ensemble, les 14 établissements couvrent une grande diversité des filières de

<sup>16</sup> Le Monde, « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat, avril 2021. Sur [https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/04/16/une-perde-de-sens-totale-le-blues-des-jeunes-ingenieurs-face-au-climat\\_5450927\\_4401467.html](https://www.lemonde.fr/campus/article/2019/04/16/une-perde-de-sens-totale-le-blues-des-jeunes-ingenieurs-face-au-climat_5450927_4401467.html) (consulté le 15/01/2021).

<sup>17</sup> Rapport « Analyse du risque « climat » : une étude du Shift Project, en partenariat avec l'Afep », The Shift Project, février 2018. Sur <https://theshiftproject.org/article/analyse-du-risque-climat-une-etude-du-shift-project-en-partenariat-avec-lafep/> (consulté le 20/01/2021).



l'ingénieur, certaines quasiment systématiquement présentes (mécanique, informatique) et d'autres spécifiques à un seul établissement (informatique pour la santé, topographie...).

Une spécificité des établissements du Groupe INSA est qu'il s'agit, pour la plupart, de formations en 5 ans. Contrairement aux écoles dites « post-prépa », ces établissements accueillent une grande partie de leurs étudiants dès la sortie du baccalauréat. Le fait que la formation se déroule sur 5 ans constitue un fort potentiel, car les écoles peuvent alors s'appliquer à transmettre dès la sortie du lycée leur vision de l'ingénieur.

### a. La démarche du Groupe INSA : une ambition

Le Groupe INSA a fait le choix de ne pas attendre davantage. Cette démarche est le fruit d'une conjonction vertueuse entre des directions (et une présidence du Groupe) engagées et courageuses, des équipes pédagogiques mobilisées et parfois expérimentées, et des étudiants intéressés et enthousiastes.

Le Groupe INSA a décidé en 2019 de lancer une démarche collective, rassemblant tous ses établissements volontaires (une école a choisi de ne pas participer en raison de moyens trop limités). C'est le degré d'ambition du projet et la sincérité de la démarche qui ont convaincu *The Shift Project* de conclure ce partenariat, de même que la volonté du Groupe INSA de travailler de manière ouverte et collaborative avec toutes les parties prenantes intéressées. Le projet a mis presque 1 an à se concrétiser, en raison notamment des défis auxquels ont été confrontés les établissements du supérieur en cette année 2020 avec la crise sanitaire.

Pour le *Shift*, cette expérience représentait un cas d'étude idoine pour montrer ce qui peut être accompli lorsqu'un établissement (en l'occurrence, un groupe d'établissements) prend la décision de s'emparer de l'enjeu, et y met des moyens.

### b. L'objectif de ce projet

Le *Shift* souhaite aider le Groupe INSA à se constituer comme exemple de la manière dont un groupement d'établissements peut intégrer ces problématiques sur l'ensemble du parcours de formation (5 ans), en collaboration avec le corps enseignant et dans une démarche d'ouverture aux bonnes pratiques extérieures. Le tout en s'attachant à préserver la rigueur scientifique du travail réalisé.

Le but de la démarche est triple :

- **Former des ingénieurs conscients**, capables de comprendre et d'analyser la complexité croissante du monde dans lequel ils évoluent professionnellement, et de jouer leur rôle dans la transition socio-écologique ;
- **Répondre à la demande de sens grandissante** des étudiants tant dans leur formation que dans leur future carrière professionnelle ;
- **Répondre aux besoins de compétences actuels et à venir des organisations** pour opérer efficacement leur propre transition énergétique et écologique.

Le rôle du *Shift* dans ce projet est d'apporter son expertise, son réseau et la garantie de la rigueur scientifique du contenu. Par ailleurs, le *Shift* ayant le statut d'association d'intérêt général, ce travail dans son ensemble est réalisé en toute transparence, ouverture et concertation : toutes les productions sont publiques et réutilisables par d'autres, et tous les acteurs qui le souhaitent peuvent prendre part à la démarche.

Sa qualité d'acteur extérieur et la nature du partenariat avec le Groupe INSA permettent également d'apporter un œil neuf et de garantir l'indépendance des propositions faites.

Ce projet vise uniquement la transformation des enseignements. Il n'a pas pour objet d'intervenir sur la recherche ou sur le campus et les pratiques. Bien sûr, ces éléments sont également importants, et il est nécessaire d'inscrire l'évolution des enseignements dans une stratégie d'ensemble qui intègre ces réflexions.

# Démarche : quelle est la vocation de ce projet ?

## A. Le climat, problématique prioritaire pour le *Shift*

### 1. Un défi complexe remettant en question le fonctionnement de toute la société

#### a. L'énergie, principale clef de la problématique climatique

Les enjeux du changement climatique et de son impact sur la société n'ont jamais été aussi prégnants. Les différents records de température enregistrés ces dernières années et leurs conséquences déjà observables, telles que le recul historique des glaciers, la fonte de la calotte polaire arctique, la multiplication des incendies jusqu'en Europe ou l'élévation du niveau de la mer sont autant de signaux qui annoncent des changements de notre environnement périlleux pour l'humanité.

**Il existe aujourd'hui un consensus général sur la cause de ces bouleversements.** Les émissions de quantités croissantes de « gaz à effet de serre » (GES) et l'accroissement de leur concentration dans l'atmosphère alimentent le réchauffement climatique dans des proportions alarmantes.

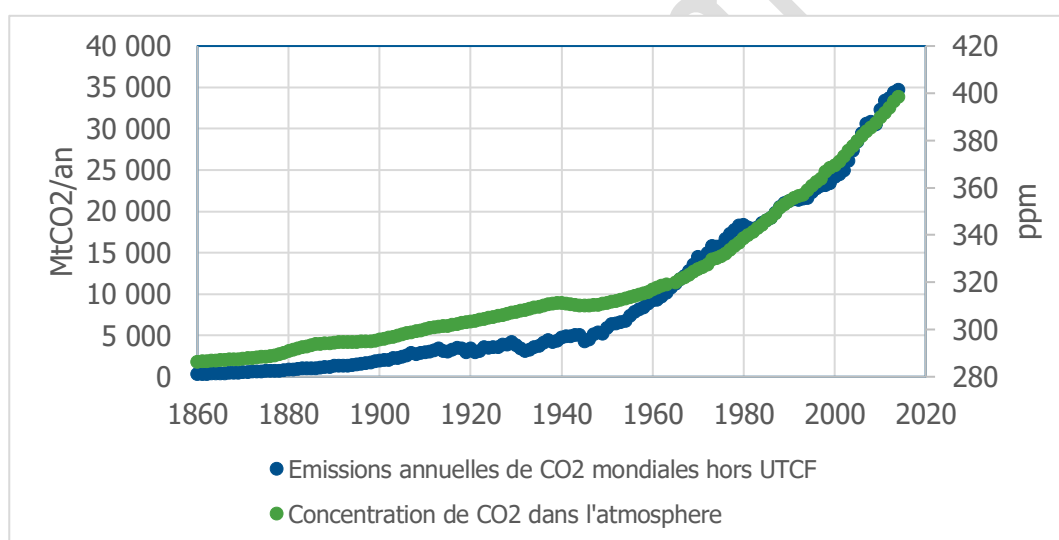


Figure 3 : Évolution du CO<sub>2</sub> atmosphérique hors UTCF (Utilisation des terres, leurs changements et la forêt) depuis 1850 jusqu'à aujourd'hui  
Source : WRI-CAIT et NASA

Les conséquences de ce phénomène physique sont connues depuis longtemps déjà : au-delà des découvertes de Svante August Arrhenius datant de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, elles suscitent déjà de véritables inquiétudes scientifiques dès 1953<sup>18</sup>, de larges préoccupations collectives depuis la fin des années 1960<sup>19</sup>, et des quasi-certitudes depuis le sommet de Rio en 1992. Jean-Baptiste Fressoz et Fabien Locher remontent même jusqu'au XV<sup>e</sup> siècle, où les préoccupations climatiques étaient au cœur de la gestion des territoires colonisés<sup>20</sup>.

**Le caractère anthropique des émissions de GES, qui ont atteint en 2017 près de 45 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>eq, ne fait plus débat.** Il est principalement lié à l'usage que nous faisons des énergies fossiles (35 GtCO<sub>2</sub>eq en 2013). L'énergie a été et demeure un facteur essentiel de développement des sociétés. Dès qu'une transformation intervient, de l'énergie entre en jeu, et la quantité d'énergie mobilisée caractérise le degré de cette

<sup>18</sup> Palmer Cosslett Putnam, "Energy in the future", Van Nostrand, 1953

<sup>19</sup> Lynn White, Jr., "The Historical Roots of Our Ecologic Crisis", *Science*, 1967

<sup>20</sup> Jean-Baptiste Fressoz & Fabien Locher, « Les révoltes du ciel : une histoire du changement climatique XV<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle », Seuil, 2020

transformation. Rien ne peut donc être produit ou être transformé sans que de l'énergie intervienne dans le processus. C'est entre autres le cas des changements de température, de forme, de vitesse ou de composition chimique. En première approximation, une société humaine peut être considérée comme un système qui extrait, transforme et déplace des ressources minérales ou biologiques puisées dans l'environnement, y rejette des déchets, afin de produire des biens et des services. L'intérêt ou l'utilité supposés de ces biens et services sont relatifs aux lieux, aux époques et aux catégories socio-professionnelles.

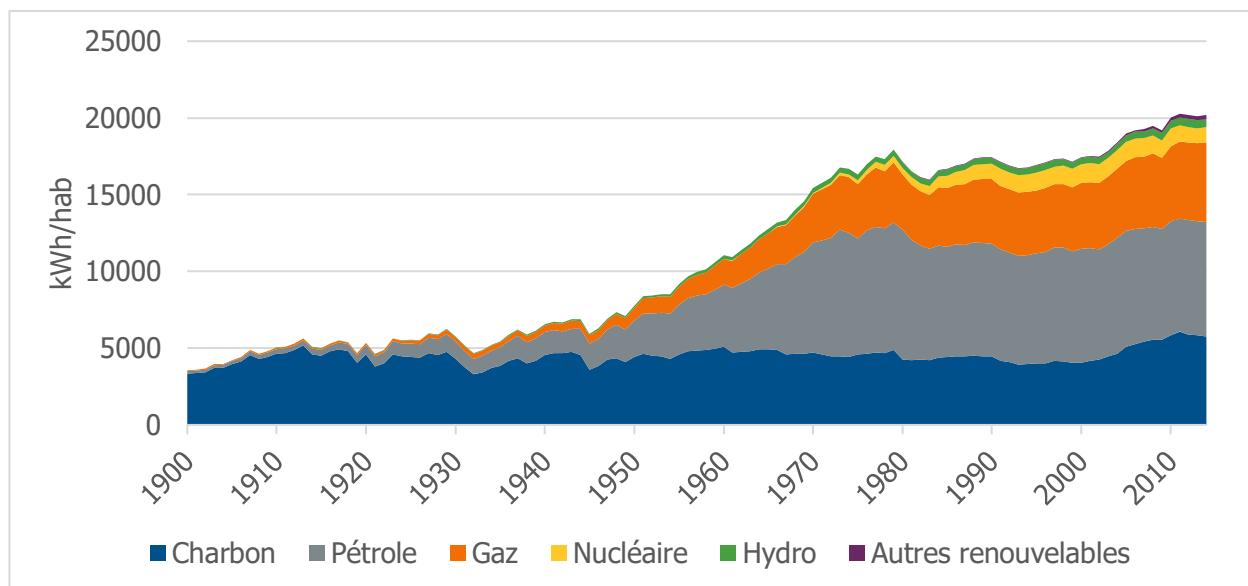


Figure 4 : Production d'énergie primaire par habitant dans le monde  
Source : TSP data portal et UN statistics division

La découverte puis l'usage croissant d'énergie primaire – *via* des convertisseurs capables de la transformer en énergie mécanique (machine à vapeur, moteur à combustion interne, turbines...) – et à la suite l'augmentation de tous les flux physiques qui sous-tendent l'activité productive, ont joué un rôle de premier ordre dans l'expansion économique, sociale et démographique des sociétés humaines, ainsi que dans l'accroissement de la productivité du travail telle qu'on la mesure classiquement.

Cette expansion a débuté au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle en Angleterre avec l'utilisation du charbon comme source d'énergie (première « révolution industrielle »). Elle s'est poursuivie avec la découverte des hydrocarbures à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Les caractéristiques physiques (capacité calorifique en particulier), l'accessibilité, l'abondance et par conséquent le faible prix relatif de ces sources d'énergie, expliquent largement leur diffusion à grande échelle dans tous les secteurs de l'économie. La consommation d'énergie augmente très significativement à partir de la fin des années 1940 avec l'exploitation complémentaire du pétrole et du gaz naturel. En 2015, sur 13 150 Mtep d'énergie primaire consommée dans le monde, 32 % provenaient de la combustion du pétrole, 23 % du gaz et 30 % du charbon : les combustibles carbonés, fossiles et tarissables fournissent encore aujourd'hui 80 % de l'énergie mondiale.

**Depuis près de 200 ans, nos sociétés ont connu un développement sans précédent grâce à l'abondance énergétique.** L'activité industrielle (la métallurgie, la cimenterie et la chimie essentiellement, ou plus récemment le numérique), l'aménagement du territoire, le commerce avec le raccourcissement des distances et du temps, l'augmentation des rendements agricoles, mais aussi les avancées sociales (progrès sanitaire, éducation, sécurité...), et l'accélération générale de toutes les activités sont les conséquences d'une abondance énergétique inédite, essentiellement d'origine fossile. À titre d'exemple, l'indice de développement humain (IDH) croît avec la consommation d'énergie par habitant jusqu'à une certaine limite. A partir d'un certain seuil, on constate une stagnation de l'IDH malgré l'augmentation du PIB.

**Réduire massivement les émissions mondiales de GES pour contenir le réchauffement climatique implique de diminuer en proportion la consommation d'énergie d'origine fossile.**

**La problématique climatique revêt par conséquent une complexité systémique et multi-sectorielle particulière**, parce qu'elle est intimement liée à l'usage de sources d'énergies fossiles grâce auxquelles les sociétés modernes se sont développées. À cause de leur omniprésence, il sera très difficile de se « sevrer » de ces énergies : il faudra pour réussir mobiliser toute l'intelligence humaine.

**Ce besoin d'intelligence humaine pour traiter la complexité du sujet « climat » justifie la nécessité de sa prise en compte dans l'enseignement supérieur.**

## b. Des risques systémiques dans un cadre temporel bien arrêté

La poursuite des tendances en matière d'émissions de GES présente des risques significatifs qui conduiront à des dommages croissants et irréversibles pour la planète, ses habitants et nos sociétés. Par ailleurs, les mécanismes d'absorption naturels (forêts et océans) ou artificiels (capture et stockage du carbone) ne semblent pas offrir de perspectives de compensation suffisantes.

**Les perturbations d'ordre physique** induites par le changement climatique, par exemple la montée du niveau de la mer, l'accroissement de la fréquence et de l'intensité de certains événements météorologiques extrêmes ou encore l'altération locale des ressources hydriques entraîneront de profonds bouleversements économiques, politiques et sociaux. La matérialité et la prise de conscience de ce risque suscitent des travaux de plus en plus nombreux (GIEC, *Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*, Fonds Monétaire International, etc.) tant sur les impacts de ce réchauffement que sur l'adaptation et la résilience des organisations et des institutions (États, entreprises etc.).

La limitation des changements climatiques et l'adaptation à ces derniers impliquent de **lourdes transformations de nos économies**, notamment la mutation de nos modes de production et de consommation de l'énergie, afin de les rendre fonctionnelles dans un monde « bas carbone ». L'intensité et la brutalité de ces transformations dépendront de la rapidité de mise en œuvre du changement. A ce titre, la résilience adaptative est une thématique qui gagne en importance pour les Etats et les entreprises.

La mobilisation progressive résultant de la volonté d'atténuer et de s'adapter à ces changements a abouti à la signature de l'Accord de Paris en décembre 2015. Dans le cadre de cet Accord, les pays signataires se sont engagés à agir afin de contenir l'élévation de la température moyenne. Ces engagements ne permettront cependant pas de maintenir cette élévation en dessous de 2°C, et encore moins en dessous de 1,5°C. La fixation d'une telle limite entraîne des conséquences sociétales majeures.

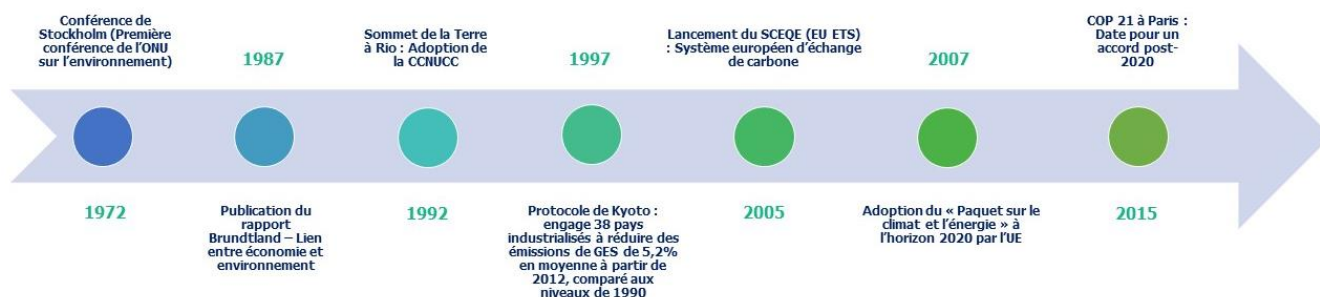


Figure 5 : Principaux événements de la lutte contre le changement climatique

Selon le GIEC, reconnaître une limite maximum d'accroissement de la température implique, par construction, l'allocation d'un « budget carbone », c'est-à-dire la limitation du total des émissions futures de GES. Ce « budget carbone » planétaire inscrit dès lors toute action à mener dans un **cadre temporel bien particulier, limité à notre demi-siècle**. Le rythme auquel ces réductions d'émissions de GES doivent être réalisées est très rapide, et dépend du moment à partir duquel les actions sont entreprises. Pour respecter l'objectif 2°C ambitionné par l'Accord de Paris, nous disposons d'un budget carbone d'environ 800 Gt CO<sub>2</sub>, ce qui implique d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2100. Dans cette perspective, en entamant cette réduction en 2025, à effort constant (proportion de réduction identique d'année en année) une réduction d'émissions de 10 % devra être observée chaque année,

opérée grâce à la transition vers des énergies bas-carbone, le développement du captage et stockage du dioxyde de carbone et une baisse de nos besoins énergétiques (efficacité énergétique et sobriété)<sup>21</sup>.

Du reste, compte tenu de l'effet d'inertie du climat, et de la rémanence dans l'atmosphère du surplus de CO<sub>2</sub> une fois émis, il est important de noter que les émissions de GES passées induiront de toute façon un dérèglement climatique futur, quelle que soit l'ampleur des politiques de réduction mises en place aujourd'hui.

Autrement dit, **nos sociétés subiront les changements climatiques, et feront face aux effets induits, même si l'élévation de la température en 2100 demeure contenue à 2°C.**

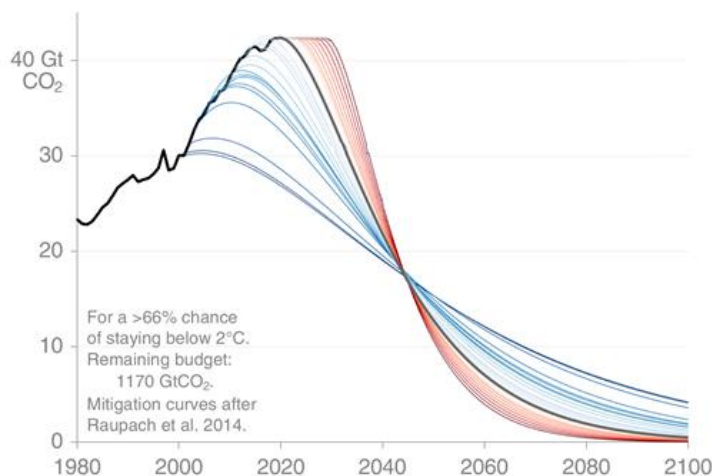


Figure 6 : Trajectoires d'émissions compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C

Source : The Shift Project, 2020

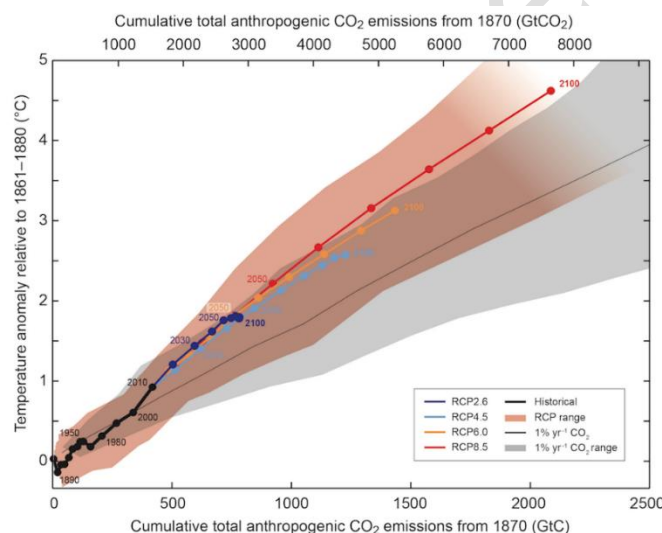


Figure 7 : Trajectoires d'émissions compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C

Source : IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Vth

Les politiques publiques déployées pour contenir les émissions peuvent conduire à maintenir sous terre certaines réserves d'hydrocarbures, dont l'exploitation (et les émissions de GES associées) entraînerait une déviation par rapport à l'objectif des 2°C. Les pentes de réduction des émissions visibles sur la figure 7 montrent l'importance d'agir au plus vite et font douter de la possibilité réelle d'engager cet infléchissement sans précédent.

## 2. Dynamiques autour des politiques climatiques

Un faisceau d'éléments convergents témoigne d'une accélération de la mobilisation politique et économique, nationale et internationale, au sujet de l'urgence climatique.

Depuis la COP21 et le consensus autour d'un « budget carbone » global, on observe un **foisonnement d'initiatives en provenance d'acteurs publics et privés, ainsi que de la société civile** (les initiatives de plusieurs villes du monde, ou encore l'encyclique *Laudato si* du pape François, figurent parmi les exemples significatifs). Par ailleurs, le GIEC, créé en 1988 et désormais connu et reconnu mondialement, a gagné en importance et en légitimité, et ses conclusions sont largement médiatisées.

Ces dernières années ont vu l'émergence d'une dynamique politique et économique pour faire face à l'urgence climatique. Cependant, le retrait de l'Accord de Paris des États-Unis d'Amérique (deuxième producteur et consommateur d'hydrocarbures et deuxième émetteur de GES dans le monde) sous la présidence Trump, puis la volonté de réintégration de son successeur Biden, montre la fragilité de ce type d'accord.

<sup>21</sup> « Note d'analyse : Les INDC et le budget carbone, Simulation de trajectoires d'émissions compatibles avec le budget carbone +2°C », The Shift Project, 2017. Disponible à [cette adresse](#) (consulté le 21/01/2021)

Singulière par son mix de production d'électricité bas carbone résultant de choix historiques, **la France a accentué cette singularité avec la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte** (LTECV) du 17 août 2015<sup>22</sup>, et l'affirmation plus récente de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050. S'inscrivant dans la dynamique du Grenelle de l'environnement (2009), cette législation en pointe et, sous certains aspects, unique dans le monde à ce jour, se veut ambitieuse dans son application.

## B. Amorcer l'intégration des enjeux socio-écologiques dans les formations du supérieur

### 1. Pourquoi parler d'enjeux de la transition « socio-écologique » ?

L'objet d'étude du *Shift Project* est avant tout la double contrainte carbone<sup>23</sup>, qui lie les enjeux énergie-climat. La nécessité d'élargir cet objet d'étude dans le cadre des formations d'ingénieur s'est imposée dès les premières semaines de travail. Ainsi, l'équipe du projet a choisi **la notion d'enjeux « socio-écologiques » qui désigne à la fois les contraintes, les moyens et les objectifs qui se rapportent aux problématiques physiques (climat, énergie, ressources, etc.) et aux problématiques sociales afférentes (inégalités, risques et conséquences des techniques, etc.)**.

Ce choix est le résultat de longues discussions et débats au sein de l'équipe projet et s'explique d'abord par **la pluralité des termes utilisés pour désigner ce qui se rapporte aux enjeux socio-écologiques ainsi que leur polysémie : l'équipe projet a tranché pour adopter une terminologie unique**. Plusieurs notions existent aujourd'hui et se font concurrence. Elles possèdent toutes des approches différentes, se complètent et trouvent leur pertinence dans des contextes différents.

Il y a d'abord celles qui sont formulées en direction des « solutions ». Celle de « développement durable » est sans doute la plus connue, et parmi les nombreuses définitions qu'en donnait le rapport Brundtland (1987), la plus citée fût la première phrase de celle-ci : « **Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs** ». Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. En fait, il y avait plus de 20 définitions différentes données dans ce rapport, ce qui a engendré des interprétations différentes de la notion. Mais la critique la plus récurrente du « développement durable » consiste à pointer l'incompatibilité des notions de « développement » et de « durabilité », en bref, l'oxymore de la formule. On peut aussi interroger la pertinence de la notion de « développement » dans des pays considérés comme déjà « développés ». On trouve également beaucoup de références aux **Objectifs de Développement Durable (ODD)** de l'Organisation des Nations Unies (ONU), qui les définit selon la formule suivante : « Les objectifs de développement durable nous donnent la marche à suivre pour parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous. ». Résultat de négociations entre des diplomates (et une participation partielle d'experts), ils ont eux aussi leurs limites. Pour en citer quelques-unes : leur sélection et nomination sont arbitraires (2 ODD sur la biodiversité et un seul sur le climat par exemple), il est difficile de distinguer ceux qui relèvent des fins et des moyens (il paraît étrange de confondre la santé et l'industrie comme deux « objectifs » d'importance égale, par exemple), il y a de potentielles contradictions entre certains ODD (entre l'objectif de croissance et celui de consommation d'énergie durable par exemple) et enfin, l'absence de hiérarchie entre les ODD peut réduire leur portée en pratique (les organisations, et notamment les entreprises, ont tendance à considérer les ODD comme « équivalents et substituables entre eux » au lieu de les voir comme « tous essentiels »).

Ensuite, il y a les notions formulées en direction des causes. On peut penser aux termes de Responsabilité sociale des entreprises (RSE) ou des individus (RSI) qui ne comprennent pas tout le périmètre qu'essaie de traiter *The*

<sup>22</sup> LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, JORF n°0189 du 18 août 2015 page 14263 texte n° 1

<sup>23</sup> La notion de « double contrainte carbone » vise à mettre en évidence à la fois le problème amont relatif aux tensions sur l'approvisionnement en énergies fossiles dont dépendent nos économies, et le problème aval qui concerne les émissions de gaz à effet de serre qui découlent de leur consommation et dérèglent le climat.

*Shift Project*. Ou encore, des **notions d' « Anthropocène » (l' « Ère de l'humain »)**<sup>24</sup> et de toutes les terminaisons en « -cène »<sup>25</sup>, qui tentent de mettre en évidence les responsables de la nouvelle Ère géologique, qui succède à l'Holocène. Sous sa première forme (« Anthropocène »), il désigne l'humanité comme facteur de changement géologique principal. Or, l'humanité tout entière est-elle responsable ? Aux yeux du droit international, ce n'est pas le cas. Il définit en effet le principe des « responsabilités communes mais différenciées » (PRCD), un principe juridique du droit international de l'environnement. C'est dans la recherche d'une cause unique et homogène que ces termes, de par leur formulation, trouvent leurs limites.

L'utilisation du terme « systémique » s'est intensifiée ces derniers mois dans les cercles écologistes ingénieurs (en particulier), sans pour autant que sa signification soit évidente. Pour résumer, ce mot peut généralement désigner deux choses. D'abord, il se réfère, dans un sens technique, à l'étude des systèmes complexes et désigne alors un ensemble d'outils permettant l'analyse d'un tel système. On parle alors d' « analyse systémique »<sup>26</sup>. Le terme « systémique » désigne aussi l' « **approche systémique** ». La définition proposée par Arlette Yatchinovsky reflète bien le sens donné à cette approche dans le présent rapport : « **La logique systémique associe, rassemble, considère les éléments dans leur ensemble les uns vis-à-vis des autres et dans leur rapport à l'ensemble** »<sup>27</sup>. Cette « approche systémique » appliquée au système-Terre permet d'en percevoir la taille finie, et par extension les limites physiques qui fondent la notion d'Anthropocène.

Enfin, à l'image du « [Plan de transformation de l'économie française](#) » (PTEF) sur lequel travaille *The Shift Project* en ce moment même, l'équipe de ce projet aurait pu choisir le mot « **transformation** » à la place du mot « **transition** ». Ce dernier semble plus consensuel mais l'utilisation de l'un ou l'autre a varié en fonction du contexte dans lequel il était utilisé.

Les institutions françaises changent régulièrement de terminologie. Le dernier gouvernement a adopté le terme de « **transition écologique et sociale** » pour ensuite supprimer le « et sociale » pour son ministère dédié. La légitimité apportée par ce biais a fait que de nombreuses organisations ont repris ces termes ces dernières années. L'ambiguïté de cette dénomination réside dans l'incertitude sur l'inclusion ou non des considérations sociales et sociétales dans son objet. L'équipe projet a souhaité lever le doute sur le périmètre considéré en ajoutant cette dimension sociale fondamentale, désignée par le préfixe « socio- ».

Au-delà de définir les termes utilisés dans ce rapport, **s'interroger sur la place et l'importance des mots est une invitation, pour tous les acteurs de l'enseignement, à échanger et construire collectivement un discours cohérent**. La question de la sémantique peut être la base d'une discussion entre les acteurs d'un même établissement, d'un même réseau d'établissements ou à l'échelle nationale, pour partager des visions, les mettre en débat et construire un projet de société commun.

## 2. Que veut dire enseigner ces enjeux ?

« **Un problème bien posé est déjà à moitié résolu** », rappelle bien souvent la communauté scientifique. Cet adage est aussi cher aux ingénieurs. Dans le cas des enjeux socio-écologiques cela signifie deux choses. D'une part, ce qu'il convient de distinguer, c'est un énoncé scientifique et une opinion. C'est aussi distinguer ce qui relève d'une connaissance stabilisée (consensus) et d'une controverse (la science « en train de se faire »). En d'autres termes, c'est **être capable d'analyser la véracité d'un énoncé scientifique** (source, contexte, date, etc.) et cela passe souvent par une analyse en ordres de grandeur lorsqu'il s'agit d'une information quantifiable. D'autre part, cela implique avant tout de **distinguer les causes des conséquences, ce qui n'est pas évident voire peu pertinent dans des situations ou des systèmes complexes**. La confusion entre les deux mène à une impasse car elle laisse penser que la maladie (la cause) a disparu alors que seul le symptôme (la conséquence) a été traité. Il ne s'agit pas non plus de croire qu'une accumulation de faits constitue un énoncé juste. Pour le rappeler dans les termes de Poincaré : « On fait la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres : mais

<sup>24</sup> C. Bonneuil & J-B. Fressoz, « L'évènement Anthropocène », Seuil, 2013

<sup>25</sup> « Capitalocène » (l' « Ère du capital »), de « Thanatocène » (l' « Ère de la guerre »), de « Phagocène » (l' « Ère de la consommation »), etc. On trouve même la notion d' « Anglocène » (l' « Ère des anglosaxons ») qui va jusqu'à identifier les anglais comme responsables de la situation sous prétexte d'avoir vécu la première « révolution industrielle » (Malcolm Ferdinand, « L'Écologie décoloniale », Seuil, 2019, p. 83). Ce dernier terme était bien entendu hors du débat, mais illustre la pluralité des termes existants pour désigner l'Ère dans laquelle nous sommes entrés.

<sup>26</sup> Nicolas Raillard, Audition « Scénarios énergétiques », *The Shift Project*, 17 novembre 2020. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 21/01/2021)

<sup>27</sup> Arlette Yatchinovsky, « L'approche systémique », esf sciences humaines, septembre 2018

une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison » (il convient d'ajouter que la définition de ce qu'est une maison varie).

Une fois la problématique posée, les problèmes qu'elle recouvre et leurs solutions apparaissent plus clairement. Ainsi, dans le cas du changement climatique par exemple, réduire drastiquement les émissions de GES des transports et des bâtiments s'envisage comme une solution plus pertinente et efficace que le tri des déchets. Cela permet également de distinguer les différents types de problèmes (pollution de l'air et émissions de GES par exemple). Cette façon de procéder ne veut pas dire qu'il n'y a pas débat sur la déclinaison des solutions, qui peuvent mobiliser d'autres enjeux (énergies renouvelables et nucléaire, voiture électrique et vélo, etc.), mais permet un débat éclairé sur la base d'une situation factuelle. Finalement, c'est la compréhension fine des causes d'un problème qui représente la majeure partie du travail et permet de proposer des solutions réellement adaptées afin de le traiter en profondeur.

Intégrer les enjeux socio-écologiques dans nos formations, nos métiers et nos vies, c'est d'abord admettre que le changement climatique, l'effondrement de la biodiversité, la vulnérabilité de nos systèmes alimentaires ou encore l'épuisement des ressources ne sont pas des « problèmes sortis de nulle part » mais bien les symptômes d'un problème plus systémique. C'est admettre que le « système thermo-industriel », l'« Anthropocène », ou tout autre nom qui puisse lui être donné, est l'une des causes premières.

**Intégrer les enjeux socio-écologiques dans nos formations, nos métiers et nos vies, c'est ensuite reconnaître la nécessité d'un changement radical du rapport que nous avons à notre environnement au sens large (la société, la nature, etc.).**

### 3. D'une société du risque à une société résiliente ?

**Les sociétés humaines sont désormais amenées à vivre dans un monde au sein duquel leurs actions passées et présentes entraînent de graves crises écologiques, dont les conséquences affecteront tout le vivant, humains compris.** La puissance de l'appareil technique humain n'est désormais plus du tout négligeable et se heurte ainsi à la dimension finie de notre planète. La « délocalisation » des externalités négatives vers une zone n'affectant pas les êtres vivants est donc impossible. Parmi les principales crises, « le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. »<sup>28</sup> La biodiversité se trouve également très affectée. L'IPBES établit en 2019 que « la nature décline globalement à un rythme sans précédent dans l'histoire humaine - et le taux d'extinction des espèces s'accélère, provoquant dès à présent des effets graves sur les populations humaines du monde entier ». <sup>29</sup>

Le sociologue Ulrich Beck a proposé d'analyser notre société sous l'angle du risque<sup>30</sup>. Précisons qu'il convient – selon le philosophe Dominique Bourg – de différencier le risque environnemental du risque technologique « classique ». Si ce dernier est caractérisé par les accidents, le premier se réfère au danger potentiel causé par un fonctionnement normal, sans accident. Il est chronique et relève d'un procès cumulatif, continu et dont les effets sont irréparables<sup>31</sup>. On peut facilement penser aux effets sanitaires et climatiques dus aux émissions de gaz d'échappement d'un parc automobile respectant pourtant les normes en vigueur. **Les risques d'origine technologique sont devenus le risque principal pour les humains.** Ces derniers, désormais conscients que les risques ne viennent plus de l'extérieur mais la plupart du temps de l'intérieur, et que les ressources sont épuisables, sont amenés à adopter une posture réflexive ; et **toute décision se prend désormais à l'aune de l'évaluation des risques. L'humain est devenu conscient que si le « progrès » lui a apporté de nombreux avantages, il entraîne cependant de lourdes contreparties.** Tous les humains, quels que soient leur pays ou leur classe sociale, sont désormais exposés à ces risques, même si la vulnérabilité de chacun diffère

<sup>28</sup> « GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p. », [s. d.].

<sup>29</sup> « Communiqué de presse: Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces "sans précédent" et qui s'accélère | IPBES », [s. d.], <<https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>>, consulté le 19 août 2020.

<sup>30</sup> Beck, Ulrich, *La société du risque*, 1986 (Alto Aubier).

<sup>31</sup> Dominique Bourg, « Qu'est-ce qu'un risque environnemental ? », *Techniques et philosophies des risques*, Vrin, 2007, p. 123-138



face à ces dangers potentiels. La biodiversité est également touchée, ne serait-ce que par le caractère global du changement climatique. Ces risques se transforment en crises de tous types (crises sociales, économiques, sanitaires, climatiques ; inégalités, etc.). Jusqu' alors, **notre société a axé la gestion de ces crises par une approche curative plutôt que préventive**. Les exemples du système de santé concernant les maladies chroniques ou du système alimentaire au sujet de l'utilisation d'engrais de synthèse parlent d'eux-mêmes<sup>32</sup>.

Dans ce contexte, un basculement vers **une société plus souhaitable s'impose. Parmi les grands objectifs à considérer, citons – et de manière non exhaustive – le besoin de décarboner l'économie et de rendre cette société résiliente**. Par société résiliente, on peut entendre une société capable d'absorber les perturbations en se réorganisant ou en modifiant sa structure, tout en conservant ses fonctions essentielles, sa cohésion et ses capacités de gouvernance<sup>33</sup>. Outre la connaissance et la compréhension fine des enjeux socio-écologiques, l'ingénieur devra appréhender cette société du risque dans toute sa complexité. **Le recours à la science est la condition de visibilité et d'analyse de ces risques. Il devra également comprendre les considérations physiques et sociales qui déterminent les choix sous-jacents à la gestion des risques**. Mais penser une société cohérente, pérenne, enviable et juste ne peut se faire qu'en respectant des principes démocratiques élémentaires, dans le cas des sociétés occidentales : se rassembler, débattre et délibérer.

## 4. Quelles évolutions pour l'enseignement supérieur ?

Les ingénieurs et leurs formations ont une place particulière dans notre pays. La formation de l'ingénieur est le produit d'un contexte social et entraîne des conséquences sociotechniques (reproduction des inégalités, élitisme, etc.) dont l'ingénieur doit avoir conscience en faisant preuve de réflexivité sur sa propre formation, son rôle et sa position dans la société.

### a. L'objectif de l'enseignement supérieur : instruire, éduquer, former

L'enseignement supérieur doit-il former, c'est-à-dire préparer à un métier ? Doit-il transmettre des connaissances en instruisant ? Ou bien doit-il éduquer, à savoir préparer les individus à la société dans laquelle ils vont évoluer et à laquelle ils vont contribuer ? Il doit probablement faire les trois et surtout se garder d'exclure l'une de ces facettes, complémentaires entre elles<sup>34</sup>.

La pédagogie ne se résume pas à quelque chose de linéaire et de caricatural comme le laisse suggérer l'opposition supposée entre une pédagogie « traditionnelle » et une pédagogie « innovante ». La première désignerait une pédagogie descendante (par exemple les cours magistraux) d'un sachant actif vers des élèves passifs. La seconde, à l'inverse, désignerait une pédagogie où l'enseignant s'efface, laissant place à l'élève qui deviendrait le seul acteur de sa formation qu'il construit par lui-même. Une vision qui semble plus proche de la réalité consiste à considérer l'enseignement comme un cycle entre théorie, pratique et savoir empirique. Théorie dans laquelle les différentes approches (instruction, éducation, formation) ainsi que les différentes méthodes (« traditionnelle » et « innovante » ou « frontale » et « active ») sont complémentaires et permettent le va-et-vient entre théorie, pratique et savoir empirique. Dans le présent schéma, inspiré de celui de Nico Hirtt (Figure 8), il est possible de partir aussi bien de la pratique que de la théorie, l'un venant se confronter à l'autre en l'infirmitant ou le confirmant. **Ce qui importe est que la pédagogie utilisée permette de faire participer l'élève à l'ensemble du cycle donc à l'ensemble du processus de construction du savoir**<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> Marcel Gauchet, « Vers une "société de l'ignorance" ? », Le Débat 156, 2009, pp. 144-166

<sup>33</sup> Walker, Brian & Holling, C.s & Carpenter, Stephen & Kinzig, Ann. (2003). « Resilience, Adaptability and Transformability », *Social-Ecological Systems*. Ecol. Soc. 9.

<sup>34</sup> Franck Lepage, conférence gesticulée « Inculture 2 : l'éducation », L'ardeur, 2017. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 21/01/2012) Voir également, Nico Hirtt, Webinaire « L'école numérique et la classe inversée », Appel pour une école démocratique (APED), décembre 2020. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 23/12/2020)

<sup>35</sup> Nico Hirtt, *Ibid.*

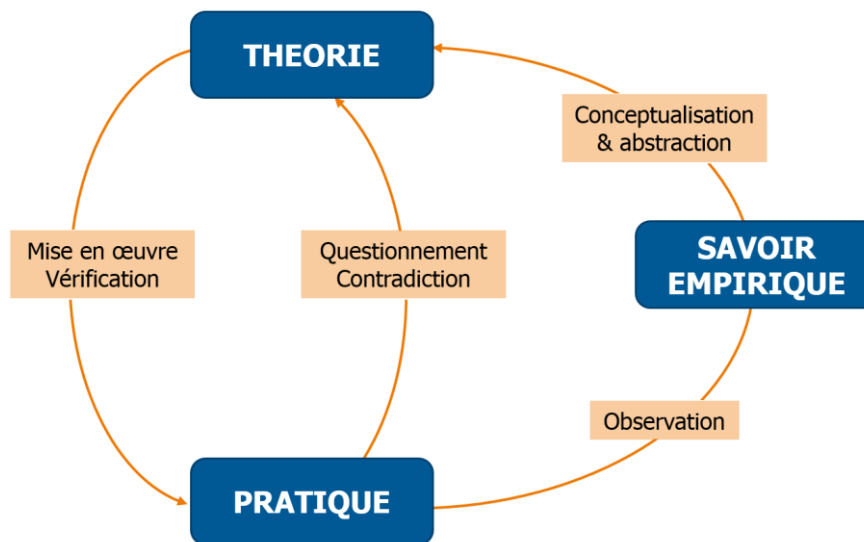


Figure 8. Cycle du processus pédagogique (d'après Nico Hirtt, 2020)

Le risque de voir l'enseignement supérieur ne servir plus que l'intérêt de l'insertion professionnelle (former) au détriment de l'éducation et de l'instruction est de plus en plus élevé et n'est pas désirable<sup>36</sup>. La mise en concurrence des établissements du supérieur sur le « marché des formations » européen (cours en ligne, assistance scolaire, etc.) et mondial (échanges académiques, palmarès, etc.) risque d'accroître les inégalités, les intérêts privés, etc. « [Les Cahiers de la prospective : exploration de l'environnement de l'INSA Lyon à l'horizon 2040](#) » décrivent ces dérives potentielles d'un « Monde UltraliBERal, UBER » sur l'enseignement supérieur dans lequel « l'économie de plateforme devient la norme » et où l'ingénieur se retrouve de plus en plus face à des dilemmes éthiques<sup>37</sup>.

## b. Comment intégrer les enjeux socio-écologiques dans les formations d'ingénieur ?

Intégrer les enjeux socio-écologiques dans les formations du supérieur signifie mener une transformation collective et profonde de l'enseignement supérieur. Penser et amorcer ce changement requiert quelques précautions.

Il convient d'abord de prendre en compte le contexte de l'enseignement supérieur et de la recherche. Marcel Gauchet synthétise la situation en décrivant deux tendances principales. Une tendance démographique fait pression, avec la massification de l'enseignement supérieur associée aux valeurs de l'école républicaine, laïque, obligatoire et gratuite. Et une tendance économique, avec des exigences de rentabilité et de compétition sur le marché mondial de l'enseignement (par exemple, le classement de Shanghai pousse les écoles françaises à prendre des mesures structurelles pour tenter de rivaliser avec de grandes universités dans le monde)<sup>38</sup>.

Il faut ensuite s'assurer que l'esprit de la réforme envisagée respecte au moins deux conditions, toujours d'après la synthèse de Marcel Gauchet. La première consiste à considérer le système dans son entièreté, c'est-à-dire envisager la transformation à l'échelle de l'ensemble des écoles d'ingénieur – voire à l'ensemble de l'enseignement supérieur. La seconde condition est qu'une réforme « ne peut être efficace que si elle part de l'identité historique du système pour le changer de l'intérieur, dans le respect de son esprit et sur la base d'un diagnostic raisonné et partagé de ses vertus et de ses faiblesses »<sup>39</sup>. Ces conditions ont été l'objet d'une attention toute particulière de la part de l'équipe du projet. La première condition s'est traduite par une approche transparente et ouverte ainsi que par une construction collective. La seconde condition a pris la forme d'un état des lieux, d'une démarche de co-construction ainsi que de la conservation de l'esprit des formations (notamment par le respect des fondamentaux

<sup>36</sup> Léa Dang, Enquête « Les grandes écoles à la botte des multinationales », Socialter, 13 octobre 2020. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

<sup>37</sup> « Les Cahiers de la prospective : exploration de l'environnement de l'INSA Lyon à l'horizon 2040 », INSA Lyon, juillet 2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

<sup>38</sup> Marcel Gauchet, « Le nouveau monde », *L'avènement de la démocratie IV*, Galimard Paris, p. 644-655

<sup>39</sup> *Ibid.*

de l'ingénieur). Se sont ajoutées à cela les conditions que se fixe *The Shift Project* dans la façon de mener ce projet, et qui sont décrites dans la partie méthode.

Le contexte des formations influence la transformation de l'enseignement supérieur. En effet, d'une part, le lieu de formation et de vie étudiante – **le campus** – peut être à la fois un lieu exemplaire et inspirant (du point de vue énergétique, des déchets, de son intégration dans la société, de l'origine sociale des étudiants, etc.) et un lieu d'expérimentation pour des élèves et enseignants-chercheurs lorsqu'on parle d'enjeux socio-écologiques (gouvernance, projets, etc.). D'autre part, **la « vie étudiante »** est directement liée à la vision de la société que se construisent les élèves ingénieurs pendant leur formation.

Souvent décrite comme débridée et en vase-clos, exempte de toutes considérations sociales, la vie étudiante peut induire des comportements ou des visions qui entrent en contradiction avec les nouveaux objectifs de l'enseignement décrits dans ce rapport. Comment demander à des élèves ingénieurs d'être conscients de problématiques sociales et écologiques si leurs campus et modèle de vie étudiante entrent en contradiction avec ces principes ? On peut par exemple penser à l'éloignement des campus par rapport aux centres-villes, au manque d'interaction avec d'autres filières et établissements (universités, filières en apprentissage, etc.) ou encore au manque de diversité des différentes classes sociales ou des genres dans les écoles d'ingénieur<sup>40</sup>. Ainsi, une réflexion des élèves sur leur formation et son contexte semble nécessaire et pertinente. En effet, une analyse de sa propre formation est le premier pas permettant de s'interroger sur sa place dans la société, même si l'entrée sur le « marché » du travail risque de venir bouleverser ces réflexions.

## 5. L'ingénieur face à l'entreprise, la technique et la société

Initier un chantier de transformation de la formation des ingénieurs nécessite de commencer par se demander de **quels ingénieurs voulons-nous ? Quelle place et quel rôle peut-il ou doit-il avoir dans la société ?** Ces questions ne sont pas nouvelles mais n'ont pas encore eu l'écho qu'elles méritent. Ainsi, depuis quelques dizaines d'années, le comité « Former l'Ingénieur Citoyen » de l'association Ingénieur Sans Frontières, réfléchit à ces questions, propose des réponses et invite à en débattre, notamment via [son manifeste](#)<sup>41</sup>. Aujourd'hui, les ingénieurs bénéficient d'une situation particulière en France car ils cumulent – la plupart du temps – le titre d'ingénieur et le statut de cadre. L'approche empruntée par Ingénieur Sans Frontières et désormais *The Shift Project* (qui lui emboîte le pas) est une invitation à redéfinir collectivement le rôle de l'ingénieur. D'une part, c'est envisager l'ingénieur comme interface entre science et société plutôt que comme figure d'autorité. Il est parfois vu comme figure d'autorité scientifique, ce qu'il ne peut pas être étant donné qu'il applique certains résultats de recherches scientifiques ou les précède en expérimentant. Il est aussi amené, lorsqu'il est employé dans une entreprise, à y exercer des fonctions de cadre et donc, à détenir l'autorité hiérarchique sur des projets techniques. Il lui est cependant difficile d'intégrer sérieusement les enjeux socio-écologiques dans les critères de décision de l'entreprise tant cela implique une remise en cause de son modèle d'affaire ; ces enjeux étant pour l'instant peu compatibles avec la logique de marché et les statuts juridiques de l'entreprise. D'autre part, c'est envisager l'ingénieur comme moteur et charnière des principes démocratiques, en particulier concernant les questions relevant des choix techniques. Prendre du recul quant à cette double identité du titre et du statut, ainsi que par rapport au cadre professionnel dans lequel il exerce, est nécessaire afin d'aborder les problématiques socio-écologiques. Cette prise de recul peut être amorcée dès la formation *via* un enseignement en éthique destiné aux ingénieurs, afin qu'ils développent des compétences en éthique de l'ingénierie – à ne pas confondre avec la déontologie. La définition que donne de la philosophe Cécile Renouard de l'éthique nous semble tout à fait pertinente : « Je définis l'éthique comme la recherche déterminée, personnelle et collective, de la vie bonne, aujourd'hui et demain, dans des institutions justes, au service du lien social et écologique »<sup>42</sup>.

*The Shift Project* considère que le rôle de l'enseignement supérieur – et *a fortiori* celui des formations d'ingénieur est double. Il est de donner les moyens aux élèves ingénieurs de contribuer à la construction d'une société

<sup>40</sup> V. Albouy et T. Wanecq, « Les inégalités sociales d'accès aux grandes écoles », *Economie et statistique*, n°361, 2003. Disponible [en ligne](#) (consulté via le site de l'INSEE le 21/01/2021)

<sup>41</sup> « Manifeste pour une formation citoyenne des ingénieur.e.s », Ingénieurs sans frontières. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

<sup>42</sup> Fanny Verrax, Laure Flandrin, « Quelle éthique pour l'ingénieur ? », Editions Charles Léopold Mayer, 2019. Voir aussi, Christelle Didier, « Éthique de l'ingénierie - Un champ émergent pour le développement professionnel », *Techniques de l'ingénieur*, 2015, pp. 2-5 et 17-19 ; notamment les pages indiquées sur les notions et les définitions des concepts souvent flous d'« éthique », de « morale » ou de « déontologie » et la réflexion autour d'une « éthique de l'ingénierie »

pleinement consciente des enjeux socio-écologiques. Dans sa vie professionnelle d'une part, avec son rôle d'ingénieur, et dans sa vie personnelle d'autre part, avec son rôle de citoyen. L'ingénieur prêt à affronter les enjeux socio-écologiques doit être capable de se positionner sur des questions de société.

## a. Les techniques sont politiques !

Au cœur des formations et des métiers de l'ingénieur, ce qui est communément appelé « La Technique » - au singulier et avec un grand « T » -, véhicule souvent l'idée fautive selon laquelle la technique n'est qu'un outil au service d'une fin bien établie. En d'autres mots, elle serait neutre et seule l'utilisation qui en est faite relèverait d'une dimension politique. Cette vision relève d'une croyance technoscientifique, très bien définie dans le Manuel de la Grande Transition : « Le terme technoscience pose autant de questions qu'il n'y répond tant il véhicule de présupposés. Il est fondé sur l'hypothèse fautive que les développements technologiques sont toujours issus des résultats de la recherche scientifique alors que l'histoire des sciences est peuplée de contre-exemples. Le concept se développe principalement à la fin des années 1970 où il caractérise le sentiment général de dépassement des scientifiques devant la façon dont leurs recherches sont appliquées dans l'industrie dans des directions qu'ils n'ont pas du tout anticipées, voire qu'ils désapprouvent. La dimension éthique du mot est donc centrale car elle laisse penser que les humains seraient littéralement dépassés par le progrès technique. Il en résulterait une pensée surdéterminée par la présence des objets techniques, qui conduirait à ce qu'il est convenu d'appeler le "désenchantement de la nature". Ce point de vue est contesté au profit d'un "désenchantement de la nature" associé à la sacralisation de la technologie. ». D'Ivan Illich à Jacques Ellul en passant par Langdon Winner, beaucoup d'auteurs ont montré que « la technique n'est pas neutre », qu'elle pouvait même avoir une valeur intrinsèquement politique. **Ce positionnement en faveur d'une prise de conscience de la dimension politique des techniques par l'ingénieur est au cœur des présents travaux.** D'une part, parce que cette prise de conscience est une condition nécessaire à la mise en œuvre de solutions pertinentes face à la crise socio-écologique. D'autre part, parce qu'elle est indispensable à l'ingénieur, situé entre technique et société. Revenons un instant sur les arguments et sur les observations nous ayant conduit à valoriser cette dimension politique.

Il y a notamment l'idée que le progrès technique rendrait les individus plus libres. Pourtant, **l'observation du comportement des individus révèle que celui-ci est non pas libéré par la technique mais plutôt orienté par elle.** Jacques Ellul illustre bien ce phénomène en prenant l'exemple des trois millions de Parisiens qui, dans les années 70 décidaient tous au même moment – prétendument librement et indépendamment – de prendre leur automobile pour se diriger vers la Méditerranée. Alors que l'automobile est censée donner accès à un degré de liberté plus élevé, elle oriente le comportement des individus qui en possèdent une<sup>43</sup>. Il y a également l'idée selon laquelle c'est l'usage des techniques qui relève d'une dimension politique et non la technique elle-même. Cet argument est réfuté par Langdon Winner qui utilise l'exemple des ponts de Moses, des boulevards Haussmanniens ou encore, des esplanades construites sur les campus universitaires américains, pour montrer que « ce qui importe ce n'est pas la technologie elle-même mais le système social ou économique qui la contient ». **En utilisant un instrument technique, l'ingénieur doit tenir compte des conditions sociotechniques de son développement, de sa mise en œuvre, de son utilisation ainsi que de ses conséquences**<sup>44</sup>. Enfin, comme le souligne Jacques Testart dans un article du Monde Diplomatique, la croyance la plus partagée dans nos sociétés occidentales est une sorte de « foi » inconditionnelle dans la science et dans le progrès technologique ; et le débat public sur les orientations de la recherche s'en trouve affecté. La recherche est de fait de moins en moins orientée vers des problématiques importantes pour l'humanité, plutôt que vers des intérêts privés ou par le hasard et l'opportunisme provoqués par les découvertes. « Selon le credo de la science officielle, qu'on peut qualifier de magique voire de mystique, tout sera expliqué tôt ou tard, et cette explication couvrira la réalité entière, les zones d'ombre et les contradictions étant toutes surmontables (...). La technoscience est un détournement majeur du savoir »<sup>45</sup>. Or, **toute technique est le produit d'une société, de sa culture et de ses croyances à un moment précis de l'histoire** (de l'invention de la machine à vapeur au mobilier urbain « anti-sdf » des grandes villes en passant par la matérialisation de l'objectif de limiter les rassemblements sur les campus des universités américaines ou sur les boulevards Haussmanniens)<sup>46</sup>.

<sup>43</sup> Entretien avec Jacques Ellul, « L'illusion de notre liberté ». Extrait disponible [en rediffusion](#) (consulté le 21/01/2021)

<sup>44</sup> Langdon Winner, "Do Artifacts Have Politics?", *Daedalus*, vol. 109, no. 1, 1980, pp. 121–136. (consulté le 21/01/2021)

<sup>45</sup> Jacques Testart, « Une foi aveugle dans le progrès scientifique », *Le Monde Diplomatique*, décembre 2005

<sup>46</sup> Roger Lesgards, « L'empire des techniques », *Le Monde Diplomatique*, novembre 1995

Deux points de vigilances sont à considérer lorsqu'on aborde le sujet des sciences et techniques. D'abord, il faut bien opérer une distinction entre science et technique. Bien que proches, la première a pour objectif d'augmenter le stock des connaissances vérifiées (la physique nucléaire, la chimie...), alors que la seconde a pour but de répondre à une finalité (produire de l'énergie, un moyen de déplacement...). Cette distinction étant faite, il ne s'agit pas de prôner un relativisme scientifique radical qui voudrait que « tous les énoncés se valent », ce qui reviendrait à accorder autant de crédit aux lobbyistes – qui affirment que le tabac ne provoque pas de cancer ou que les activités humaines ne sont pas responsables du changement climatique – qu'aux scientifiques des organismes de santé ou du GIEC. Cela aurait pour effet d'entretenir des controverses en propageant le doute afin de servir des intérêts privés ou politique<sup>47</sup>. Il s'agit surtout de considérer les techniques que l'ingénieur crée, développe et manipule dans leur dimension sociale et politique. Car ces techniques sont issues d'un contexte sociotechnique qu'elles influencent à leur tour, notamment *via* des conséquences (usages, controverses, etc.) qui n'étaient pas anticipées.

## b. Dans l'entreprise, l'ingénieur sous tension

La structure dans laquelle l'ingénieur exerce (entreprise, institution, association, etc.) le contraint. Que ce soit par la nature de cette structure ou par l'objectif qu'elle poursuit, l'ingénieur doit respecter un ensemble de lois et de règles. La logique de marché à laquelle est soumise l'entreprise l'oblige à réduire constamment ses coûts afin de rester compétitive et d'alimenter des actionnaires toujours plus exigeants pour les plus grandes d'entre elles, de pouvoir payer ses employés et finalement de survivre pour les plus petites d'entre elles. L'action de l'ingénieur s'inscrit donc dans ce cadre et dans la dimension collective de l'entreprise. Il est donc limité par ce cadre, mais peut tout de même agir en faveur de l'intégration de plus d'enjeux socio-écologiques, par son positionnement hiérarchique et son autorité technique. Il ne peut également agir seul et doit s'inscrire dans le collectif constitué par le personnel de l'entreprise dont sa hiérarchie, et de ses partenaires extérieurs. Les limitations qu'il rencontre peuvent se confronter à ses valeurs, à son envie d'agir et ainsi induire une dissonance cognitive.

Le contexte écologique et social alarmant et la pression grandissante des politiques et de la société civile pour des industries responsables déjà mentionnés plus haut dans ce rapport ont pour conséquence que certaines entreprises commencent à amorcer des changements. Néanmoins, elles se trouvent elles aussi prises dans un dilemme non résolu, dans une tension entre une obligation d'augmentation du capital et une prise en compte sérieuse des enjeux socio-écologiques. Les entreprises cherchant à s'engager dans une transition sont souvent démunies quant à la manière de conduire celle-ci, et ont des difficultés à trouver les compétences pour les accompagner.

Les formations doivent donc elles aussi intégrer ces dimensions dans l'équation : connaissance de l'entreprise, de son cadre d'action et des possibilités de l'étendre, l'ingénieur comme membre d'un collectif, tension entre la volonté d'action d'un ingénieur responsable et le contexte dans lequel il exerce.

## c. Introduire de la démocratie dans la technique

Depuis l'époque moderne (XV<sup>e</sup> siècle) qui marque, d'une part l'émergence de la science moderne et d'autre part, celle des régimes démocratiques, Dominique Pestre observe que c'est une tension qui lie science et démocratie. En d'autres termes, **le lien entre science et société est fragile car il persiste une tension entre profanes et experts**, entre le système hiérarchique, celui de l'autorité de la science et de ce qu'elle produit ; et le système démocratique, celui de la légitimité<sup>48</sup>. Certains auteurs vont même jusqu'à évoquer l'aspect anti-démocratique de certaines technologies en ce que les citoyens ne sont pas à même de les comprendre<sup>49</sup>. L'ingénieur, étant donné sa position d'« expert technique » et son rôle très concret de transformation de l'environnement (urbain, technologique, naturel, etc.), a une place toute particulière comme médiateur de ce conflit. En effet, comme évoqué précédemment, une société juste ne pourrait être bâtie uniquement par les experts. Pour ce faire, l'ingénieur pourrait alors utiliser les outils de participation citoyenne (débat public, co-production des savoirs, médiation scientifique, etc.) et l'étude des controverses passées et actuelles<sup>50</sup>.

**Il est possible de décider collectivement quelles technologies déployer et dans quelles directions il est souhaitable d'en chercher de nouvelles<sup>51</sup>.**

<sup>47</sup> Naomi Oreskes et Erik M. Conway, « Les Marchands de Doute », 2012, Le Pommier (traduction de Jacques Treiner)

<sup>48</sup> Dominique Pestre, « Des sciences, des techniques et de l'ordre démocratique et participatif », *Participations*, 2011/1 N°1, p. 210-238

<sup>49</sup> Philippe Godard, « La technologie est une politique », *Sciences Critiques*, 2017

<sup>50</sup> D. Pestre, *Ibid.*

<sup>51</sup> « Manifeste pour une formation citoyenne des ingénieur.e.s », Ingénieurs sans frontières. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

**L'ingénieur doit être capable de comprendre les controverses sociotechniques et d'orienter sa réflexion et son action.** Il ne s'agit pas de comprendre les controverses internes aux champs scientifiques (controverse entre Bohr et Einstein par exemple), mais surtout de bien comprendre les controverses qui concernent l'ensemble de la société (sur le nucléaire, les OGM, etc.). En effet rapidement, dans ce second cas, la controverse porte tout autant sur les enjeux scientifiques que sur les enjeux sociaux. Pour traiter de ces controverses sociotechniques, l'ingénieur doit posséder les outils lui permettant d'en faire une analyse juste ou, *a minima*, de pouvoir identifier les ressources (experts, documents, références, etc.) vers lesquelles il peut se tourner.

#### d. Manier l'interdisciplinarité, une compétence indispensable

L'esquisse faite de l'ingénieur, de son rôle et de sa position dans la société, ainsi que la complexité croissante des systèmes techniques nécessitent qu'il puisse adopter une approche interdisciplinaire. Certaines écoles d'ingénieur comme ISIS Castres (école spécialisée dans le domaine de l'informatique et de la santé) forment des ingénieurs compétents dans des domaines très spécifiques comme celui de la « e-santé ». Ce domaine peut sembler éloigné de ceux dans lesquels exercent les ingénieurs aujourd'hui et, *a fortiori*, des domaines dans lesquels il semble pertinent d'intégrer les enjeux socio-écologiques (génie civil, environnement, informatique, etc.). Or, bien au contraire, il doit prendre en compte les liens entre les « innovations numériques » et le climat ou l'accès à la santé par exemple.

Contrairement au secteur de la santé, l'exemple du numérique touche toutes les écoles car il concerne directement tous les ingénieurs. Ces derniers sont plongés dans une situation inconfortable car ils doivent répondre à deux injonctions contradictoires. D'une part, ils doivent « faire de l'innovation numérique » ou, à défaut, intégrer le numérique partout où il est possible de le faire. Or, les études montrent que cela entraînera une hausse des émissions de gaz à effet de serre (voir le rapport [Lean ICT : « Pour une sobriété numérique »](#) de *The Shift Project*). D'autre part, ils doivent respecter les contraintes socio-écologiques pour affronter les enjeux. Former à l'interdisciplinarité permettra à l'ingénieur de répondre de manière pertinente à ce genre de situations qui risquent de se multiplier.

## Méthode : quels sont les principes et grandes lignes de fonctionnement de ce projet ?

### A. Des principes définis conjointement

#### 1. Le respect de la culture des écoles et des équipes pédagogiques

Les établissements formant les ingénieurs influencent considérablement la société à moyen et long terme, en développant un certain état d'esprit et des compétences aux cadres techniques en devenir. Ceux-ci, s'ils ne disposent que rarement d'un fort pouvoir décisionnel en début de carrière, sont souvent amenés à évoluer dans leurs fonctions et à pouvoir faire valoir leur point de vue à haut niveau, notamment en s'appuyant sur des critères techniques mais pas nécessairement. Des considérations plus larges, morales ou sociales par exemple, peuvent tout à fait être liées à des problématiques techniques, considérations desquelles tout ingénieur peut s'emparer. Le projet ClimatSup INSA n'a vocation à imposer ni un changement d'état d'esprit ni une dégradation des compétences formant le pilier des métiers d'ingénieurs. En effet le rôle d'un think tank tel que *The Shift Project* est d'établir des propositions, promouvant une transition vers un modèle de société plus résilient, notamment face à la « double contrainte carbone » : l'épuisement à venir des ressources fossiles et le changement climatique.

La posture du projet prend ainsi la forme d'une proposition d'évolution des programmes pédagogiques, mais chaque établissement devra s'en emparer à sa manière. Il va ainsi de soi que *The Shift Project* ne dispose pas de prérogative décisionnelle au sein des établissements du Groupe INSA et que l'équipe projet **respecte les spécificités et le fonctionnement de chaque établissement. La liberté pédagogique** est elle aussi un principe élémentaire

qui n'est pas remis en cause, **le projet n'ayant pas vocation à se substituer au rôle et à la responsabilité des enseignants.**

## 2. Former l'ingénieur à la remise en question

Concernant les compétences, **l'ingénieur dispose des clés de compréhension scientifique et technique de la transformation de notre environnement, permettant aux sociétés humaines d'en tirer différents types de bénéfices.** Le projet interroge la manière dont ces fondamentaux scientifiques et techniques sont utilisés, en considérant que les choix techniques, loin d'être neutres ou de n'être qu'un moyen au service d'une fin, influencent fortement la société. Nous espérons que cette réflexion, fondée sur trois principes, amènera à former des **ingénieurs responsables à compétences scientifiques, humaines et sociales** :

- Les évolutions proposées doivent aboutir à la **formation d'ingénieurs interrogeant l'influence de leurs actions vis-à-vis de la société (donc leur responsabilité), et inversement ;**
- Ces formations doivent continuer à former des **ingénieurs disposant de solides bagages scientifiques et techniques ;**
- Les **sciences humaines et sociales sont à considérer comme des atouts certains** dans la recherche d'une meilleure compréhension de la sphère de responsabilité des ingénieurs. Par exemple, la compréhension du lien entre croissance et consommation d'énergie, les conséquences sociales et environnementales qui en découlent, le poids de l'histoire - notamment technique - de la société ou encore les questionnements moraux sous-jacents à toute action. Bien loin d'une opposition aux sciences dites « dures », les sciences humaines et sociales viennent soutenir de manière complémentaire le questionnement indispensable à toute décision de portée technique.

## 3. Accompagner, en l'anticipant, l'évolution de l'emploi

Une transition rapide vers une économie décarbonée et plus respectueuse du vivant est indispensable selon *The Shift Project*. Cependant, la vitesse à laquelle une telle transition s'effectuera est une inconnue importante à prendre en compte.

Ce projet ne vise bien évidemment pas à bouleverser les formations au point que les nouveaux diplômés ne soient plus en mesure d'être recrutés par de futurs employeurs à court terme. Ainsi, **les perspectives d'évolution proposées ne doivent pas compromettre la bonne employabilité des futurs ingénieurs. Celle-ci pourrait même être favorisée**, considérant la place grandissante que prennent les sujets socio-écologiques dans les entreprises (comptabilité incluant le capital naturel et le capital social, engagement d'entreprises pour la neutralité carbone, etc.). L'employabilité est un enjeu fondamental pour les jeunes diplômés et est également essentielle pour mener la transition. En effet, quoi de mieux que des ingénieurs formés aux enjeux socio-écologiques et à un questionnement profond du système technique, mais également capables d'intégrer et de transformer ces systèmes de l'intérieur ? De nombreuses entreprises pourtant volontaires ne disposent pas nécessairement des ressources internes pour être capables de mener à bien une telle transformation (en évitant l'éco blanchiment, *greenwashing* en anglais). Impliquer le monde professionnel dans un tel projet reste cependant un défi difficile à relever. Les entreprises sont souvent happées par leur quotidien et par les difficultés opérationnelles et conjoncturelles auxquelles elles doivent faire face, notamment dans un contexte de crise sanitaire mondiale. Un autre obstacle réside dans le fait que ces questions restent souvent éloignées de leur cœur de métier et que peu d'entre elles disposent de ressources pour les traiter. Certaines grandes entreprises et certains syndicats professionnels élaborent des prospectives à long terme et en déclinent les conséquences, notamment en termes de compétences pour leurs futurs employés, mais ces initiatives restent relativement rares.

## 4. La co-construction : clé du succès

**Le projet est ambitieux et complexe. Il est important de tenir compte du défi qu'il pose aux parties prenantes des établissements**, à savoir les enseignants, souvent chercheurs également, parfois contractuels, parfois responsables de département, les étudiants et leurs associations et les directions d'établissements. Leur bonne intégration est l'une des clés de réussite d'un tel projet.

**La co-construction est donc centrale dans la méthode de ce projet, afin de pouvoir recueillir leurs attentes et leurs besoins, d'avoir une vision de terrain** (ne pas faire une étude « hors sol »), de prendre en compte et s'appuyer sur les initiatives existantes, d'élaborer le projet pédagogique avec les équipes qui devront le mettre en œuvre et de pouvoir les impliquer le plus possible.

**En appui à l'équipe projet au sein du Shift, les établissements du Groupe INSA ont nommé un coordonnateur pour le groupe, ainsi qu'une personne référente pour le projet dans chaque établissement.** En fonction des établissements et de leur taille, il s'agit d'un membre de l'équipe enseignante, de la direction, d'une ou d'un responsable de formation. Certains référents se sont entourés d'une équipe de plusieurs personnes, intégrant pour certaines également des étudiants. **Notre démarche de co-construction s'est traduite par différents types d'échanges. Ils ont pris la forme de réunions, de travaux autour de l'état des lieux et du référentiel d'objectifs d'apprentissage, ou d'événements communs comme des auditions ouvertes d'experts** (consultations organisées par l'équipe projet auxquelles les enseignants du Groupe INSA ont été invités à participer).

**Cette démarche de co-construction dépasse le Groupe INSA, puisque ce projet invite d'autres acteurs dans la réflexion :** l'équipe projet est en collaboration avec des associations notamment d'étudiants, avec d'autres établissements de l'enseignement supérieur, la CTI, la CGE, la CDEFI, des enseignants d'autres établissements, des experts de différents champs disciplinaires concernés, etc.

Cette démarche d'ouverture et de transparence est conforme à la qualité d'association d'intérêt général du *Shift Project*. Elle s'est traduite par l'organisation de nombreux échanges avec ces parties prenantes pour discuter du projet, par des événements publics permettant la diffusion de la méthode et de l'avancement du projet, et le partage de bonnes pratiques entre établissements, et la proposition de relecture et contribution aux livrables du projet. La [chaîne Youtube « Former les ingénieurs aux enjeux climat-énergie »](#)<sup>52</sup> du *Shift Project* propose d'ailleurs en libre accès l'ensemble des vidéos des événements et auditions d'experts organisées dans le cadre du projet. [Le webinaire "Quelle stratégie d'établissement pour former à la transition écologique ?"](#) avait pour objectif le partage de retours d'expérience et de bonnes pratiques d'autres établissements que ceux du Groupe INSA et de travaux d'associations s'engageant pour une transition des formations d'ingénieur.

## 5. Amorcer un changement dans l'enseignement supérieur

Au-delà de l'accompagnement et du travail collaboratif avec le Groupe INSA, les travaux du *Shift Project* ont vocation à faire émerger d'autres initiatives dans les établissements de formation d'ingénieur, et dans l'enseignement supérieur de manière plus générale. *The Shift Project* étant une association d'intérêt général, ses travaux sont publiés en toute transparence et permettront ainsi à tout établissement de les consulter et de s'en emparer à sa manière. L'équipe ClimatSup INSA veille à étendre les consultations et les débats à des acteurs en dehors du périmètre du Groupe INSA. **Les établissements ou autres organisations y participant peuvent ainsi apporter leur pierre à l'édifice et bénéficier également du travail mené.** Le travail se veut le plus collectif possible en gardant bien en ligne de mire l'importance pour notre société de développer rapidement et sérieusement des programmes pédagogiques adaptés aux enjeux de notre temps. *The Shift Project* est convaincu que l'intelligence collective permettra d'atteindre plus vite cet objectif que la somme des intelligences individuelles des établissements.

### B. Un projet qui tient compte de l'existant

#### 1. Initiation du projet et construction de la méthode de travail

<sup>52</sup> La chaîne Youtube « Former les ingénieurs aux enjeux climat-énergie »<sup>52</sup> du *Shift Project* propose en libre accès l'ensemble des vidéos des événements et auditions du projet. Sur [https://www.youtube.com/watch?v=oxHzRnXiaA&list=PLX8LCKV3D8UqCUB9bYa\\_3U1GyadeReimO](https://www.youtube.com/watch?v=oxHzRnXiaA&list=PLX8LCKV3D8UqCUB9bYa_3U1GyadeReimO) (consulté le 18/01/2021).



Partant de notre volonté de travailler en co-construction, nous avons débuté par la **consultation des référents d'établissement ainsi que du coordonnateur**. Nos entretiens nous ont permis de :

- Identifier et comprendre les **spécificités des établissements**, en termes d'organisation des enseignements (ex : partenariat avec d'autres établissements ou des universités), d'identité ou encore en termes de structuration des équipes travaillant sur le projet ClimatSup INSA (nombre et fonction des référents, réflexions sur le sujet, etc.) ;
- Échanger autour des **ambitions** de chaque établissement, des **attentes** notamment en termes de méthode ou encore des **travaux déjà engagés** ;
- Identifier les **difficultés potentielles** mais aussi les **leviers d'action** prometteurs ;
- Identifier les **initiatives** déjà engagées comme « la Fresque du climat », des journées dédiées au développement durable, des initiatives au niveau du Campus ou des laboratoires ou encore des initiatives d'enseignants et d'étudiants ;
- Définir une liste de **parties prenantes à intégrer** au projet au sein de l'écosystème de l'établissement ;
- Prendre connaissance de la vision des établissements concernant le **marché de l'emploi pour les ingénieurs aux horizons 2030 et 2050** et identifier si des travaux prospectifs pré-existent au projet ;
- Débattre de la **méthode et des principes directifs** du projet.

## 2. État des lieux des maquettes existantes

L'une des missions des établissements est d'actualiser régulièrement la formation en tenant compte de l'évolution des attentes des étudiants et des besoins des employeurs. Dans le cadre d'une amélioration continue, cela permet également d'atteindre l'adéquation entre l'offre de formation proposée d'un côté, et la philosophie et la stratégie de chaque établissement d'un autre côté. Concernant les enjeux socio-écologiques, certaines notions comme l'analyse de cycle de vie (ACV) existent déjà dans de nombreux cursus, et certains établissements disposent également de filières spécialisées abordant directement ces enjeux, comme certaines spécialités énergétiques ou environnementales.

Le Groupe INSA est composé de 14 établissements dont les histoires, les effectifs et les spécialités sont divers. La structure de leurs enseignements n'est pas totalement homogène entre elles.

C'est ainsi que le partenariat entre le Groupe INSA et *The Shift Project* mentionne le besoin d'aborder deux phases principales dans ce projet :

**Phase 1 : Cartographie et réalisation d'un état des lieux** de la prise en compte des enjeux climat-énergie dans les enseignements actuels

**Phase 2 : Élaboration d'un projet pédagogique cohérent sur 5 ans du cursus de formation** définissant un socle commun de connaissances et compétences pour tous les étudiants du Groupe INSA, et les connaissances et compétences supplémentaires par spécialité

La première phase comprend ainsi une **cartographie permettant de recenser les différentes filières et formations** proposées sur les 5 années. Elle comprend également un **état des lieux dont l'objectif est de qualifier et de quantifier dans quelle mesure les enjeux socio-écologiques sont d'ores et déjà intégrés dans les formations** et sous quelle forme (cours dédiés, notions abordées, tronc commun, filières spécialisées...). Cet état des lieux permet ainsi de qualifier la situation de départ de chaque établissement et d'identifier les points forts ou les défis potentiels de chaque établissement.

## 3. Former les principales parties prenantes

Lors des échanges avec les référents des établissements et avec leurs équipes, **le besoin d'être mieux informé, voire même formé, aux enjeux socio-écologiques est ressorti fréquemment**. Il émanait directement de

nos interlocuteurs pour certains d'entre eux, ou provenait de leurs collègues enseignants dans de nombreux cas. En effet, selon nos référents, nombre d'enseignants adhèrent au projet et une part importante d'entre eux souhaiterait disposer de ressources bibliographiques fiables et de formations afin de pouvoir préparer l'adaptation de leurs enseignements et afin de se sentir à l'aise, légitimes face aux étudiants.

Du point de vue du *Shift Project*, l'importance d'informer et de former toute partie prenante aux enjeux socio-écologiques est une évidence et le constat des enseignants est légitime et pertinent. C'est également un levier majeur pour susciter l'adhésion au projet. En effet, l'éducation aux enjeux socio-écologiques est importante pour déclencher le passage à l'action, pour les individus notamment. Au-delà de ça, elle est surtout nécessaire pour assurer l'efficacité des actions menées (concentrer ses efforts sur les actions à plus fort impact). Concernant les enseignants, **la prise en compte de nouveaux enjeux dans leurs propres enseignements relève également d'une mécanique de changement et de passage à l'action.**

**S'agissant du projet ClimatSup INSA, de nombreux interlocuteurs collaborent et participent à l'état des lieux des enseignements et à la construction du référentiel d'objectifs d'apprentissage. Leur formation est donc primordiale** afin de permettre leur montée en compétence progressive et ainsi leur pertinence et leur sentiment de crédibilité quant à la participation active au projet. Il s'agit de pouvoir aborder ces enjeux selon un vocabulaire et des notions partagées, et d'éviter de futures controverses stériles que l'absence de formation n'aurait ainsi pas désamorçées (le climatocépticisme, le mythe du découplage PIB-énergie et le « technosolutionnisme », etc.).

Le constat de la crise socio-écologique de différents points de vue fait partie du processus permettant de rallier un public de plus en plus large. **Face aux nombreux travaux scientifiques dans des domaines divers** (changement climatique, effondrement de la biodiversité, contraintes et limites des ressources, artificialisation et appauvrissement des sols, lien entre santé humaine et santé environnementale, lien entre les enjeux physiques et sociétaux, caractère systémique de la crise écologique, etc.), les enseignants, majoritairement sensibles au caractère académique et à la fiabilité des sources, vont plus naturellement adhérer au projet et en comprendre les différents ressorts. **Cela peut aussi permettre aux enseignants de comprendre la nécessité de convoquer une variété de disciplines pour traiter cette question, et donc a fortiori de se sentir concernés et que cela se traduise dans l'enseignement qu'ils dispensent.**

La contribution du *Shift Project* à ce besoin de formation pour les besoins du projet, à savoir le travail collaboratif sur l'état des lieux et sur la construction du projet pédagogique, revêt principalement la forme d'**auditions d'experts**. Les auditions sont décrites plus en détail dans la partie III : 31 Former les équipes pédagogiques.

## 4. Proposer un contenu pertinent à intégrer dans l'existant : le choix d'un référentiel

Suite à la consultation des représentants des établissements INSA, l'équipe du *Shift Project* a choisi d'adopter une **méthode itérative basée sur la construction collaborative d'un référentiel d'objectifs d'apprentissage**, ou référentiel de compétences et de connaissances, selon les définitions que l'on met derrière chacun de ces termes.

Il est prévu que *The Shift Project* propose un **plan d'action pour la mise en pratique du référentiel** dans les formations des établissements du Groupe. Cependant, *The Shift Project* n'a pas vocation à opérer la mise en œuvre de ce plan d'action de manière verticale et harmonisée entre les établissements. **Le référentiel constitue un « outil » dont les établissements du Groupe INSA peuvent s'emparer individuellement afin de pouvoir adopter la méthode, l'accompagnement et le rythme d'implémentation qui leur convient.** Un tel référentiel a également l'avantage de pouvoir être diffusé et réutilisé, ou mis en débat largement dans d'autres établissements de l'enseignement supérieur notamment.

**Le caractère itératif de cette méthode** consiste à construire un premier référentiel dit « V0 » – dont la structure initiale s'appuie notamment sur le référentiel de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – et à le mettre en débat avec différentes parties prenantes, comme les référents des établissements, les associations d'étudiants, la CTI, la CGE, etc. Ces échanges permettent d'améliorer cette première version, et donne du temps pour consulter d'autres travaux ou initiatives en parallèle, en vue d'aboutir à une version plus complète dite « V1 », présentée dans ce

rapport. Cette version se destine à un débat plus large notamment au sein des établissements, en vue de la construction d'une version « V2 » axée sur les compétences communes, puis d'une version « V3 » ajoutant une déclinaison du référentiel par spécialité. **Cette méthode permet de travailler avec la forte contrainte temporelle** imposée par le projet - à savoir de premières modifications des programmes pédagogiques dès la rentrée 2021 - ainsi que d'établir un document de travail commun pour permettre aux acteurs du projet, dont le nombre est très important (mais le temps limité), de **pouvoir disposer d'une première base de discussion**. En effet l'implication ou la représentation stricte des 1500 enseignants est chose impossible en si peu de temps. Une consultation de chaque individu sans base commune de discussion aurait été extrêmement chronophage (et vraisemblablement peu efficace, les enseignants n'étant pas encore formés).

Le contexte d'urgence justifie le fait que le temps n'est pas aux travaux individuels uniquement, qui ne permettront pas d'atteindre nos objectifs à temps ; **la dimension collaborative de cette réflexion est déterminante pour accélérer la transformation générale de l'enseignement supérieur**. La construction du référentiel reflète ce désir de ne pas réinventer la roue mais d'adopter une humble démarche de consultation de références et d'experts, d'adaptation au Groupe INSA et de collaboration avec différentes parties prenantes. Ainsi, l'équipe projet a massivement sondé les initiatives existantes, et exploré les travaux de recherche et expérimentations liées au sujet.

**La démarche de l'équipe ClimatSup INSA vise à tirer le meilleur des travaux passés, à y intégrer la vision du Shift Project et à structurer afin de l'adapter aux écoles d'ingénieur généralistes en 5 ans que sont les établissements INSA.**

La méthode de construction des différentes versions du référentiel est représentée sur la figure ci-dessous :

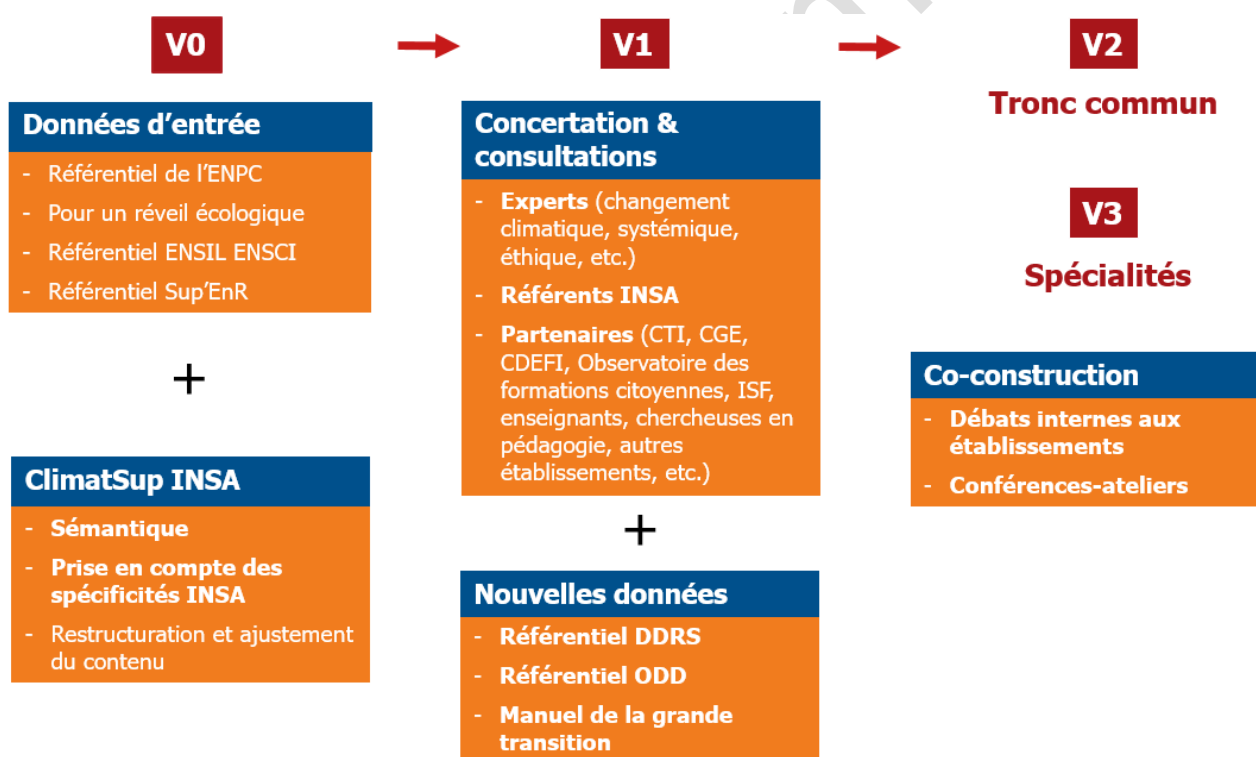


Figure 9. Méthode de construction du référentiel

## 5. Proposer un plan d'action

*The Shift Project* s'attèlera dans la suite du projet à proposer un plan d'action au Groupe INSA ; le périmètre exact de cette partie du projet reste cependant à affiner. Malgré tout, les éléments que nous avons étudiés pour l'instant nous amènent à mentionner des points fondamentaux, qui seront complétés pour le rapport final.

La démarche de transformation du projet pédagogique pour les formations initiales peut s'appuyer sur un référentiel d'objectifs d'apprentissage, ou de compétences et connaissances. Celui-ci doit être co-construit avec les établissements. Il s'agit ensuite de répartir **les différents objectifs tout au long du cursus de l'élève ingénieur** :

- Les objectifs devant s'inscrire dans le tronc commun
- Les objectifs relevant de spécialités
- Les objectifs relevant d'options
- La répartition sur les différentes années de la formation
- La répartition dans les différents modules d'enseignement

## C. Ce qui est hors-périmètre du projet

Le partenariat établi entre le Groupe INSA et *The Shift Project* concerne uniquement les formations initiales ingénieur. **Il ne concerne pas les formations continues et spécialisées, le campus et la recherche.**

Il n'inclut pas de recommandations sur les approches pédagogiques à adopter par les enseignants ou sur la manière d'évaluer les étudiants, ni la phase de mise en œuvre, d'application de ces recommandations au sein de chacun des établissements. Le partenariat actuel exclut également tout nouvel état des lieux après la mise en œuvre des phases opérationnelles dans les établissements.

## D. Le calendrier

L'établissement du calendrier permet d'articuler les différentes activités du projet. Il a été construit en collaboration avec le coordonnateur et les référents du Groupe INSA. Le calendrier tel qu'il a été présenté en novembre 2019 est présenté ci-dessous :

# Calendrier prévisionnel

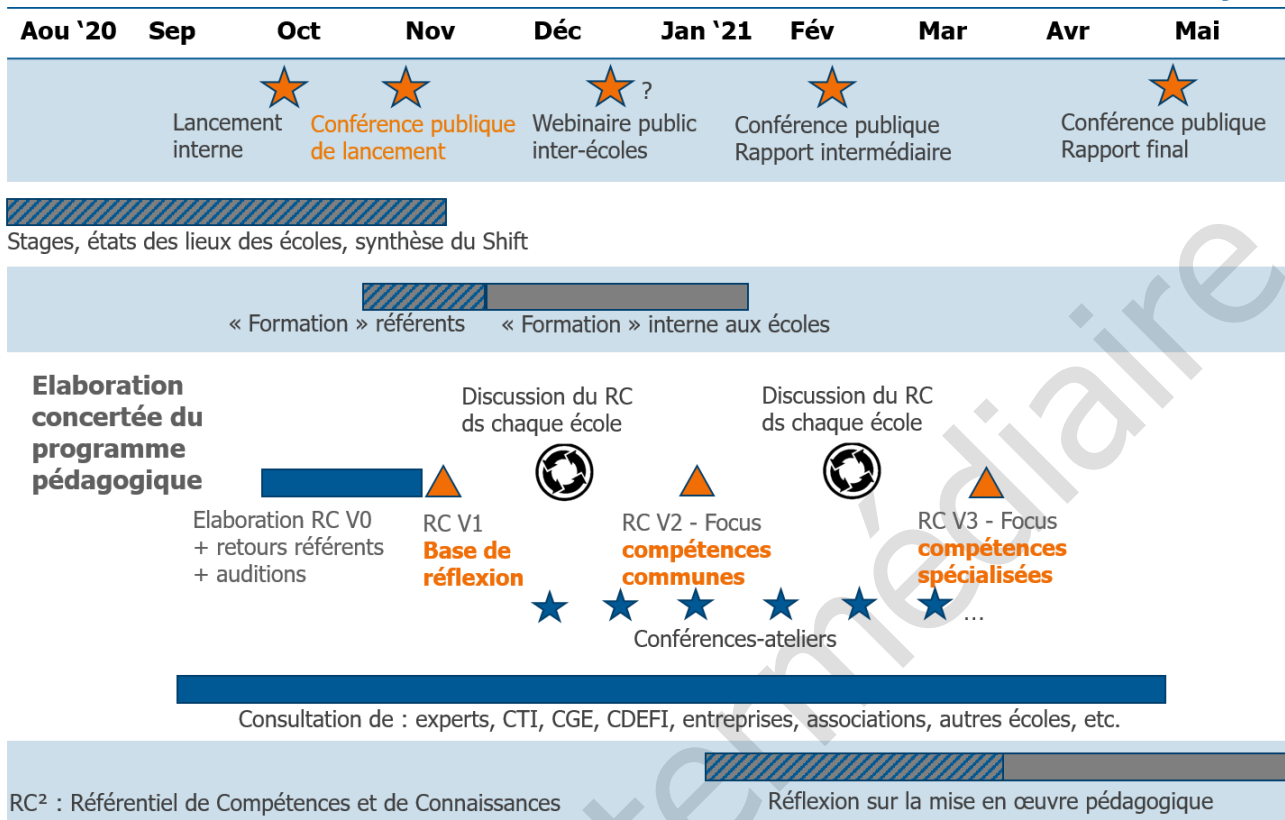


Figure 10 : Calendrier prévisionnel présenté le 9 novembre 2020

On y perçoit notamment le besoin de mener différentes activités en parallèle, avec différentes parties prenantes ; ainsi que la nécessité de prodiguer un premier niveau de formation du personnel du Groupe INSA aux enjeux socio-écologiques le plus rapidement possible, **préambule nécessaire au débat sur le référentiel d'objectifs d'apprentissage** (anciennement nommé « référentiel de compétences et de connaissances »). Si une partie des équipes pédagogiques a pu participer aux auditions ouvertes d'experts, la participation a cependant été limitée et les établissements n'ont pu trouver le temps d'organiser des rediffusions collectives suivies de débats dans chacun d'entre eux, notamment en raison de la crise sanitaire. C'est ainsi que cette étape préliminaire doit à nouveau être planifiée rapidement. Conséquence de ce retard et de la crise sanitaire en général, le débat sur le référentiel a pris du retard et s'est pour l'instant principalement limité aux référents. Le référentiel présenté plus bas est donc la Version V1 et non la version V2, qui aurait dû être débattue plus largement avec des enseignants ayant eu ce premier degré de formation. L'ensemble du calendrier est en cours de révision.

## I. État des lieux : qu'en est-il à l'heure actuelle ?

### A. Décrire le point de départ pour mieux comprendre le chemin à parcourir

#### 1. Que signifie faire un état des lieux ?

Lorsque l'on parle d'état des lieux des formations, cela renvoie à une vision d'ensemble des différentes formations proposées. Il s'agit de comprendre quels cursus peuvent être suivis par un étudiant, en

fonction de l'établissement où il se trouve et des choix qu'il fait. Dans les écoles d'ingénieur en 5 ans, la formation se déroule, sauf exception, de la façon suivante (voir Figure 11) :

- Le premier cycle ingénieur d'une durée de deux ans (anciennement appelé « classes préparatoires intégrées »). Les étudiants y travaillent notamment les sciences dites « exactes » (mathématiques, informatique) et les sciences « de la nature » (physique, chimie, biologie, etc.)<sup>53</sup>. Généralement, des cours ou des filières de pré-orientations sont présents durant la deuxième année, afin de préparer l'entrée en spécialité. Ce cycle comprend en moyenne 1500 heures de cours<sup>54</sup>.
- Le second cycle ingénieur, d'une durée de trois ans. Les étudiants sont alors répartis dans des filières, aussi appelées spécialités. De plus en plus, des parcours variés voient le jour au sein même de ces filières. La composante majeure peut alors varier d'un étudiant à l'autre. Ce cycle comprend entre 1800 et 2000 heures de cours<sup>55</sup>.

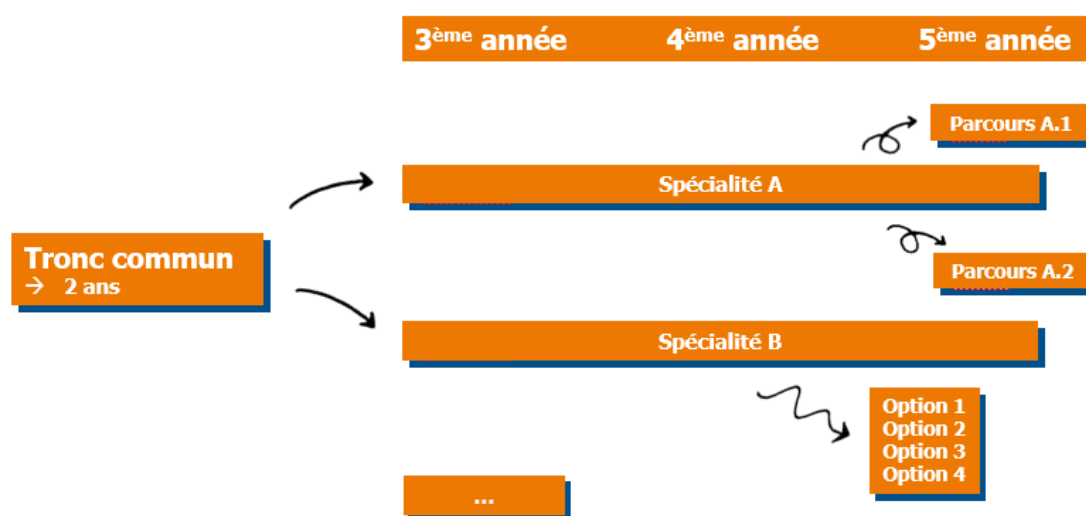


Figure 11 - Schéma d'une formation en 5 ans

Avoir cette vision d'ensemble permet de mieux comprendre la répartition des étudiants dans les différents enseignements : quels cours sont suivis par tous et toutes dans une même filière, et lesquels sont des options et ne concernent donc qu'une part marginale des étudiants.

En particulier, dans le cadre du projet ClimatSup INSA visant à intégrer les enjeux socio-écologiques dans les formations, l'état des lieux doit permettre d'avoir une vision précise des cours actuels abordant ces enjeux. Combien sont-ils ? À quel moment de la formation interviennent-ils ? Sont-ils communs à tous ? Quel volume horaire leur est dédié ? Quelle proportion du cursus représentent-ils ?

**Faire un état des lieux doit permettre de visualiser la place des enjeux socio-écologiques dans les formations actuelles, de façon rapide et exploitable.**

## 2. Faire un état des lieux, d'accord... mais à quelle fin ?

**Avant toute chose, c'est pour préparer au mieux les changements à venir dans les formations qu'un état des lieux s'impose.** Car s'attaquer à un chantier de refonte des programmes pédagogiques est tâche ardue, mais s'y attaquer sans aucune connaissance préalable de l'objet d'étude relève de l'impossible. On peut distinguer

<sup>53</sup> Le choix de ces termes et de cette catégorisation présente de nombreuses limites mais a le mérite de parler au plus grand nombre. Ce choix n'est pas immuable pour la suite des travaux menés.

<sup>54</sup> Estimation faite par l'équipe sur la base des volumes horaires fournis par certains établissements, sera précisée par des données plus complètes.

<sup>55</sup> La Commission des titres d'ingénieurs (CTI) fixe une borne supérieure stricte de 2000h et une borne minimale indicative de 1800h pour le statut étudiant.

plusieurs raisons de s'atteler à un travail d'état des lieux, toutes liées à la construction d'un projet pédagogique cohérent.

**L'état des lieux doit faire figure de constat.** Notamment dans des établissements proposant une offre de formation variée, les départements communiquent peu et la transversalité n'est pas de mise. Il est alors complexe de comprendre l'articulation des différents parcours possibles, et particulièrement les acquis qui en découlent. En identifiant les notions liées aux enjeux socio-écologiques abordées actuellement, ainsi que leur positionnement dans le cursus, on perçoit plus clairement ce qui est présent et combien d'étudiants cela touche. On peut alors identifier plus clairement les notions considérées essentielles qui sont, pour l'instant, absentes des programmes. De même, on identifie les filières qui intègrent par nature un grand nombre de ces enjeux, donc où il y a des ressources internes, et les filières très éloignées des thématiques socio-écologiques.

**Au-delà du constat, il s'agit d'un outil pour accompagner le changement.** Si l'on souhaite garantir qu'en sortie de formation, les étudiants aient compris les enjeux socio-écologiques auxquels est confrontée notre société, il est nécessaire de fixer des objectifs en termes de nombre de cours et/ou d'heures dédiées. En comprenant d'où l'on part et en réévaluant régulièrement où l'on en est, on peut mieux appréhender le chemin parcouru et donc le degré de réalisation des objectifs fixés. **L'état des lieux sert alors de point de repère pour quantifier la progression dans le temps.**

**Effectuer ce travail permet d'assurer la cohérence du cursus dans son ensemble au regard des enjeux socio-écologiques.** Le caractère systémique de la crise socio-écologique impose de fournir un certain nombre de clés aux futurs ingénieurs. Or, dans des formations en 5 ans où dès la 3<sup>ème</sup> année, les étudiants sont dispersés et peuvent (phénomène de plus en plus accentué) choisir des cours « à la carte », se pose la question des acquis communs à tous et à toutes. Comment garantir qu'au terme de ses études, un étudiant comprenne les enjeux liés à la dépletion des ressources, fasse preuve d'un regard critique sur la comptabilité CO<sub>2</sub> de son entreprise, ou s'interroge sur l'impact sociétal du projet industriel qu'il mène ? C'est en ce sens que l'état des lieux devient un outil intéressant, en posant sur papier une segmentation des enjeux socio-écologiques sur l'ensemble de la formation : on évalue alors quelles notions sont abordées durant quel semestre, ce qui s'inscrit dans l'existant et ce qui nécessite un enseignement dédié, etc. **Il permet donc d'articuler efficacement la distribution du référentiel** (voir partie II, B. Référentiel macroscopique : une première proposition de réflexion) **sur l'ensemble du cursus (tronc commun, spécialités).**

**En résumé, l'état des lieux est une étape incontournable afin d'éviter que celui-ci soit hors sol, et pour assurer que les évolutions des enseignements soient faites de manière cohérente dans les formations.**

### 3. Sur quoi s'appuyer ?

#### a. Les ressources, propres à chaque établissement

Il n'existe pas une unique manière de procéder lorsqu'il s'agit de faire un état des lieux, **celle privilégiée dépendra principalement des objectifs recherchés et des ressources à disposition.** Quel temps est alloué à l'élaboration de cet état des lieux, quels documents et données sont disponibles, quelles échéances se fixe-t-on ?

Dans le cadre du projet ClimatSup INSA, plusieurs contraintes fortes sont entrées en ligne de compte lors de l'élaboration de l'état des lieux. En travaillant conjointement avec 13 établissements, chacun ayant adopté sa propre méthode et sémantique, il était probable que les ressources disponibles ne seraient pas homogènes. Par l'intermédiaire des référents dans chaque établissement, nous avons alors eu accès à divers types de ressources :

- **Des cartographies sur la place actuelle des enjeux socio-écologiques dans les établissements du Groupe INSA**, réalisées durant l'été 2020 par des étudiants stagiaires qui ont travaillé dans leur école pour réaliser un état de l'art de la place des enjeux socio-écologiques dans les formations. Ces travaux ne sont cependant pas homogènes et ont pris plusieurs formes :
  - Des sondages à destination des étudiants (afin de percevoir le degré d'intérêt des étudiants, leurs attentes, leur avis sur la formation dispensée actuellement...);
  - Des sondages à destination des enseignants (afin de percevoir leur degré d'intérêt, comprendre s'ils intègrent déjà certaines notions dans leur cours, si cela leur semble pertinent / faisable...);

- Un recensement des cours qui traitent des questions RSE, énergie-climat, DD&RS (du point de vue des enseignants et / ou des étudiants).

L'hétérogénéité des formats et du degré d'exhaustivité a cependant rendu difficile leur exploitation qualitative, et compromis leur exploitation quantitative.

- **Un recensement par semestre des cours intégrant différents types d'enjeux socio-écologiques**, effectué par certains référents du projet.
- **Les maquettes pédagogiques des formations.** Celles-ci détaillent les intitulés des cours prenant place à chaque semestre, ainsi que les volumes horaires correspondants. Elles ne permettent cependant pas de cerner le contenu des cours. Certains syllabus nous ont également été transmis.

Notons que l'équipe du *Shift Project* procédera à **l'anonymisation des données** dans le cadre de présentations publiques mais mettra à disposition leurs données à chaque établissement.

## b. Cours dédiés, cours qui abordent les enjeux... quel degré d'intégration des enjeux socio-écologiques considérer ?

Au-delà des ressources s'est posée la question des échéances. L'état des lieux n'étant que la porte d'entrée pour une proposition de transformation pédagogique, nous n'avons pas pu mener des entretiens d'approfondissement avec les différents départements de chaque établissement. La contrainte de temps étant très forte et pour garantir une démarche de co-construction, nous avons préféré une démarche itérative : **une première évaluation des cours dédiés a été réalisée par le Shift, puis proposée aux référents des établissements pour validation et complétion.**

La première étape a consisté à recenser dans un tableur tous les cours nous semblant dédiés aux enjeux socio-écologiques, en spécifiant :

- |                             |                            |                                     |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| • Le nom de l'établissement | • S'il s'agit d'une option | • S'il s'agit d'un cours facultatif |
| • La filière                | • Le nom de l'UE           | • Le volume horaire                 |
| • Le semestre               | • Le nom du cours          |                                     |

Une distinction a été réalisée à la suite de notre première évaluation. En effet, identifier les cours dédiés à un ou à plusieurs enjeux socio-écologiques permet de comprendre ce qui existe déjà. Cependant, ces cours dédiés sont principalement proposés dans des filières où ils représentent des apprentissages spécifiques à des compétences métier (comment faire une ACV, les méthodes de traitement de l'eau...). **Il serait de plus restrictif de ne considérer que ces cours, sachant qu'une part non négligeable d'enseignements aborde un ou plusieurs enjeux sociaux ou écologiques sans qu'il s'agisse de l'objectif premier du cours.** Par exemple, on peut citer un cours de conception qui aborde l'écoconception.

Ces cours qui s'emparent déjà des enjeux socio-écologiques sont donc des leviers prometteurs pour plusieurs raisons, dont deux que nous pouvons expliciter succinctement :

- Inscrire les enjeux socio-écologiques dans différents cours dont les objectifs d'apprentissage sont autres peut permettre de les faire infuser de façon plus cohérente dans la formation, de manière transversale. Par exemple, un cours de codage informatique peut aborder les notions de sobriété énergétique, d'émissions de gaz à effet de serre liés aux *data centers*, ou d'utilité des fonctions codées, et ce dès les premiers semestres de formation. **Le futur ingénieur est alors plus à même de prendre l'habitude d'adopter une vision systémique et transdisciplinaire ainsi que porter un regard critique et réflexif** dans son métier, puisqu'il a mûri cette démarche durant ses études.
- Et d'un point de vue plus pratique, **dans des formations où les volumes horaires sont souvent saturés, s'appuyer sur l'existant est un moyen efficace de combiner plusieurs objectifs** : ne pas risquer de dégrader la qualité des enseignements en réduisant le nombre d'heures (ce qui peut être le cas lorsque d'autres cours doivent être créés), et bénéficier du fait que l'enseignant est le mieux placé pour



intégrer de façon logique ces notions au sein même de son enseignement. Les compétences internes sur ces sujets ne sont pas à minimiser !

On comprend alors mieux pourquoi il est essentiel **d'identifier ce qui est déjà présent dans les formations**, et de permettre à tous les enseignants de s'emparer de ces enjeux à l'échelle de leur cours.

Nous avons choisi dans le cadre de ClimatSup INSA de faire une distinction entre trois types de cours :

- **Un cours dédié** : cours qui s'inscrit entièrement dans la définition, la compréhension et la résolution d'enjeux socio-écologiques (voir la section : Pourquoi parler d'enjeux de la transition « socio-écologique » ?).
- **Un cours abordant régulièrement les enjeux** : cours non dédié aux enjeux socio-écologiques (informatique, gestion de projet, etc.) mais qui les aborde de façon structurante. Deux formes possibles :
  - Le développement d'une bonne culture générale des enjeux socio-écologiques liés au domaine du cours
  - L'approfondissement d'un ou de plusieurs enjeux socio-écologiques, dont la méthode et/ou le cadre d'analyse sont reproductibles
- Ce développement ou cet approfondissement doit représenter un volume horaire significatif du cours considéré.
- **Un cours abordant ponctuellement les enjeux** : cours non dédié qui, de façon marginale et non structurante, aborde un ou plusieurs enjeux socio-écologiques. Par exemple, à titre d'illustration dans le cours.

En tant qu'équipe externe aux établissements, notre première sélection devait naturellement être confrontée à la réalité du terrain : chaque établissement nous ayant fourni cartographies et/ou maquettes pédagogiques a reçu un tableur à compléter.

- Pour les établissements dans lesquels les ressources permettaient une distinction dans le degré d'approfondissement des enjeux, nous avons fait une première évaluation entre cours dédiés, cours abordant régulièrement les enjeux, et cours abordant ponctuellement les enjeux.
- Pour ceux pour lesquels nous n'avons eu accès qu'aux maquettes pédagogiques, nous avons demandé directement une complétion de ce niveau de détail.

Pour tous, nous leur avons proposé d'inspecter en interne le fichier et de le modifier afin qu'il soit le plus exact possible. Les résultats présentés ci-dessous découlent des états des lieux qui ont effectivement été révisés par les établissements.

## B. Les enjeux socio-écologiques absents des formations actuelles

### 1. Principaux résultats et conclusions

À ce jour, nous avons reçu les données complétées et validées, sous le format du *Shift*, de 7 établissements. Les données de 6 des établissements ne sont pas présentes dans les résultats ci-dessous.

Pour chaque établissement est ressorti un tableur comptabilisant les cours qui abordent les enjeux socio-écologiques (de façon ponctuelle, régulière) ou leur étant dédiés. On peut y visualiser la filière et le semestre dans lesquels ils s'inscrivent, ainsi que leur caractère obligatoire ou non, et leur volume horaire. Le critère « cours obligatoire » est intéressant pour les filières notamment : un cours sera dit « obligatoire » s'il ne relève pas d'une option au sein de la filière, ni d'un choix d'enseignement. Il est enseigné en tronc commun, et donc incontournable pour l'ensemble des étudiants de la filière.

## a. Les cours dédiés, grands absents du tronc commun

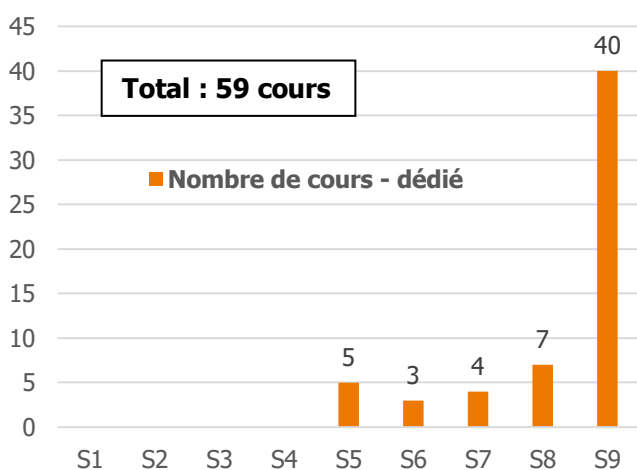


Figure 13. Nombre total de cours dédiés, par semestre

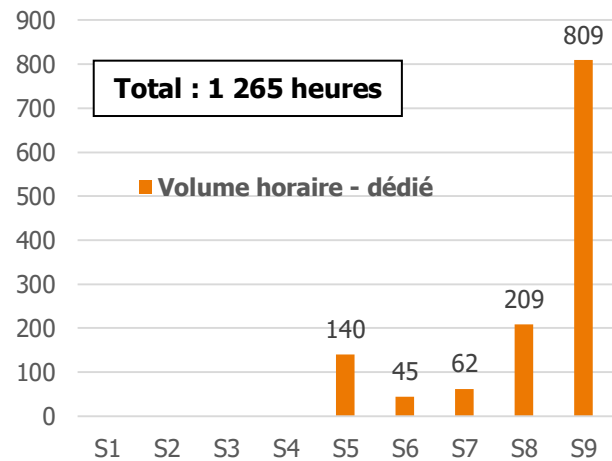


Figure 12. Somme totale des volumes horaires dédiés, par semestre

En abscisse sont notés les semestres de la formation : S1 = semestre 1, S2 = semestre 2,...

En ordonnée, la Figure 10 indique, pour chaque semestre, le nombre de cours dédiés aux enjeux-sociologiques. La Figure 11 indique le volume horaire que représente l'ensemble de ces cours.

Pour une question de justesse d'interprétation, nous avons pris le parti de ne pas faire de moyennes en ce qui concerne les cours recensés comme étant dédiés aux enjeux socio-écologiques. Celles-ci n'auraient pas été représentatives de la réalité, nous avons donc représenté ici la somme des cours dédiés recensés, ainsi que la somme des volumes horaires correspondants, et nous nous efforcerons ici d'exprimer au mieux ce que ces résultats représentent.

Sur les 5 années, pour l'ensemble de ces 7 établissements 59 cours sont dédiés aux enjeux, pour un volume horaire total de 1265 heures. Chaque cours possède un volume horaire lui étant propre ; par exemple, certains cours sont de 6 heures, d'autres durent plus de 20 heures.

Si l'on regarde le nombre de cours dédiés aux enjeux socio-écologiques recensé pour les **7 établissements** et l'équivalent en volume horaire, on voit que durant les deux premières années de formation, quel que soit l'établissement, il n'y a aucun cours dédié aux enjeux socio-écologiques. Autrement dit, **les étudiants qui rentrent en école d'ingénieur après le baccalauréat devront attendre d'entrer en spécialité** (3<sup>e</sup> année pour la plupart des établissements) **avant de pouvoir espérer suivre un cours qui traite des enjeux socio-écologiques.**

Le cœur des programmes actuels en tronc commun consiste en des cours de sciences dites « exactes » et « de la nature » (mathématiques, physique, etc.) : les étudiants, à la sortie de la période de tronc commun, doivent avoir acquis des bases solides dans ces domaines scientifiques ainsi qu'une rigueur de raisonnement, nécessaires à la poursuite de leur formation en spécialité. Cela montre également que les établissements du Groupe INSA n'ont pas encore fait de l'enseignement des enjeux socio-écologiques dans le premier cycle un facteur de différenciation par rapport aux formations de type « 2 ans de classes préparatoires suivis d'une école d'ingénieur en 3 ans ».

En troisième et quatrième années, quelques maigres progrès sont à noter : 19 cours dédiés aux enjeux socio-écologiques ont été recensés. Cela n'a cependant rien de structurant lorsque l'on a en tête que les **7 établissements recensés cumulent un total de 31 filières**. Cela fait en moyenne moins d'un cours dédié par filière, sur ces deux années de formation.

Au semestre 9 (5<sup>e</sup> année), des avancées significatives sont notables : 40 cours dédiés aux enjeux socio-écologiques ont été recensés, pour un total de 809 heures. S'il était pertinent de le traduire en moyenne, cela représenterait 26 heures dédiées par filière. En fait, **plus des 4/5 de ce volume horaire sont concentrés dans... 7 filières**. Celles-ci comportent un volume horaire dédié compris entre 62 heures et 150 heures. Pour donner un ordre de

grandeur, nous avons considéré que le volume horaire de cours au semestre 9 est de 380 heures (moyenne sur les volumes horaires qui nous ont été fournis). Alors, ces filières dédient entre 16% et 40% de leur volume horaire aux enjeux socio-écologiques. Mais si l'on pousse l'analyse un peu plus loin : pour 6 de ces 7 filières, les cours dédiés sont soit des options, soit des parcours spécifiques qui ne touchent qu'une fraction des étudiants. Naturellement, ces options seront choisies par les étudiants déjà convaincus et intéressés par ces thématiques.

**On retiendra qu'il y a à ce jour très peu de cours dédiés aux enjeux socio-écologiques durant le second cycle ingénieur. Ceux-ci sont majoritairement concentrés dans un faible nombre de filières, en fin de cursus et dans des cours spécifiques qui ne concernent pas toute la spécialité.**

### b. Des cours non dédiés mais volontaires, qui émergent doucement

En regardant les cours abordant régulièrement et ponctuellement les enjeux, les résultats ne sont pas beaucoup plus réjouissants.

Par souci d'interprétation, pour chaque établissement, nous avons rapporté les volumes horaires à une unique filière, en divisant le volume horaire total par le nombre de filières. **On obtient alors, pour chaque établissement, des volumes horaires moyens par semestre. Ce sont ces moyennes qui ont été utilisées pour obtenir les graphiques suivants** (Figure 14, Figure 15).

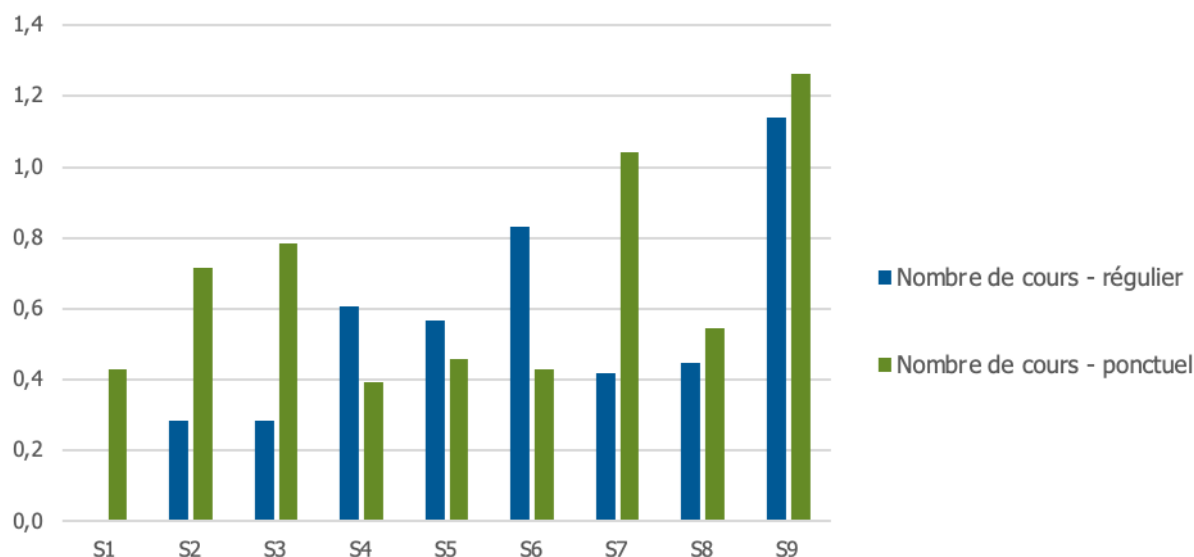


Figure 14. Moyenne sur les 7 établissements - nombre de cours, par semestre

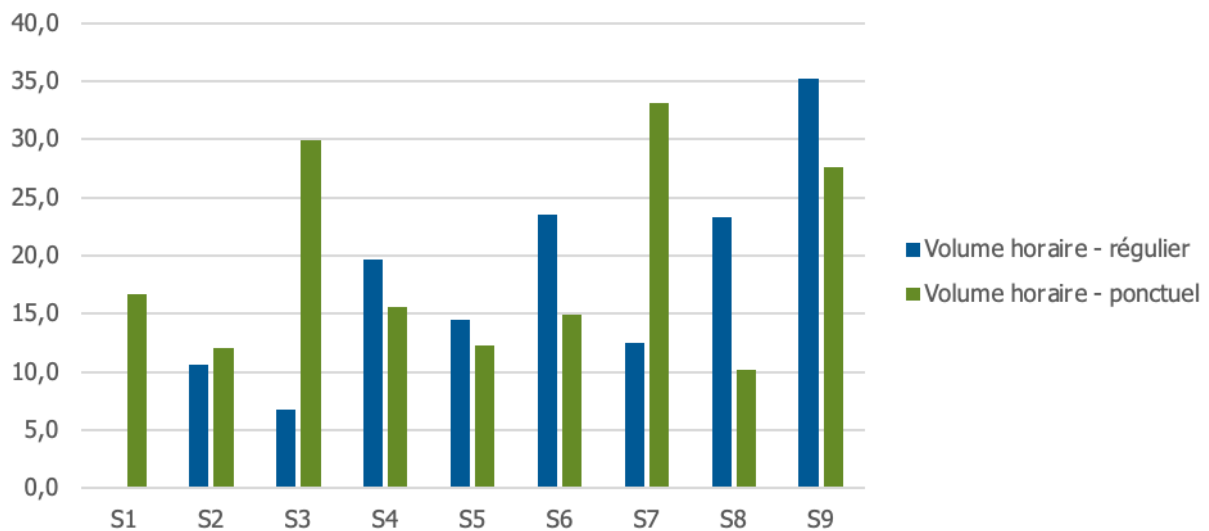


Figure 15. Moyenne sur les 7 établissements - volume horaire, par semestre

En moyenne, durant le tronc commun, on compte 37 heures de cours où sont régulièrement abordés les enjeux (soit en moyenne 1,2 cours) et 74,2 heures de cours où ils sont ponctuellement abordés (donc, rappelons-le, où ils sont abordés de façon non structurante), soit en moyenne 2,3 cours. **Sachant qu'en premier cycle ingénieur, les étudiants suivent en moyenne 1500 heures de cours, on perçoit pleinement le caractère marginal de ces résultats.** En pourcentage, cela représente respectivement 2,5 % des cours qui abordent régulièrement les enjeux, et 5 % des cours qui les abordent ponctuellement.

**Force est de constater qu'à ce jour, le temps dédié à la compréhension des enjeux socio-écologiques est insuffisant si l'on veut que les étudiants acquièrent des bases solides durant le premier cycle ingénieur.**

Cette réalité nous avait déjà été exprimée par de nombreux interlocuteurs internes dans les établissements du Groupe INSA qui dès septembre nous avaient signalé l'absence de structure en ce qui concerne l'intégration des enjeux socio-écologiques. Cette lucidité montre bien la volonté d'une partie des enseignants de faire bouger les cours, et la difficulté que cela représente au vu de la complexité de la tâche.

Cependant, on ne peut pas dire que rien n'est fait. Les moyennes présentées ci-dessus reflètent, sur les 7 établissements, un total de 220 cours qui abordent ponctuellement ou régulièrement les enjeux socio-écologiques sur les 5 années de formation. 29 de ces cours prennent place en 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> année d'école, et les 191 restants prennent place entre la 3<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> année. En fonction des établissements, le nombre de cours recensés par filière est cependant très variable. 191 cours sur 31 filières ne signifie pas que par filière, 6 cours abordent ponctuellement ou régulièrement certains enjeux : cela signifie uniquement que ceux qui s'emparent d'ores et déjà d'un ou de plusieurs enjeux dans leurs enseignements existent. Ce qu'on ne sait pas dire, c'est pour quelle raison ils traitent ces sujets : est-ce par conviction ? Est-ce par impératif en termes d'acquis d'apprentissage ?

Ces premiers résultats mettent en lumière **l'ampleur du chantier à mener en ce qui concerne la transformation des formations ingénieur.** Celle-ci passera indéniablement par un changement de paradigme à tous niveaux : s'il paraît aujourd'hui inconcevable qu'un étudiant ne sache pas faire un bilan des forces en sortie de premier cycle ingénieur, n'est-il pas temps qu'il paraisse également inconcevable qu'il ne sache pas réaliser un bilan carbone ? Notamment dans des établissements où la formation s'articule sur 5 années, il y existe un fort

potentiel d'action afin de former des ingénieurs conscients, sur toute la durée de leur cursus, et ce dès leur entrée dans l'enseignement supérieur.

Les résultats de cette étude doivent encore être complétés par les données manquantes d'autres établissements du Groupe INSA, et déclinés de façon plus parlante. Par exemple, distinguer les filières, afin de faciliter le travail de fond qui devra être mené au sein même des différentes spécialités.

## 2. Limites de l'approche choisie

**Une hétérogénéité découle des supports exploités pour ce travail.** Ceux-ci ont varié d'un établissement à l'autre. Nous avons dans certains cas travaillé avec des tableurs indiquant les cours abordant des enjeux socio-écologiques (avec une sémantique variant d'un établissement à l'autre), et dans d'autres cas, nous avons fondé notre étude sur les maquettes pédagogiques fournies par les référents du projet, qui ne permettent pas une bonne compréhension des contenus des enseignements. Le processus itératif était censé combler au maximum cette hétérogénéité, cependant **nous ne pouvons pas garantir que la validation ait été réalisée avec la même attention pour chaque établissement.**

Même en définissant au mieux ce que nous comprenons comme un cours dédié, cours abordant régulièrement / ponctuellement les enjeux, **l'interprétation varie d'un interlocuteur à l'autre.** Les notions liées à ces enjeux sont complexes et souvent entrelacées. Il n'est pas exclu que certains cours n'aient pas été considérés par l'établissement alors que nous les aurions comptabilisés. De la même manière, certains cours ont peut-être pris une place trop importante par rapport à la réalité.

**Enfin, il est important de noter le manque de moyens mis à disposition des enseignants.** Leur charge de travail est conséquente, et ils éprouvent des difficultés à trouver du temps à consacrer au projet. Cela souligne une fois de plus l'importance d'avoir un engagement fort de la part des directions, concrétisé par la mise en place de moyens : leur libérer du temps afin que ce ne soit pas une énième tâche qui s'ajoute aux autres.

## II. À quoi former les ingénieurs ? Construction d'un référentiel d'objectifs pédagogiques

### A. Comment enseigner, quoi enseigner, et pourquoi ?

**C'est, pour le moment, sous forme d'un référentiel qu'il a été choisi de rendre compte des premières propositions du *Shift* et du Groupe INSA.** Il s'agit là d'une proposition, d'une base de réflexion et il ne peut être pris comme un référentiel prescriptif à l'intention des seuls enseignants. Au même titre que le « [Guide de compétences DD&RS](#) » de la CGE et de la CPU<sup>56</sup>, ce référentiel s'adresse à l'ensemble des acteurs de l'enseignement supérieur afin d'amorcer et de structurer une réflexion, aux équipes pédagogiques comme proposition d'un outil concret dont ils peuvent se saisir selon leurs besoins, aux décideurs pour servir d'aide à la décision, notamment sur les questions d'employabilité, et aux élèves comme comparatif par rapport à leur formation, afin d'analyser si cette dernière répond bien aux besoins soulevés par les enjeux socio-écologiques.

Dans la lignée du Manuel de la Grande Transition et de beaucoup d'autres (CGE-CPU, UNESCO, CTI, École Nationale des Ponts et Chaussées, etc.), ce référentiel est d'abord une invitation pour les parties prenantes des écoles d'ingénieur et les établissements de l'enseignement supérieur en général à se rassembler, échanger ou débattre sur les formations et leurs rapports aux enjeux socio-écologiques. **L'outil que constitue le référentiel proposé par le *Shift* peut servir de prétexte, de support à la discussion afin de nourrir ce que seront, à terme, des choix propres à chaque établissement.**

Notons tout d'abord que cette première version du référentiel, présentée dans ce rapport, n'est pas une version finale. Le retour des ateliers organisés le 9 février 2021, la suite des échanges avec les parties prenantes dans les établissements concernés et la poursuite d'une analyse bibliographique donneront vraisemblablement des évolutions.

#### En quoi ce référentiel est-il différent des autres ?

**Ces objectifs d'apprentissage se fondent sur des arguments rationnels provenant aussi bien des sciences dites « exactes » et « de la nature » (les émissions anthropiques de gaz à effet de serre provoquent un réchauffement climatique) que des sciences humaines et sociales (les techniques ont une dimension politique).**

Il existe de nombreux référentiels ou guides (Tableau 1), dont le format peut rendre l'appropriation par les enseignants et étudiants dans la pratique parfois difficile. À noter que le Manuel de la Grande Transition se distingue particulièrement par sa forme et son positionnement. Il a notamment inspiré les réflexions du *Shift* concernant le référentiel, en raison de la place importante qu'il accorde aux sciences humaines et sociales dans l'enseignement supérieur. **Dans le référentiel du *Shift*, les objectifs d'apprentissage sont formulés sous la forme de prises de position accompagnées d'éléments concrets (connaissances, descriptions, exemples, etc.).** D'une part, cela permet d'amorcer l'échange autour de ces premières prises de position (exemple : « les techniques de l'ingénieur sont politiques »). D'autre part, la partie concrète vise une meilleure appropriation par les parties prenantes.

<sup>56</sup> « Guide de compétences DD&RS », CGE, CPE, 2016. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

Les 4 domaines du <i>Shift</i>	6 portes (Manuel de la Grande Transition)	5 disciplines (P. Senge)	5 compétences (CGE/CPU)	8 compétences (UNESCO)
<b>Adopter une approche systémique et transdisciplinaire qui permette de se positionner</b>	Oikos	Pensée systémique	Systémique	Analyse systémique
<b>Adopter une approche historique &amp; prospective</b>	Logos	Vision partagée	Prospectives	Anticipation
	Ethos	Maîtrise personnelle	Responsabilité / éthique	Réflexion critique
<b>Mobiliser les techniques de l'ingénieur, en considérant leur non-neutralité donc leur dimension politique, en vue de répondre aux objectifs sociétaux</b>	Nomos	Modèles mentaux	Changements / nature et gouvernance des changements	Normatif Résolution intégrée des problèmes
<b>Définir et mettre en œuvre une stratégie soutenable de réponse aux enjeux socio-écologiques, à son niveau et avec esprit critique</b>	Praxis	Apprenance en équipe	Collectives (& Responsabilité / éthique)	Collaboration Stratégie
	Dynamis	(co-presencing)	-	Connaissance de soi

Tableau 1. Proposition de correspondance entre les domaines de différents référentiels (d'après Le Manuel de la Grande Transition p. 351)

## 1. La guerre des paradigmes ! Est-ce un « référentiel de compétences » ?

Le référentiel du *Shift* n'est pas un « référentiel de compétences » à proprement parler : d'abord parce qu'il n'est pas construit via une « approche par compétences », ensuite car le terme « compétences » ne serait pas utilisé avec la même définition que les instances de décisions qui appellent à l'utilisation de cette notion, ce qui confondrait encore davantage ses utilisateurs.

La Commission des titres d'ingénieurs (CTI) définit « compétence » (au singulier) comme « à prendre au sens large : pour les élèves ingénieurs il s'agit le plus souvent d'aptitude, de capacité, s'appuyant sur des connaissances »<sup>57</sup>. La Commission nationale des certifications professionnelles (CNCP), quant à elle, expose que « la compétence peut être envisagée comme la mobilisation de manière pertinente de ses ressources (par exemple : savoirs, savoir-faire techniques, savoir-faire relationnel) et de celles de son environnement dans des situations diverses pour exercer une activité en fonction d'objectifs à finalité professionnelle à atteindre. Le résultat de sa mise en œuvre est évaluable dans un contexte donné (compte tenu de l'autonomie, des ressources à disposition, de la situation) mais la compétence doit pouvoir être transférable d'un contexte à un autre »<sup>58</sup>. Enfin, l'OCDE propose un concept de compétence qui « ne renvoie pas uniquement aux savoirs et savoir-faire, il implique aussi la capacité à répondre à des exigences complexes et à pouvoir mobiliser et exploiter des ressources psychosociales (dont des savoir-faire et des attitudes) dans un contexte particulier »<sup>59</sup>.

Au-delà de ces définitions générales et parfois peu applicables en pratique, les référentiels de compétences sont construits en partant du besoin des entreprises (« référentiel métiers »)<sup>60</sup>, résultat d'un processus historique de capture de l'enseignement public au service du privé. Cette méthode peut être critiquable étant donné qu'elle peut facilement réduire l'objectif du référentiel final à une recherche de performance et de rentabilité dans la vie

<sup>57</sup> « Références et Orientations, Cahier complémentaire Partie 3. Compléments sur les critères de qualité des formations », Commission des titres d'ingénieurs (CTI), janvier 2010, p.9

<sup>58</sup> Voir France Compétences (<https://www.francecompetences.fr/>)

<sup>59</sup> « La définition et la sélection des compétences clés », OCDE, 2005. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

<sup>60</sup> « Concevoir un référentiel de compétences », P. Arnault et B. Escrig, *Commission de la CTI*. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

professionnelle<sup>61</sup>, avec les compétences clés d'« autonomie » et de « flexibilité » placées au centre de ces référentiels par exemple<sup>62</sup>. De plus, le cadre conceptuel behavioriste de l'approche par compétences peut être assez réducteur. Premièrement, car il tend à réduire l'élève à un « apprenant » (un élève complètement autonome dans son apprentissage) et l'enseignant à un « facilitateur » (un accompagnateur de l'apprentissage de l'élève). Deuxièmement, cela peut constituer une approche très mécaniste de l'apprentissage où le comportement de l'« apprenant » est à adapter en fonction de la situation. Enfin, l'évaluation des compétences implique que ces dernières soient quantifiables et observables. Beaucoup d'autres approches de l'apprentissage viennent compléter (et parfois s'opposer) à cette vision (le constructivisme de Piaget ou le socioconstructivisme pour ne citer que ceux-là)<sup>63</sup>.

**Pour toutes ces raisons, *The Shift Project* a fait le choix de ne pas s'appuyer sur une approche unique étant donné la pluralité et la complémentarité de toutes les approches existantes.** Le but est d'identifier les connaissances de l'ingénieur et ses capacités individuelles et collectives, nécessaires pour affronter les enjeux socio-écologiques. Cela sans préjuger de la meilleure manière de les mettre en place. Ce qui prime est le fond et l'esprit du référentiel, il revient aux équipes pédagogiques et aux élèves de déterminer la forme qui leur semble la plus adaptée. Les établissements peuvent également s'inscrire dans une démarche prospective afin de faire évoluer les contenus de formation et par extension, les pratiques professionnelles.

### **Que faut-il enseigner aux élèves ingénieurs pour leur permettre d'appréhender et de faire face aux enjeux socio-écologiques dans leur métier comme dans leur vie de citoyen ?**

Voilà la question à laquelle ce référentiel propose un début de réponse. Pour une question de compréhension d'abord, l'importance accordée aux « sciences humaines et sociales » est expliquée dans la partie ci-dessous. Pour une question de lisibilité ensuite, le référentiel est d'abord présenté sous une forme synthétique (macroscopique). Enfin, afin de pouvoir être étudié et utilisé pleinement, le référentiel est présenté dans tout son détail.

**Rappelons que la version du référentiel proposée ci-dessous n'est pas définitive.**

## **2. L'importance de la complémentarité entre sciences humaines et sociales & techniques de l'ingénieur**

Nos échanges avec certaines associations (Ingénieurs Sans Frontières, Ingénier·es Engagé·es), certains collectifs (FORTES) et certains établissements du Groupe INSA nous ont amené à la conclusion suivante : **la formation des ingénieurs est une formation avant tout technique mais elle ne doit pas se limiter à cela.** Deux questions se posent alors : quels types de techniques pour l'ingénieur ? Et quelle complémentarité entre technique et sciences humaines et sociales (SHS) ? **La dimension technique de l'ingénieur reste et doit rester la principale expertise des ingénieurs.** L'ingénieur doit être capable d'utiliser ses compétences techniques en prenant en compte les enjeux socio-écologiques. **Les formations doivent donc adapter l'enseignement des « techniques traditionnelles »** (de dimensionnement, de traitement des eaux et des déchets, de conception, etc.), **ainsi que les compléter avec des « techniques alternatives »** (écoconception, *low tech*, comptabilité carbone, phytoépuration, lagunage, permaculture, etc.). Cela est alors complémentaire avec la nécessité d'adopter une posture interdisciplinaire. Cette interdisciplinarité passe par une formation ouverte sur les sciences humaines et sociales non-utilitaristes.

Il arrive que soient distinguées les sciences humaines et sociales dites « utilitaristes » et celles dites « non utilitaristes ». Les premières sont déjà enseignées aux étudiants ingénieurs et ont pour but de les rendre plus efficaces et productifs dans leur travail (communication, comptabilité, management, interculturalité, développement interpersonnel, langues, etc.). Les secondes sont enseignées afin de donner les clés de compréhension du monde et dans lequel les ingénieurs vont être amenés à évoluer. Elles sont difficilement

<sup>61</sup> « L'obsession des compétences. Son impact sur l'école et la formation des enseignants », G. Boutin et L. Julien, *Editions Nouvelles Montréal*, 2000

<sup>62</sup> « Cadre de compétences », OCDE, [https://www.oecd.org/fr/carrieres/cadre\\_de\\_compences\\_fr.pdf](https://www.oecd.org/fr/carrieres/cadre_de_compences_fr.pdf) (consulté le 12/01/2021)

<sup>63</sup> « Le behaviorisme et le constructivisme ou la guerre des paradigmes », G. Boutin, 2000, p. 37-40



« quantifiables » en termes de performance au regard des indicateurs actuellement utilisés. **Pour l'ingénieur, il s'agit surtout d'avoir des connaissances fondamentales en épistémologie<sup>64</sup>, en sociologie des sciences et en histoire des sciences afin de pouvoir faire le lien entre les savoirs, les sciences, les techniques et la société.** Le propos de la climatologue Anaïs Orsi, spécialiste de l'Antarctique qui explique que « pour qu'il y ait de l'action, on a aujourd'hui plus besoin de sciences sociales que de sciences du climat »<sup>65</sup>, peut être transformé, au regard de ce qui précède par la formule suivante : **pour qu'il y ait de l'action, on a besoin de sciences humaines et sociales couplées à des techniques de l'ingénieur adaptées qui s'appuient sur les sciences fondamentales, ces dernières constituant un socle indispensable mais pas suffisant.** D'abord, parce que l'action dont il est question implique le plus souvent des changements de comportement, des changements politiques et des changements dans l'organisation de la société, qui ne peuvent être discutés et débattus correctement dans le seul cadre des sciences de la nature. En effet, il s'agit de questionnements et de cadres conceptuels, qui relèvent eux-mêmes de la sociologie, de l'anthropologie, de la psychologie, de la philosophie et d'autres. Ensuite, parce que les sciences fondamentales constituent le socle de l'enseignement des écoles d'ingénieur ; c'est même le cœur des classes préparatoires aux Grandes Écoles d'où viennent la plupart des étudiants. Il y a donc peu de doute à avoir quant aux connaissances et compétences (calculs, théories, etc.) des étudiants sortant des écoles d'ingénieur sur ces sciences. En revanche, il n'est pas évident que ces mêmes étudiants ingénieurs disposent des clés pour comprendre en quoi leurs (futurs) actions d'ingénieurs orientent les trajectoires sociales et techniques. Il faut en avoir conscience afin de décider collectivement de trajectoires plus résilientes. L'intégration des sciences humaines et sociales dans les formations d'ingénieur est nécessaire à la compréhension même des problèmes auxquels ils devront faire face.

Il s'agit de centrer la formation autour des enseignements techniques (adaptés et « alternatifs ») en y mêlant une dimension interdisciplinaire (notamment en SHS). En effet, certains objets nécessitent l'intervention de différents champs disciplinaires. S'il paraît par exemple évident que l'installation d'éoliennes implique des techniques, d'autres connaissances sont indispensables, comme la compréhension de la situation sociale des agriculteurs qui peuvent bénéficier de revenus grâce à cette installation, ou encore la relation qu'entretient une population avec un paysage. **L'ingénieur doit développer sa capacité d'intégration de différentes disciplines dans son travail, et cette vision holistique ne peut que renforcer le bien-fondé de ses actions, et son rôle d'ingénieur responsable.**

## B. Référentiel macroscopique : une première proposition de réflexion

**Ce référentiel présente l'ensemble des objectifs d'apprentissage de l'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle, ainsi que leur articulation.** La représentation des objectifs d'apprentissage et de leur articulation se présente sous une forme pouvant rappeler notre Terre et sa dimension finie. Les principes physiques s'y imposent.

- Les 3 disques concentriques bleu, violet et rouge décrivent les **enjeux socio-écologiques que l'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle doit comprendre et connaître.** Nous devons respecter des contraintes physiques et mobiliser des moyens institutionnels et techniques en vue de répondre à des objectifs sociétaux indiscutables et partagés. Ces derniers représentent les fins à viser, comme la garantie d'une bonne santé pour les générations présentes et futures. Des contraintes physiques s'imposent à nous dans cette entreprise : conséquences du changement climatique et de l'effondrement de la biodiversité, ressources planétaires limitées, etc. Enfin, différents moyens institutionnels et techniques permettent à l'ingénieur d'agir : les modes de gouvernance, le système industriel, etc.
- Sur la partie gauche, **l'ingénieur s'inscrit dans ce monde et dans nos sociétés et doit également agir en qualité de citoyen. Différentes compétences lui permettent de mobiliser pertinemment sa connaissance des enjeux afin de relever le défi de la transition socio-écologique.** L'adoption d'une approche systémique et transdisciplinaire lui permet de conserver une vue holistique de la crise et des réponses à lui apporter et ainsi d'orienter sa réflexion. L'analyse des constructions et des choix passés lui permet de mieux appréhender la situation actuelle et d'imaginer des trajectoires souhaitables. Ayant

<sup>64</sup>Epistémologie « Partie de la philosophie qui a pour objet l'étude critique des postulats, conclusions et méthodes d'une science particulière, considérée du point de vue de son évolution, afin d'en déterminer l'origine logique, la valeur et la portée scientifique et philosophique », CNRTL  
<sup>65</sup> « Quatre quarts des sciences », intervention d'Anaïs Orsi, organisé par La Base, citation à 1h16. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

saisi l'influence des sciences et des techniques sur les sociétés, il est dès lors capable de les mobiliser en toute conscience. Enfin, son sens des responsabilités et son esprit critique lui permettent de définir et d'engager une stratégie soutenable, au niveau de son entreprise ou, à défaut, à son niveau.



Figure 16. Représentation graphique du référentiel d'objectifs d'apprentissage, The Shift Project

À titre d'exemple, il s'agit d'étudier l' « approvisionnement énergétique » de façon systémique (étude du système d'approvisionnement mondial, dépendance géopolitique, etc.), sous le regard de différents champs disciplinaires (économie, histoire des techniques, politique, etc.).

Quelques principes essentiels de ce référentiel :

- **Proposition à mettre en débat.** Ce référentiel est une invitation à amorcer ou continuer l'échange et l'élaboration collective d'un référentiel (ou de tout autre outil) au sein de chaque établissement et groupement d'écoles.
- **Complémentarité des objectifs d'apprentissage.** Aucune priorisation n'a été réalisée. Il est fortement recommandé de ne pas réaliser de hiérarchie et d'introduire chacun des objectifs d'apprentissage listés sans les dissocier, quitte à en réduire l'ampleur temporairement. De même, les compétences et les connaissances des enjeux socio-écologiques doivent être enseignées conjointement, sans prioriser les unes ou les autres.
- **Indissociation des objectifs d'apprentissage.** Les enjeux socio-écologiques abordés sont indissociables des compétences de l'ingénieur citoyen, tout comme le sont les enjeux socio-écologiques entre eux et les composants des compétences de l'ingénieur citoyen.
- **Évolutivité.** Ce référentiel n'a pas vocation à être immuable, et a vocation pour l'établissement qui souhaitera l'utiliser à être régulièrement mis à jour selon l'avancement du degré de compréhension des enjeux socio-écologiques.

## C. Référentiel complet

### 1. L'ingénieur citoyen

Les compétences présentées dans cette partie se divisent selon la nomenclature suivante (Tableau 2). Un premier niveau de détail est donné pour chacune des sous-catégories, afin d'en donner l'esprit plus qu'une description exhaustive. Quelques références, sur lesquelles s'appuie cette première version, sont également proposées. La présente version est destinée à être mise en débat dans chacune des écoles afin d'en construire collectivement une nouvelle version.

Tableau 2. Nomenclature des compétences de l'ingénieur citoyen

<b>1. Adopter une approche systémique et transdisciplinaire qui permette d'orienter sa réflexion</b>	
1.1	Adopter une approche systémique
1.2	Savoir articuler les savoir-faire de différents champs disciplinaires dans un contexte de décision ou d'action
<b>2. Adopter une approche historique puis prospective</b>	
2.1	Comprendre les limites de l' « Anthropocène » et ses conséquences sur notre présent : enjeux socio-écologiques
2.2	Déconstruire les anciens récits (sans nécessairement les rejeter) et en construire de nouveaux
2.3	Comprendre les scénarios existants et être capable d'engager une démarche prospective
2.4	Évaluer les risques et incertitudes dans une approche prospective
<b>3. Mobiliser les techniques de l'ingénieur et considérer leur non-neutralité donc leur dimension politique, en vue de répondre aux objectifs sociétaux</b>	
3.1	Maîtriser les outils de quantification de l'ingénieur et les transformer
3.2	Inscrire un produit, un procédé dans une démarche responsable et pouvoir en identifier les limites
3.3	Maîtriser, critiquer et faire évoluer les méthodes de management utilitaristes actuelles
<b>4. Définir et mettre en œuvre une stratégie soutenable de réponse aux enjeux socio-écologiques, à son niveau et avec un esprit critique</b>	
4.1	Définir et assumer sa sphère de responsabilité individuelle et une sphère de responsabilité collective
4.2	Interroger les modes de gouvernance pour atteindre un intérêt général
4.3	Décider et mettre en œuvre dans une logique de durabilité en s'appuyant sur l'esprit critique, l'autonomie et la réflexivité
4.4	Actualiser ses connaissances et les transmettre afin d'inciter à l'action

#### OBJECTIF 1.

#### Adopter une approche systémique et transdisciplinaire qui permette d'orienter sa réflexion

**1.1 Adopter une approche systémique**, signifie traiter les éléments d'un problème dans leur ensemble (englober) et les interactions entre ces éléments (associer). Tout particulièrement, l'ingénieur doit être capable de prendre en compte les interactions entre le système technique, le système humain et le système naturel. Il doit également pouvoir réfléchir en termes de flux et de stock. Le but de cette démarche consiste à pouvoir gérer la

complexité d'une situation et à déterminer les conséquences d'une action à différentes échelles spatiales et temporelles (voir Objectif 2). Pour saisir et comprendre pleinement les interactions entre les composantes d'un même système et s'assurer que certains aspects d'un problème n'ont pas été omis, une approche interdisciplinaire est essentielle.

*Références : voir les travaux d'Arthur Keller, l'audition de Nicolas Raillard pour le Shift,*

**1.2 Savoir articuler les savoir-faire de différents champs disciplinaires dans un contexte de décision ou d'action**, c'est-à-dire, mobiliser des champs disciplinaires pertinents ou identifier des experts de ces champs afin de recueillir leur expertise. L'ingénieur agissant dans et pour le système technique, il semble fondamental qu'il soit capable d'en identifier les avantages et les limites, non seulement du point de vue de l'efficacité d'un outil technique, mais aussi dans toutes ses dimensions sociales et politiques. Par exemple, l'étude des controverses sociotechniques nécessite de mobiliser le champ des Sciences et Techniques en Société, lui-même interdisciplinaire (épistémologie, sociologie des techniques, philosophie des techniques, etc.).

*Références : voir les travaux de Dominique Pestre,*

C'est avant tout un « objectif d'échelle ». L'idée est de réussir à articuler les différentes échelles (au niveau des systèmes, des territoires, des disciplines...), notamment pour être capable d'analyse et de médiation sur des questions de société liées aux techniques, c'est-à-dire sur les controverses sociotechniques.

## OBJECTIF 2.

### Adopter une approche historique puis prospective

**2.1 Comprendre l'avènement de l' « Anthropocène » et ses conséquences sur notre présent : les enjeux socio-écologiques.** A l'heure de la « Grande Accélération »<sup>66</sup> et des promesses technoscientifiques tournées vers le futur, historiciser ses réflexions et son travail afin de les ancrer dans des trajectoires techniques et sociales de plus long terme est nécessaire pour conclure quant à la pertinence, la nécessité et la pérennité des actions que va mener l'ingénieur. Cela revient à analyser les conséquences du système thermo-industriel, associé aux politiques néolibérales. Puis, à mettre ces conséquences en relation avec les limites physiques (planétaires) et sociales.

*Référence : Rapport Meadows, travaux de Jean-Baptiste Fressoz*

**2.2 Déconstruire les anciens récits (sans nécessairement les rejeter) et en construire de nouveaux<sup>67</sup>.** Une fois ses propres actions mises en perspective dans une histoire longue, une analyse réflexive est importante. C'est-à-dire, faire preuve d'esprit critique sur soi-même, son travail, ses croyances, sa conscience, son langage, etc. Déconstruire les discours dominants et analyser l'influence des technosciences sur nos comportements et imaginaires en partant de l'analyse du langage utilisé peut être une bonne porte d'entrée. Construire de nouveaux récits pour l'ingénieur, signifie se demander collectivement et individuellement « quels ingénieurs voulons-nous devenir et à quelles sociétés voulons-nous contribuer ? ». Pour cela, l'art, les lettres et la fiction entre autres peuvent contribuer à libérer nos imaginaires.

*Références : Manuel de la Grande Transition, audition de Philippe Bihouix*

**2.3 Comprendre les scénarios existants et être capable d'engager une démarche prospective**, c'est-à-dire chercher à dessiner les contours d'une vision de l'avenir en s'appuyant sur notre compréhension du présent au regard du passé. Au-delà de tenir compte et de saisir les limites des principaux scénarios et projections, l'ingénieur doit pouvoir engager une démarche prospective qui respecte les limites physiques (irréversibilité,

<sup>66</sup> « Ces soixante dernières années, les êtres humains ont altéré les écosystèmes plus rapidement et plus profondément que dans aucune autre période comparable de l'histoire humaine. Les courbes figurant les tendances historiques de l'activité humaine et les changements physiques qui ont affecté le système terrestre présentent une progression lente depuis 1750 et une croissance exponentielle après 1950. En 2005, les climatologues Will Steffen, Paul Cruzen et l'historien John McNeill ont proposé le terme de « grande accélération » pour désigner ce phénomène, révélateur de bouleversements sociaux et environnementaux. », Cécile Marin, Le Monde Diplomatique. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

<sup>67</sup> Cette partie est largement inspirée des travaux du collectif FORTES, publiés dans le Manuel de la Grande Transition (Porte « Logos », p. 203)

stocks...) et sociales (effet rebond, verrou technologique...), prend en compte l'existant et respecte les principes démocratiques (se rassembler, échanger, délibérer)

*Références : voir les travaux de Jacques Rancière, le rapport « Explorer l'avenir pour planifier la transition énergétique » de Nicolas Raillard ainsi que le rapport « scénarios énergie-climat : évaluation et mode d'emploi » de Romain Grandjean*

**2.4 Évaluer les risques et incertitudes dans une approche prospective**, non pas seulement du point de vue des normes ou du point de vue physique, mais également en considérant les effets indirects, non anticipés et/ou non désirés (effets rebond potentiels, changements d'usage, usage non envisagé, etc.). Cela requiert également de tenir systématiquement compte de l'incertitude qui pèse sur le choix des paramètres clés d'un scénario ainsi que sur l'évolution de la valeur de ces paramètres, eux-mêmes relatifs à un système.

*Références : rapport « Analyse du risque climat » de Romain Grandjean*

C'est avant tout un « objectif d'échelle temporelle », qui s'appuie sur l'histoire combinée à une approche sociologique notamment. Concevoir des stratégies de réponse aux enjeux socio-écologiques à court, moyen et long terme en prenant en compte les différents scénarios, analysés au regard des autres compétences.

### OBJECTIF 3.

#### **Mobiliser les techniques de l'ingénieur et considérer leur non-neutralité donc leur dimension politique, en vue de répondre aux objectifs sociétaux**

**3.1 Maîtriser les outils de quantification de l'ingénieur et les transformer** afin qu'ils intègrent mieux les enjeux socio-écologiques. Les techniques de l'ingénieur sont nombreuses (celles qui relèvent du management sont exclues dans cette partie). On peut citer les modèles dynamiques dans le cadre de la réalisation de scénario, les modèles de calcul d'empreinte écologique ou de comptabilité carbone, les analyses de cycle de vie (ACV), etc. Mais surtout la nécessité de compléter les techniques de l'ingénieur actuelles avec des « techniques alternatives » (écoconception, *low tech*, comptabilité carbone, phytoépuration, lagunage, permaculture, etc.). Ces « techniques alternatives » sont alors complémentaires avec la nécessité d'un ingénieur interdisciplinaire.

*Références : Audition de Philippe Bihouix et Romain Colon*

**3.2 Inscrire un produit, un procédé dans une démarche responsable et pouvoir en identifier les limites.** De même que les outils de l'ingénieur sont nombreux, les démarches auxquelles les associer ne manquent pas : économie circulaire, démarche systémique, démarche *low tech*, etc. L'important étant d'en identifier les limites (approche quantitative, indicateurs réductionnistes, etc.) pour décider d'y intégrer d'autres valeurs, paramètres, indicateurs, etc. permettant de mieux prendre en compte les enjeux.

*Références : Audition de Philippe Bihouix et Romain Colon*

**3.3 Maîtriser, critiquer et faire évoluer les méthodes de management utilitaristes actuelles.** L'ingénieur, en plus d'avoir le titre qui lui donne une légitimité scientifique, dispose souvent du statut de cadre. Les techniques de management sont donc, la plupart du temps, au cœur de son métier. Or ces dernières ont souvent des origines et objectifs utilitaristes de rentabilité et de performance. Ainsi, l'ingénieur doit avoir un regard critique sur ces techniques en analysant l'organisation du travail en général (l'aliénation au travail, développement personnel, évitement du conflit, types de contrat de travail, discriminations de genre, de classe, d'origine, etc.).

Les techniques utilisées par l'ingénieur sont influencées par un contexte socio-historique, qu'elles influencent également. Elles sont donc loin d'être neutres. L'ingénieur se doit de les utiliser avec justesse, en prenant en compte leurs impacts, leur origine, leur contexte, etc. Cela peut se faire avec une réflexion épistémologique, sociologique, psychologique et une étude relevant de l'histoire des sciences et des techniques.

## OBJECTIF 4.

### Définir et mettre en œuvre une stratégie soutenable de réponse aux enjeux socio-écologiques, à son niveau et avec un esprit critique

**4.1 Définir et assumer sa sphère de responsabilité individuelle et une sphère de responsabilité collective** semble être l'un des premiers engagements à prendre. Il s'agit d'interroger la responsabilité de l'ingénieur à deux niveaux. Premièrement au niveau individuel, questionner sa responsabilité en tant qu'ingénieur. La compréhension des grands principes d'éthique permet de soutenir ce questionnement : savoir analyser les situations et en identifier les dilemmes, questionner les valeurs, connaître les positionnements possibles comme l'analyse des conséquences de ses actes ou l'action selon des principes que le protagoniste juge bons, connaître l'intérêt et les limites des chartes d'éthique ou des codes de déontologie, etc. Aucun principe ni code ne peut constituer un guide strict et unique pour l'action. Secondement, interroger la responsabilité de la filière, des services dans lesquels on travaille.

*Références : Laure Flandrin et Fanny Verrax (« Quelle éthique pour l'ingénieur ? », 2019), Société des ingénieurs et des scientifiques de France (IESF)*

**4.2 Interroger les modes de gouvernance pour atteindre un intérêt général.** Une gouvernance juste des techniques ne peut se faire qu'en prenant en compte l'ensemble de la société, y compris les minorités, et en respectant des principes démocratiques (rassemblement, débat, délibération).

**4.3 Décider et mettre en œuvre dans une logique de durabilité en s'appuyant sur l'esprit critique, l'autonomie et la réflexivité.** Pour s'assurer de tenir compte des enjeux socio-écologiques dans toutes ses décisions, l'ingénieur doit revenir sur ses propres actions et positions afin de les interroger. En d'autres termes, il doit agir en tant que citoyen dans le monde professionnel. L'adoption d'une posture réflexive implique de développer sa capacité de comprendre et de questionner les valeurs sous-jacentes à nos décisions.

**4.4 Actualiser ses connaissances et les transmettre afin d'inciter à l'action.** « Actualiser » activement ses connaissances dans un monde de plus en plus changeant. S'assurer de la transmission de ses connaissances à ses interlocuteurs, notamment décideurs et toute partie prenante de la stratégie proposée. La mobilisation de la médiation scientifique ou du *storytelling* peuvent par exemple inciter à une action pertinente par une bonne assimilation du message.

Motivé par des réflexions de fond, appuyé par des pairs et grâce à des outils techniques, l'ingénieur est prêt à agir, en cohérence avec ses principes et avec les enjeux socio-écologiques. Dans ses actions, il doit faire preuve d'esprit critique puis de réflexivité. Le présent référentiel a pour but de l'y aider et de le guider dans cette réflexion.

## 2. Les enjeux socio-écologiques

Les différents enjeux présentés ci-dessous considérés comme essentiels à aborder en école d'ingénieur en ce qu'ils couvrent des connaissances et savoirs essentiels des enjeux de la transition socio-écologique. Cela ne présuppose pas que tous les enjeux socio-écologiques sont d'importance égale dans le cadre des formations d'ingénieur. Néanmoins, il nous semble préférable d'aborder de façon succincte chacun des enjeux socio-écologiques plutôt que d'en aborder qu'un seul de manière poussée. Chacun des enjeux socio-écologiques a été détaillé selon les compétences présentées précédemment et selon 5 axes principaux (et d'autres lorsque c'était nécessaire). Tous les exemples donnés entre parenthèses sont illustratifs et n'ont pas pour but d'être exhaustifs ou prescriptifs. Chacun des enjeux socio-écologiques suit la structure suivante, à quelques exceptions près :

- Contextualisation (historicisation, contexte social et technique, situation actuelle par rapport aux enjeux socio-écologiques, etc.) ;
- Mécanismes (fonctionnement interne, normes, etc.) ;
- Relations & interactions (liens avec les autres enjeux) ;
- Risques & limites (risques actuels par rapport aux enjeux socio-écologiques et limites des réponses apportées) ;

- Perspectives (quelles projections, quelles solutions, prospective).

## CONTRAINTES PHYSIQUES

### ❖ Approvisionnement énergétique

Le métier de l'ingénieur consiste à modifier son environnement, et donc à utiliser de l'énergie directement ou indirectement. Il doit savoir ce qu'est l'énergie (définition, stock, vecteur, flux, lois physiques...), connaître ses différentes formes et dénominations (renouvelables, fossiles conventionnelles et non conventionnelles, alternatives, intermittentes...) et comment les sociétés en font usage (consommation mondiale et diversité des situations, mix énergétiques, mécanismes de transformation de l'énergie...). Il doit également comprendre les enjeux de l'approvisionnement énergétique via différentes approches : politique énergétique (taxes, normes), géopolitique (provenance des produits pétroliers et risques associés, prospective des pays qui vont se développer le plus fortement dans les prochaines décennies, etc.), économique (corrélation PIB-GES, équation de Kaya), etc. L'analyse des risques peut se faire notamment via différentes visions (double contrainte carbone, limites de stock et analyse des flux, différents systèmes de valeurs, etc.). Enfin, une connaissance des scénarios énergétiques et projections s'avère utile pour que l'ingénieur se projette dans l'avenir.

*Références : scénarios d'ANCRE, de l'UFE, de Négatep, de l'ADEME, de négaWatt, de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et de l'entreprise British Petroleum*

### ❖ Changement climatique

L'ingénieur est amené à prendre des décisions et à manipuler des objets qui sont impactés et qui peuvent impacter le climat. Il s'agit pour lui de comprendre ce qu'est le climat (différence entre météorologie et climatologie), son histoire (Depuis quand est-il considéré ? Pourquoi la création d'un champ scientifique ?...), les différents acteurs – structures ou individus – qui y travaillent (climatologues, GIEC...) ainsi que les mécanismes internes aux changements climatiques (causes, chaînes de causalité, boucles de rétroaction, seuils et conséquences). Il s'agit également de comprendre que la thématique du climat est liée à toutes les autres. En ce sens, elle peut être considérée comme le pivot et le point de départ de l'analyse de tous les enjeux. L'analyse des scénarios du GIEC est indispensable afin de comprendre les limites physiques auxquelles vont venir se heurter les sociétés en fonction des scénarios. Analyse qui est à coupler avec une analyse sociale et politique des enjeux (justice climatique, migrations...) et des réponses que les sociétés essaient d'y apporter (négociations internationales sur le climat, droit de l'environnement, réglementation, fiscalité, géoingénierie...).

*Références : ressources du GIEC, Fresque du Climat, travaux de Jean-Baptiste Fressoz & Fabien Locher, travaux de Christophe Bonneuil qui dirige la collection Anthropocène des éditions du Seuil)*

### ❖ Épuisement des ressources (hors ressources énergétiques)

L'histoire du développement des sociétés est étroitement liée à la disponibilité, à l'extraction, à la transformation, à l'utilisation et à la gestion de fin de vie de différentes ressources, minérales et organiques. Les ressources prodiguent alimentation, puissance physique, santé, culture, confort, etc. et sont donc intrinsèquement liées aux trajectoires sociotechniques empruntées. Elles constituent ainsi les piliers de la majorité des secteurs d'activité, et tout comme les ressources énergétiques, créent des dépendances et des risques pour ces secteurs : épuisement des ressources et donc possibles fluctuations de leur prix et de leur qualité, etc.

*Références : Audition d'Olivier Vidal pour le Shift, les travaux de José Halloy*

### ❖ Effondrement de la biodiversité

Les impacts des métiers de l'ingénieur sont souvent « invisibilisés », par les normes et les systèmes de compensation existants. Au-delà de la connaissance des 5 extinctions de masse passées de la biodiversité, l'ingénieur doit comprendre les causes de la 6<sup>e</sup> extinction, actuellement en cours : artificialisation massive des sols, usage généralisé de produits phytosanitaires, changement climatique, etc. La bonne compréhension de l'intrication entre biodiversité et société (relation entre la santé environnementale et la santé humaine, services

écosystémiques, etc.) ainsi que la connaissance des différentes représentations qu'ont les humains de la nature sont nécessaires pour engager systématiquement des actions pertinentes de protection et de restauration.

*Références : travaux de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES)*

### ❖ **Capacité de production alimentaire des sols**

La capacité de production alimentaire des sols désigne surtout la production alimentaire (agriculture) et par extension influe sur la transformation des matières premières en aliments (industrie agroalimentaire), la distribution alimentaire (commerces) et la consommation (qualité, accessibilité, etc.). Cela ne concerne pas que les ingénieurs agronomes car de nombreuses spécialités d'ingénieurs y sont liées (génie civil, chimique, mécanique, etc.). De fait, les ingénieurs pourront agir directement ou indirectement sur certaines inégalités telles que la précarité alimentaire, ou encore sur les déchets, la consommation d'énergie ou la pollution.

*Références : voir la proposition de « sécurité sociale de l'alimentation » d'Ingénieurs Sans Frontières Agrista, voir les travaux de l'association « Les Greniers d'Abondance », les travaux de Petros Chatzimpiros*

## **MOYENS INSTITUTIONNELS ET TECHNIQUES**

### ❖ **Modèles de gouvernance**

En tant que futurs cadres pour la plupart, les ingénieurs doivent connaître les différents modèles de gouvernance et les différentes institutions décisionnelles avec lesquelles ils devront travailler. Ils doivent comprendre les limites de la représentativité (politique, scientifique, citoyenne) et connaître des manières alternatives de gouverner (démocratie technique, respect des principes démocratiques...).

*Références : travaux de Dominique Pestre sur la démocratie technique, de Jacques Rancière sur la démocratie & de Gaël Giraud sur les communs*

### ❖ **Système industriel**

L'industrie est aujourd'hui centrale dans la plupart des modèles de société et l'ingénieur en est l'un des principaux acteurs. Comprendre son histoire, au moins depuis la révolution industrielle, c'est comprendre son évolution sociotechnique, ses conséquences passées, et c'est pouvoir anticiper les conséquences à venir afin de construire un système industriel pérenne, qui réponde avant tout aux besoins de la société (notamment des générations futures) et non à des intérêts privés.

*Références : travaux de Marcel Gauchet*

### ❖ **Systèmes économique et financier**

Le travail de l'ingénieur s'inscrit dans un contexte économique et financier. Il doit en comprendre les limites (choix d'indicateurs tels que le PIB, implications sociales, destruction du vivant, etc.) et le fonctionnement (macroéconomie, microéconomie) afin de pouvoir le questionner. L'étude d'alternatives, telles que la décroissance matérielle et l'amélioration de la qualité de vie comme indicateurs, lui permet de contribuer à provoquer un basculement vers un modèle économique soutenable pour toutes et tous, générations présentes et futures tout en tenant compte du contexte dans lequel appliquer ou promouvoir ces alternatives (par exemple un objectif de décroissance est-il envisageable et/ou souhaitable dans le cas de pays africains ?).

*Références : travaux de Gaël Giraud, d'Alain Grandjean*

### ❖ **Système juridique**

L'ingénieur n'est pas un acteur du système juridique à proprement parler. Cependant il manipule des normes (Code de l'environnement, ISO...) qu'il participe parfois à créer et doit respecter des lois dans le cadre de l'exercice de



son métier (corruption, écocide, etc.). Il doit être capable de solliciter les experts pertinents en fonction de la situation. Afin d'éviter des pratiques nuisibles pour les humains ou pour l'environnement, il doit connaître les manières dont les normes ou lois peuvent être contournées volontairement ou non, notamment via l'approvisionnement de produits d'autres pays ou par l'interprétation minimaliste des textes.

### ❖ **Systeme de l'enseignement et de la recherche**

Les techniques qu'utilisent les ingénieurs sont rarement analysées dans leur dimension sociale, notamment politique. Des bases en épistémologie, en histoire des techniques, en philosophie des techniques, en sociologie des techniques et en anthropologie des techniques permettront à l'ingénieur de comprendre les objets techniques qu'il manipule (management, ACV, comptabilité carbone, empreinte écologique, écoconception, etc.) et d'en cerner les limites et potentiels. L'ingénieur doit faire face à certaines questions dans l'exercice de son métier qu'il peut mieux appréhender s'il y a été formé : éthique de l'ingénieur, épistémologie, histoire des techniques, conception philosophique de la nature, sur la constitution d'un savoir scientifique, sur la tension entre légitimité de la démocratie et autorité de la science, etc.

*Références : travaux de Jacques Ellul sur le système technicien, Langdon Winner sur la dimension politique de la technique, travaux de Christelle Didier, Fanny Verrax et Laure Flandrin sur l'éthique des ingénieurs ; de Catherine Roby, Simon Paye et Antoine Derouet sur l'histoire de la place des SHS dans les formations d'ingénieur*

**OBJECTIFS SOCIÉTAUX – Paix et justice, santé, éducation, réduction des inégalités pour les générations présentes et futures**

### III. Plan d'action : concrètement, comment faire ?

Les recommandations et conclusions évoquées dans cette partie sont temporaires, le travail entre *The Shift Project* et le Groupe INSA n'ayant pas encore beaucoup approfondi cette phase du projet ; le rapport final sera donc à consulter pour disposer d'éléments plus aboutis. Cependant, nos différents échanges avec les professionnels du secteur, y compris les établissements du Groupe INSA, nous ont amené à faire ressortir des premiers éléments.

Il y a tout d'abord pour nombre d'enseignants **la peur de voir la qualité de la formation se dégrader si certains enseignements fondamentaux étaient amenés à être modifiés** (changement du programme, volume horaire moindre). En effet, intégrer de nouvelles notions, nécessite de faire de la place dans les programmes (ce qui implique de « prendre des heures » à certains enseignements existants), notamment lorsque des cours sont créés. Dans des formations où les volumes horaires sont déjà saturés, la modification des maquettes pédagogiques est un sujet épineux. Peut-être symptôme de ce premier point, on constate une volonté partagée par les établissements du Groupe INSA **d'intégrer au maximum les notions liées aux enjeux socio-écologiques dans l'existant.**

D'un point de vue pédagogique, le besoin de ressources est souvent ressorti de nos échanges. En termes de contenu, mais aussi en termes de format et de pédagogie à employer. Aujourd'hui, si certains enseignants ont déjà réfléchi à la question d'intégration des enjeux dans leurs enseignements, ils se heurtent à **un manque de ressources qui les freine, même lorsqu'ils adhèrent à la nécessité d'adapter leurs cours.**

**La question du temps dédié est également une préoccupation importante.** Le temps libéré par les établissements pour les équipes pédagogiques est jugé insuffisant, tout comme la reconnaissance des missions d'enseignement de l'enseignant-chercheur. Dans le cadre du projet ClimatSup INSA, l'ambition des échéances fixées (premières évolutions initialement prévues pour la rentrée 2021) dans un contexte sanitaire incertain a été mentionnée, et a mis en lumière l'inquiétude d'instaurer des changements qui se veulent profonds sans prendre le temps de le faire correctement.

**Globalement, tous s'accordent sur le fait qu'il est nécessaire d'embarquer l'ensemble des parties prenantes des établissements dans ce projet, et notamment qu'il y ait une adhésion forte du côté des enseignants.**

#### A. Se donner et donner les moyens

##### 1. Les établissements à la manœuvre

**Un projet est toujours plus facile à mettre en œuvre lorsqu'il dispose d'objectifs clairs, de moyens adéquats et de l'adhésion de ses parties prenantes. Dès lors, quelles sont les conditions à remplir pour permettre aux établissements de mettre en œuvre un ambitieux projet de réforme de ses enseignements ?**

Ce rapport intermédiaire n'est pas l'heure des bilans définitifs, mais l'on peut d'ores et déjà mentionner des recommandations faites aux établissements du Groupe INSA, qui peuvent probablement être considérées par la plupart des établissements de formation d'ingénieur :

- **La direction de l'établissement ou du groupement d'établissements doit afficher clairement sa volonté** de faire évoluer le programme pédagogique afin de répondre aux enjeux socio-écologiques. Le niveau d'ambition doit être explicité, et le projet doit faire partie des priorités dans la stratégie de l'établissement, et ne pas sous-estimer l'ampleur et la complexité des transformations à entreprendre.
- Le projet doit **consulter les parties prenantes dans toutes ses phases** : les directions, les enseignants, les étudiants, les équipes pédagogiques et les organisations employant les ingénieurs.
- **Les objectifs du projet ainsi que leurs échéances doivent être explicités et un calendrier fixé**, en concertation avec les parties prenantes de l'établissement.
- **Une structure de pilotage et une structure de mise en œuvre opérationnelle doivent être mises en place**, afin notamment de :

- Piloter le projet et être l'interface entre les différentes parties prenantes
- Organiser la co-construction avec les parties prenantes
- Décliner les objectifs par département
- Définir les objectifs d'apprentissage à intégrer au référentiel
- Élaborer la répartition de ces objectifs d'apprentissage dans le cursus (années, départements, modules d'enseignement), en concertation avec les équipes pédagogiques
- Libérer des heures aux enseignants et les moyens adéquats
- Définir et organiser la formation aux enjeux socio-écologiques du corps enseignant pour la phase de définition du projet pédagogique
- Définir et organiser la formation aux enjeux socio-écologiques et au projet pédagogique du corps enseignant, ainsi que la manière avec laquelle l'établissement compte le décliner opérationnellement, pour la phase de mise en œuvre
- Établir et suivre des indicateurs fiables permettant de mesurer l'avancement du projet, jusqu'à l'atteinte des objectifs du projet

**La réelle prise en compte des enjeux socio-écologiques dans une formation implique une démarche engagée pour les intégrer dans les enseignements existants ainsi que la création de certains cours dédiés.** La limite des volumes horaires fixée par la CTI étant atteinte dans la plupart des établissements, **l'insertion de ces cours dédiés dans le cursus implique la restructuration, au moins partielle, du cursus.** Il convient dès lors de traiter en concertation avec les enseignants :

- Les conséquences de l'intégration de nouvelles notions dans leurs enseignements. Quelles en sont les conséquences en termes de volume horaire ; et **quels sont les choix à effectuer si le volume horaire total ne peut être augmenté ?**
- **L'identification des notions nécessitant des enseignements dédiés** : quel volume horaire cela représente-t-il, quels sont les **choix les plus pertinents quant à la réduction ou à la suppression d'autres enseignements ?** Dispose-t-on de **personnel interne ou contractuel étant capable d'enseigner ces nouvelles notions**, en considérant toutes les possibilités offertes par la formation ?

## 2. En attendant un cadre plus incitatif de l'État

**Le champ d'action des établissements de l'enseignement supérieur est cependant à contextualiser et à relativiser** en considérant les cadres imposés et les moyens fournis par différents types d'institutions, notamment par l'État via les textes de lois et actes réglementaires (et le HCERES), par la CTI, etc. Concernant la formation des enseignants-chercheurs, clé indispensable au succès d'un tel projet, si le décret n° 2017-854 du 9 mai 2017<sup>68</sup> instaure une formation aux enseignants débutants<sup>69</sup>, **une formation continue des enseignants en fonction depuis plusieurs années n'est cependant pas obligatoire**<sup>70</sup>. Même en l'absence d'une réglementation incitative, les établissements du Groupe INSA (et tout autre) auraient ainsi intérêt à se concerter

<sup>68</sup> « Décret n° 2017-854 du 9 mai 2017 modifiant le décret n° 84-431 du 6 juin 1984 modifié fixant les dispositions statutaires communes applicables aux enseignants-chercheurs et portant statut particulier du corps des professeurs des universités et du corps des maîtres de conférences - Légifrance », [s. d.], <<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000034632129?r=vbHHU9GhKm>>, consulté le 16 janvier 2021.

<sup>69</sup> Article 13 - extrait

L'article 32 du même décret est ainsi modifié :

1° Le premier alinéa est remplacé par les deux alinéas suivants :

« Les maîtres de conférences sont nommés en qualité de stagiaire pour une durée d'un an par arrêté du ministre chargé de l'enseignement supérieur. Ils bénéficient, au cours de cette période de stage, d'une formation visant l'approfondissement des compétences pédagogiques nécessaires à l'exercice du métier, dans des conditions fixées par arrêté du ministre chargé de l'enseignement supérieur. Cette formation peut tenir compte de leur parcours antérieur et être accompagnée d'un tutorat. Le directeur de chaque service ou composante délivrant la formation du stagiaire établit un avis sur le suivi de la formation, transmis au conseil académique ou à l'organe

<sup>70</sup> Article 14

Après l'article 32 du même décret, il est inséré un article 32-1 ainsi rédigé :

« Art. 32-1.-Au cours des cinq années suivant leur titularisation, les maîtres de conférences bénéficient, sur leur demande, d'une formation complémentaire à celle mentionnée au premier alinéa de l'article 32, visant à l'approfondissement des compétences pédagogiques nécessaires à l'exercice du métier. A ce titre, ils bénéficient, sur leur demande, d'une décharge d'activité d'enseignement. « Le volume total cumulé de cette décharge sur l'ensemble de la période de cinq ans mentionnée à l'alinéa précédent ne peut excéder le sixième d'un service d'enseignement annuel. »

pour définir et mettre en place collectivement un cadre incitatif de formation continue dans le domaine de la pédagogie dans leurs établissements. Des formations seraient les bienvenues dans les domaines relatifs aux enjeux socio-écologiques, que ce soit en sciences dites « dures » aussi bien qu'en sciences humaines et sociales. Des compétences de gestion de projet et d'accompagnement au changement apparaissent également fondamentales pour que les équipes responsables puissent mener ce projet.

## B. Former les équipes pédagogiques

### 1. Pourquoi former ?

La question de la formation, mentionnée plusieurs fois dans ce rapport mérite de s'y attarder afin de mettre en évidence plusieurs explications, voire arguments en sa faveur.

**Il s'agit en premier lieu de favoriser l'adhésion des équipes pédagogiques au projet de transformation des formations.** Pour ce faire, il n'est pas envisageable que celles-ci n'aient pas les cartes en main pour comprendre les tenants et les aboutissants des enjeux écologiques et sociétaux actuels. Cela permet d'objectiver les crises actuelles et de désamorcer les possibles réticences basées sur une mauvaise compréhension des enjeux socio-écologiques. Constatons néanmoins que les équipes pédagogiques dans leur ensemble s'accordent sur l'existence de ces enjeux, la nuance résidant dans l'adhésion à leur caractère urgent et primordial. Autrement dit, avoir conscience des enjeux actuels n'est pas suffisant, il est impératif qu'une bonne compréhension de l'ampleur des problèmes rencontrés soit apportée ; d'où l'intérêt d'une évolution de la formation du corps enseignant afin de dépasser la simple sensibilisation.

Par ailleurs, si la nécessité de transformer en profondeur les formations de l'ingénieur parle à un bon nombre d'enseignants, **la complexité de la tâche est un frein à la mise en action qu'il serait risqué de minimiser.** Les enseignants-chercheurs font face à des contraintes importantes, liées notamment à leur activité de recherche. On peut citer par exemple la valorisation actuelle de cette activité qui passe principalement par la publication scientifique. La question de l'enseignement est donc parfois reléguée au second plan, ou ne dispose pas de moyens suffisants.

La diversité de situation entre les établissements rentre également en jeu : les petites structures font face à un manque de ressources humaines (accumulation de fonctions administratives, activité de recherche), et celles plus grandes peuvent se heurter à une segmentation liée à l'indépendance des départements.

**Au travers d'une meilleure compréhension des enjeux socio-écologiques et de leur caractère urgent, former les équipes pédagogiques permet de les embarquer de façon volontaire et proactive dans la transformation des formations.**

Cela permet aussi de donner des clés (ressources, outils) afin qu'elles s'approprient efficacement (et de la façon la moins chronophage qui soit) les notions liées aux enjeux socio-écologiques, et puissent les retranscrire dans leurs enseignements. Se former avant de pouvoir former, voilà qui paraît être une évidence. De nombreux enseignants nous ont fait part d'une peur de dégradation de la formation suite à des modifications profondes des enseignements. **Leur donner les moyens de se former de façon efficace et rigoureuse est une nécessité pour leur permettre de conserver une exigence forte en termes de qualité d'enseignement,** notamment au vu de la démarche actuelle : intégrer de nombreux enjeux socio-écologiques au sein même de l'existant.

**La formation des équipes pédagogiques a aussi pour vocation de répondre à un besoin de légitimité.** Il est ressorti de nos échanges que les enseignants ne se sentent pas légitimes pour enseigner des notions qui ne font pas partie de leur expertise, et sur lesquelles ils ne se considèrent pas suffisamment compétents.

L'importance de traiter les enjeux socio-écologiques de façon transversale est aussi à noter : chaque enseignant doit pouvoir s'en emparer même s'il n'aura pas pour mission d'en expliciter tous les tenants et aboutissants. Cette tendance se retrouve également dans d'autres établissements et groupements d'établissements, où des remarques similaires se font entendre.

**Les établissements ayant l'ambition d'instiller un socle de compétences et connaissances commun à tous les étudiants, il est de fait nécessaire d'en faire de même pour les enseignants.**

## 2. Comment ? Auditions, échanges... formations complémentaires

Dans le cadre de ClimatSup INSA et de l'élaboration d'un projet pédagogique adéquat, il a été jugé pertinent d'organiser des auditions d'experts sur diverses thématiques liées aux enjeux socio-écologiques, et de les ouvrir aux enseignants et aux étudiants INSA. Leur but étant double :

**Concernant les objectifs d'apprentissage** : permettre à l'équipe projet d'identifier des compétences et connaissances nécessaires pour un ingénieur INSA.

**Concernant la question de la formation des enseignants** : commencer à répondre à ce besoin de montée en connaissances des parties prenantes, et proposer des ressources afin d'ouvrir les discussions autour des enjeux socio-écologiques. Il a fortement été conseillé aux établissements d'organiser un moment de rediffusion et d'échange autour de ces auditions, afin de dépasser la simple étape de sensibilisation, et d'impliquer au maximum les équipes pédagogiques.

Un premier [cycle de 5 auditions](#)<sup>71</sup> a eu lieu en novembre 2020, sous le format suivant :

- 30 minutes où l'expert fournit une compréhension générale de son sujet, puis développe un ou plusieurs aspects scientifiques
- 15 minutes autour des compétences et connaissances à intégrer dans les formations d'ingénieur
- 45 minutes de questions / réponses pour affiner la compréhension

Sujet	Intervenant
<b>Biodiversité</b>	<b>Félix Lallemand</b> , docteur en écologie et évolution du Muséum national d'Histoire naturelle, co-fondateur de l'association « Les greniers d'abondance »
<b>Ressources</b>	<b>Olivier Vidal</b> , directeur de recherche au CNRS, à l'Institut des sciences de la Terre de Grenoble
<b>Changement climatique</b>	<b>Jean-Louis Dufresne</b> , directeur de recherche au CNRS au Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) et à l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) et co-auteur du 5 <sup>ème</sup> et du 6 <sup>ème</sup> rapport du GIEC
<b>Scénarios énergétiques</b>	<b>Nicolas Raillard</b> , chef de projet au Shift Project, il coordonne notamment le Plan de transformation de l'économie française (PTEF) du Shift
<b>Lien PIB-Énergie-Climat</b>	<b>Romain Grandjean</b> , chef de projet au Shift Project

Figure 17- Récapitulatif du premier cycle d'auditions

À noter que le choix des thématiques est marqué par l'expertise du *Shift Project*, c'est-à-dire les enjeux énergie-climat. Les thématiques traitées sont évidemment non exhaustives.

En janvier 2021, ont été organisées deux nouvelles auditions :

- **Les low-tech, quelle place en école d'ingénieur ? Débat et exemple d'intégration dans les enseignements**, avec comme intervenant Philippe BIHOUIX, ingénieur de formation et notamment auteur de l'ouvrage *L'âge des Low Tech*, et Romain COLON, ingénieur également et enseignant en conception à l'INSA Lyon. Une audition croisée qui a permis de concilier une mise en contexte et un cas concret d'intégration d'une démarche low tech dans un enseignement.
- **Les enjeux géopolitiques de l'approvisionnement pétrolier sur la société et sur l'industrie**, avec Matthieu AUZANNEAU, directeur du think tank *The Shift Project*, auteur de l'ouvrage *Or noir : la grande histoire du pétrole*.

Les initiatives se multiplient dans les écoles du Groupe INSA afin de répondre à ce besoin de formation.

On peut citer les « [Rentrées climat](#) »<sup>72</sup> organisées dans plusieurs établissements du groupe, avec l'incontournable [Fresque du Climat](#)<sup>73</sup>. Seul bémol, si beaucoup de référents nous ont fait part de la mise en place d'un tel atelier, celui-ci reste aujourd'hui souvent sur base de volontariat pour les enseignants : encore une fois, ceux déjà

<sup>71</sup> [Playlist Youtube du cycle d'auditions](#)

<sup>72</sup> <https://www.rentreeclimat.org/etablisements>

<sup>73</sup> <https://fresqueduclimat.org/>

convaincus foncent, les autres peuvent l'éviter. On notera tout de même que certains établissements imposent désormais aux promotions entrantes de suivre l'atelier. À quand les mêmes opportunités pour le corps enseignant ?

D'autres initiatives voient également le jour. À l'INSA Lyon, des ateliers de sensibilisation aux enjeux DD&RS ont été organisés dès octobre 2020, l'objectif étant de préparer au mieux l'intégration des enjeux dans les enseignements, en fournissant des ressources aux enseignants et en organisant des temps échanges autour des thématiques abordées.

## C. Une difficulté : trouver les ressources et l'inspiration

L'un des enjeux majeurs identifié pour la mise en œuvre d'un nouveau programme pédagogique est **de trouver les ressources nécessaires à l'élaboration ou à la complétion des enseignements par les enseignants eux-mêmes**, à leur auto-formation et en vue de la mise à disposition de plateformes de ressources pour les élèves-ingénieurs. Les formes que peuvent revêtir ces ressources sont diverses : ressources bibliographiques (ouvrages, études, articles, vidéos de conférences, de vulgarisation, etc.), jeux pédagogiques, plateforme d'échange professionnelle, intervenants extérieurs, etc.

Certains établissements, comme l'INSA Lyon, ont entamé ce travail d'identification des ressources pertinentes, triées en fonction des thématiques des enjeux socio-écologiques par exemple. Faire appel aux capacités et aux activités de recherche des enseignants-chercheurs est une autre piste à explorer.

Le recours à des intervenants extérieurs ou le partenariat avec des associations ou des entreprises peut constituer une manière temporaire d'intégrer certaines notions, le temps que les enseignants titulaires puissent s'en emparer. Le partage de bonnes pratiques ou de retours d'expérience, comme le [répertoire des formations](#) de l'association Ingénieur·es Engagé·es ou le travail de l'[Observatoire des formations citoyennes](#), est une bonne manière d'amorcer les changements et d'éviter les écueils rencontrés dans le cadre d'autres initiatives.

*The Shift Project* travaille actuellement avec les Shifters, association des bénévoles du *Shift*, à l'élaboration d'une [plateforme pédagogique collaborative](#)<sup>74</sup> qui doit permettre le partage d'expérience et de ressources entre enseignants. Celle-ci pourrait permettre de répondre à une partie du besoin par l'intelligence collective, mais n'épuisera pas l'ensemble du problème : il s'agit toujours de former les enseignants.

Enfin, il convient de mettre en place une démarche d'amélioration continue des ressources afin de rester à jour dans les différents domaines des objectifs d'apprentissage.

## D. Quels indicateurs pour suivre la transformation de la formation ?

**Tout projet se doit de mettre en place des indicateurs permettant d'établir la bonne progression** des différentes phases menant aux objectifs finaux. La collaboration entre le *Shift* et le Groupe INSA a encore peu abordé ce sujet, mais voici quelques premières idées d'indicateurs permettant de mesurer le bon avancement d'un projet de transformation du programme pédagogique d'un établissement :

- **La création et la diffusion d'une charte projet explicitant la volonté de la direction** de l'établissement ou du groupement d'établissements de faire évoluer le programme pédagogique, **les objectifs principaux et le calendrier**.
- **Une structure de pilotage et une structure de mise en œuvre opérationnelle** doivent être mises en place.
- Les équipes en charge du projet doivent avoir **mis en place une stratégie de co-construction** avec les parties prenantes : partage de l'information, organisation de débats, représentation des différentes parties prenantes, fichiers collaboratifs, etc.
- **La mesure de l'avancée de la définition du programme pédagogique** : avancement de la construction d'un référentiel d'objectifs d'apprentissage et de l'élaboration de la répartition de ces objectifs d'apprentissage dans le cursus (années, départements, modules d'enseignement), en concertation

<sup>74</sup> <https://enseignerleclimat.org/>

- **La définition d'un programme d'accompagnement des enseignants, incluant les formations nécessaires,** doit être mise en place : pour la phase de définition du référentiel, puis pour la phase d'intégration dans les enseignements à proprement parler.
- La mise en place **d'indicateurs de suivi** suivant l'initiation de la phase de mise en œuvre : progression de la formation des enseignants, intégration des objectifs d'apprentissage dans le cursus selon le calendrier, satisfaction des enseignants et des étudiants, éventuellement une évaluation périodique de la formation par un organisme extérieur, etc.

Rapport intermédiaire

## Plusieurs facteurs conditionnant la réussite d'un projet de transformation des enseignements

Ces premiers mois de travail en collaboration avec les équipes des établissements du Groupe INSA ainsi qu'avec des étudiants et d'autres établissements nous ont d'ores et déjà permis d'identifier les facteurs conditionnant la réussite d'un tel projet ; et seront complétés durant la seconde partie du projet :

- **Le soutien des directions d'établissement au travers d'un message politique clair** permet de déclencher une mobilisation générale légitime, de lancer les activités nécessaires au projet sans avoir de doute quant à son bien-fondé. Il doit donner le niveau d'ambition et mettre à disposition les **moyens humains et techniques** nécessaires (libérer des heures, organiser des séminaires, utiliser les moyens de communication de l'établissement, etc.).
- **L'adhésion des enseignants** est une condition *sine qua none* à la réussite du projet de transformation, ce qui implique la place prépondérante que la démarche de **co-construction** doit leur accorder : représentation dans les départements et dans le comité de pilotage, consultation et prise en compte de leur avis et de leurs expériences, échange de bonnes pratiques, etc.
- **La demande forte et la mobilisation des étudiants** quant au besoin d'une réforme des enseignements est un facteur très important dans l'engagement des directions mais aussi dans la motivation et dans l'adhésion des enseignants-chercheurs.
- **La mise en place d'une structure de pilotage, d'une structure opérationnelle** est un prérequis permettant la structuration du projet, son animation et l'organisation de ses différentes phases ; ces équipes doivent également posséder les moyens nécessaires à la réussite du projet.
- La **consultation des parties prenantes** aux différents niveaux soutient la réussite du projet, en favorisant leur adhésion, en permettant d'utiliser le bénéfice de leurs expériences variées et en réduisant le risque d'erreur quant aux choix effectués. Les enseignants, les étudiants, les équipes pédagogiques et les organisations professionnelles employant les ingénieurs doivent être particulièrement impliqués.
- **Les évolutions d'attribution de volumes horaires aux différents enseignements doivent être construits avec les enseignants et les équipes pédagogiques** afin d'aboutir à une répartition pertinente et afin d'obtenir l'acceptation de la très grande majorité du corps enseignant.
- **La question de la formation doit être considérée dès le début du projet**, aussi bien à court terme pour la construction d'un programme pédagogique effectué avec toute la connaissance des enjeux, que dans une visée d'accompagnement des enseignants pour l'intégration pertinente de ces nouveaux enjeux dans leurs enseignements et pour leur prodiguer une légitimité et une crédibilité que nombre d'entre eux mentionnent comme un facteur important.
- **S'inspirer de l'existant.** De nombreux établissements ont amorcé des changements dans leur formation, des associations ont établi des propositions, ainsi que des collectifs de chercheurs.



## Bibliographie

Collectif FORTES, « Manuel de la Grande Transition », Les liens qui Libèrent, 2020

Ingénieurs Sans Frontières, « Manifeste pour une formation citoyenne des ingénieur.e.s ». Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

Observatoire des Formations Citoyennes, URL : <http://observatoiredesformationscitoyennes.org/> (consulté le 22/01/2021)

Ingénieur·es Engagé·es, Répertoire des formations. Disponible [en ligne](#). (consulté le 22/01/2021)

The Shift Project, « Mobiliser l'Enseignement supérieur pour le climat », mars 2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

M. Darnault, E. Fonteneau et P. Renon, « Marches des jeunes pour le climat : "Il faut se bouger le cul !" », Libération, 20/09/2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021).

« Manifeste étudiant pour un réveil écologique », juillet 2019. Sur <https://manifeste.pour-un-reveil-ecologique.org/fr> (consulté le 15/01/2021).

REFEDD, « Consultation Nationale Etudiante 2020 », novembre 2020. Sur <https://refedd.org/cne-2020/> (consulté le 21/01/2021).

CPU, CGE, « Urgence climatique : universités et grandes écoles mobilisées aux côtés des étudiants pour la réalisation des 17 ODD », juillet 2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

Fresque du Climat, <https://www.rentreeclimat.org/> (consulté le 15/01/2021).

Profs en transition, <https://profsentransition.com/>

Enseignants pour la planète, <https://enseignantspourlaplanete.com/>

Proposition de loi relative à la généralisation de l'enseignement des enjeux liés à la préservation de l'environnement et de la diversité biologique et aux changements climatiques dans le cadre des limites planétaires. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

La Terre au Carré, « Pour une intégration des enjeux environnementaux dans l'enseignement », France Inter, 18/12/2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

The Shift Project, « Lettre de mission de la ministre de l'Enseignement supérieur à Jean Jouzel », 03/02/2020. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

LOI n° 2020-1674 du 24 décembre 2020 de programmation de la recherche pour les années 2021 à 2030 et portant diverses dispositions relatives à la recherche et à l'enseignement supérieur. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports, « Renforcement des enseignements relatifs au changement climatique, à la biodiversité et au développement durable dans les programmes de la scolarité obligatoire ». Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

Eduscol, « Programmes et ressources en enseignement scientifique - voie GT », Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

Le Monde, « Une perte de sens totale » : le malaise grandissant des jeunes ingénieurs face au climat, avril 2021. Disponible [en ligne](#) (consulté le 15/01/2021).

The Shift Project, Rapport « Analyse du risque « climat » : une étude du Shift Project, en partenariat avec l'Afep », février 2018. Disponible [en ligne](#) (consulté le 20/01/2021).

Palmer Cosslett Putnam, "Energy in the future", Van Nostrand, 1953

Lynn White, Jr., The Historical Roots of Our Ecologic Crisis », *Science*, 1967

Jean-Baptiste Fressoz et Fabien Locher, « Les révoltes du ciel : une histoire du changement climatique XV<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle », Seuil, 2020

The Shift Project, « Note d'analyse : Les INDC et le budget carbone, Simulation de trajectoires d'émissions compatibles avec le budget carbone +2°C », 2017. Disponible à [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, JORF n°0189 du 18 août 2015 page 14263 texte n° 1

C. Bonneuil & J-B. Fressoz, « L'évènement Anthropocène », Seuil, 2013

Nicolas Raillard, Audition « Scénarios énergétiques », *The Shift Project*, 17 novembre 2020. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 21/01/2021)

Arlette Yatchinovsky, « L'approche systémique », *esf sciences humaines*, septembre 2018

Franck Lepage, conférence gesticulée « Inculture 2 : l'éducation », *L'ardeur*, 2017. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 21/01/2021)

Nico Hirtt, Webinaire « L'école numérique et la classe inversée », Appel pour une école démocratique (APED), décembre 2020. Disponible en [rediffusion](#) (consulté le 23/12/2020)

Léa Dang, Enquête « Les grandes écoles à la botte des multinationales », *Socialter*, 13 octobre 2020. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

INSA Lyon, « Les Cahiers de la prospective : exploration de l'environnement de l'INSA Lyon à l'horizon 2040 », juillet 2019. Disponible [en ligne](#) (consulté le 21/01/2021)

Marcel Gauchet, « Le nouveau monde », *L'avènement de la démocratie IV*, Galimard Paris, p. 644-655

V. Albouy et T. Wanecq, « Les inégalités sociales d'accès aux grandes écoles », *Economie et statistique*, n°361, 2003. Disponible [en ligne](#) (consulté via le site de l'INSEE le 21/01/2021)

Ulrich Beck, « Chapitre 7 – Une science au-delà de la vérité et de la rationalité émancipatrice ? », *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Flammarion Paris, 2008, p. 341-398

Rachel Carson, « Silent Spring », 1962

« GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p. », [s. d.].

« Communiqué de presse: Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces "sans précédent" et qui s'accélère | IPBES », [s. d.], <<https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>>, consulté le 19 août 2020.

Beck, Ulrich, *La société du risque*, 1986 (Alto Aubier).

Dominique Bourg, « Qu'est-ce qu'un risque environnemental ? », *Techniques et philosophies des risques*, Vrin, 2007, p. 123-138

- Marcel Gauchet, « Vers une "société de l'ignorance" ? », *Le Débat* 156, 2009, pp. 144-166
- Walker, Brian & Holling, C.s & Carpenter, Stephen & Kinzig, Ann. (2003). « Resilience, Adaptability and Transformability », *Social-Ecological Systems*. Ecol. Soc. 9.
- Fanny Verrax, Laure Flandrin, « Quelle éthique pour l'ingénieur ? », Editions Charles Léopold Mayer, 2019.
- Christelle Didier, « La formation éthique des ingénieurs en France : une naissance difficile », *Tréma* [En ligne], 47 | 2017, mis en ligne le 01 février 2018 (consulté le 22 janvier 2021)
- Entretien avec Jacques Ellul, « L'illusion de notre liberté ». Extrait disponible [en rediffusion](#) (consulté le 21/01/2021)
- Langdon Winner, "Do Artifacts Have Politics?", *Daedalus*, vol. 109, no. 1, 1980, pp. 121–136. (consulté le 21/01/2021)
- Jacques Testart, « Une foi aveugle dans le progrès scientifique », *Le Monde Diplomatique*, décembre 2005
- Roger Lesgards, « L'empire des techniques », *Le Monde Diplomatique*, novembre 1995
- Pablo Jensen, « La vérité scientifique et le saut du tigre », *Le Monde Diplomatique*, décembre 2015
- Dominique Pestre, « Des sciences, des techniques et de l'ordre démocratique et participatif », *Participations*, 2011/1 N°1, p. 210-238
- Philippe Godard, « La technologie est une politique », *Sciences Critiques*, 2017
- The Shift Project (chaîne Youtube), « Former les ingénieurs aux enjeux climat-énergie ». Disponible [en ligne](#) (consulté le 18/01/2021)
- CGE, CPE, « Guide de compétences DD&RS », 2016. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)
- Commission des titres d'ingénieurs (CTI), « Références et Orientations, Cahier complémentaire Partie 3. Compléments sur les critères de qualité des formations », janvier 2010, p.9
- France Compétences, <https://www.francecompetences.fr/>
- OCDE, « La définition et la sélection des compétences clés », 2005. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)
- P. Arnault et B. Escrig, « Concevoir un référentiel de compétences », *Commission de la CTI*. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)
- « L'obsession des compétences. Son impact sur l'école et la formation des enseignants », *Editions Nouvelles Montréal*, 2000
- G. Boutin et L. Julien, « Cadre de compétences », OCDE. Disponible [en ligne](#) (consulté le 12/01/2021)
- G. Boutin, « Le béhaviorisme et le constructivisme ou la guerre des paradigmes », 2000, p. 37-40
- Anais Orsi, « Quatre quarts des sciences », organisé par La Base, citation à 1h16. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)
- Cécile Marin, *Le Monde Diplomatique*. Disponible [en ligne](#) (consulté le 22/01/2021)

## Équipe projet

### Damien AMICHAUD

**Chef de projet** – damien.amichaud@theshiftproject.org

Damien pilote le projet « [ClimatSup INSA](#) » visant à intégrer les enjeux énergétiques et climatiques les plus pertinents dans les formations de l'ingénieur des écoles du Groupe INSA. Ingénieur diplômé de l'École des Mines de Douai en Génie Énergétique, il est titulaire d'un Master 2 à l'Université Lyon 3 en Éthique, Écologie et Développement Durable. Il a exercé en tant que chef de projet en Recherche & Développement dans l'industrie pendant 13 ans. Convaincu que la génération de jeunes ingénieur.e.s jouera un rôle fondamental dans la transition écologique, il interroge le rôle de l'ingénieur pour la société dans ce projet.

### Sam ALLIER

**Chargé de projet** – sam.allier@theshiftproject.org

Sam Allier a rejoint le *Shift* pour travailler sur le projet « [ClimatSup INSA](#) » qui aborde l'enseignement des enjeux climat-énergie dans les formations de l'ingénieur. Récemment diplômé de l'école des Mines d'Alès, spécialité énergie & environnement, il a coordonné un groupe de travail sur l'intégration des enjeux écologiques et sociaux dans les formations d'ingénieur du groupement Institut Mines Télécom. Il suit actuellement une formation de Master en Histoire des sciences, des techniques et des savoirs à l'EHESS. Sam a également représenté Ingénieurs Sans Frontières (ISF) à différents sommets mondiaux pour le climat et a été président du groupe ISF Alès.

### Anne-Laure TOURNIER

**Chargée de projet** – anne-laure.tournier@theshiftproject.org

Anne-Laure Tournier a rejoint le *Shift* en tant que stagiaire pour travailler sur le projet « [ClimatSup INSA](#) » qui aborde l'enseignement des enjeux climat-énergie dans les formations de l'ingénieur. Actuellement en dernière année d'école d'ingénieur à Grenoble INP – Ense3, elle s'est intéressée durant ses études au milieu de l'entrepreneuriat social – en association étudiante, puis en s'engageant en Service Civique dans l'antenne nationale Enactus France, en mission d'événementiel et de communication.

### Clémence Vorreux

**Coordinatrice Enseignement supérieur** – clemence.vorreux@theshiftproject.org

Clémence Vorreux a rejoint les affaires publiques du *Shift* et a d'abord travaillé sur la [mobilité périurbaine](#). Co-auteurice du rapport « [Mobiliser l'enseignement supérieur pour le climat](#) » du *Shift*, elle coordonne désormais les projets liés à [l'enseignement des enjeux climat-énergie](#) et ceux liés aux politiques de [mobilité](#). Diplômée de Sciences Po Strasbourg où elle a obtenu un Master en Politiques Européennes et Affaires Publiques, elle a travaillé pour la Fédération des Agences et Régions Européennes pour l'Énergie et l'Environnement à Bruxelles, et a ensuite décidé de nous rejoindre pour aider à porter notre vision de la transition énergétique.

## The Shift Project

**The Shift Project** est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie post-carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

Contact presse : Jean-Noël Geist, Chargé des affaires publiques et de la communication  
+ 33 (0) 6 95 10 81 91 | [jean-noel.geist@theshiftproject.org](mailto:jean-noel.geist@theshiftproject.org)



[www.theshiftproject.org](http://www.theshiftproject.org)