



Université
de Technologie
Tarbes
Occitanie Pyrénées

Énergie décarbonée et *consom'action* au travers de projets de recherche et de diffusion

Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

Les futures orientations et projets

Conclusions

Introduction

Contexte

- **Décarbonation : quelques chiffres clés**
 - Consommation énergétique mondiale : **200 000 TWh/an** dont environ **90% d'origine carbonée** (charbon, pétrole, gaz naturel)
 - Production électrique mondiale : **30 000 TWh/an** dont environ **60% d'origine carbonée**
- **Quelques comparaisons globales**
 - Les 2340 essais nucléaires mondiaux (550MT) des 80 dernières années représentent 30h de consommation énergétique mondiale et environ 8j de consommation électrique mondiale
- **Des comparaisons à l'échelle française**
 - Facture électrique d'un foyer moyen : quelques MWh/an
 - Production électrique française : **560 TWh/an** (9^{ème}) dont environ **90 TWh/an exportés** (équivalent de la consommation belge)

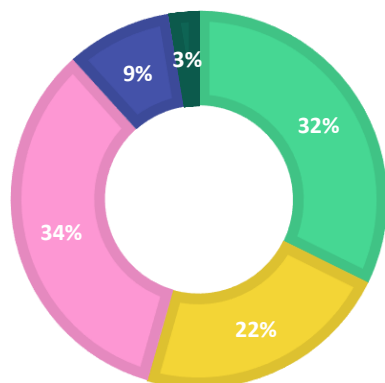
Introduction

Contexte

- Potentiel de décarbonation des usages en France

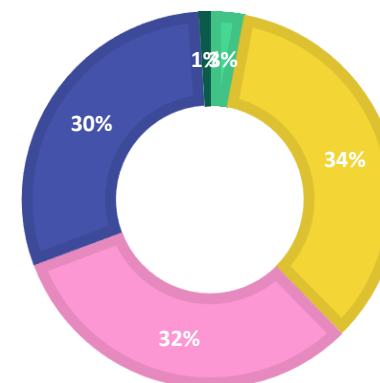
RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE FINALE SELON LES SECTEURS

■ transport ■ résidentiel ■ industrie ■ tertiaire ■ agricole



RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE ELECTRIQUE SELON LES SECTEURS

■ transport ■ résidentiel ■ industrie ■ tertiaire ■ agricole

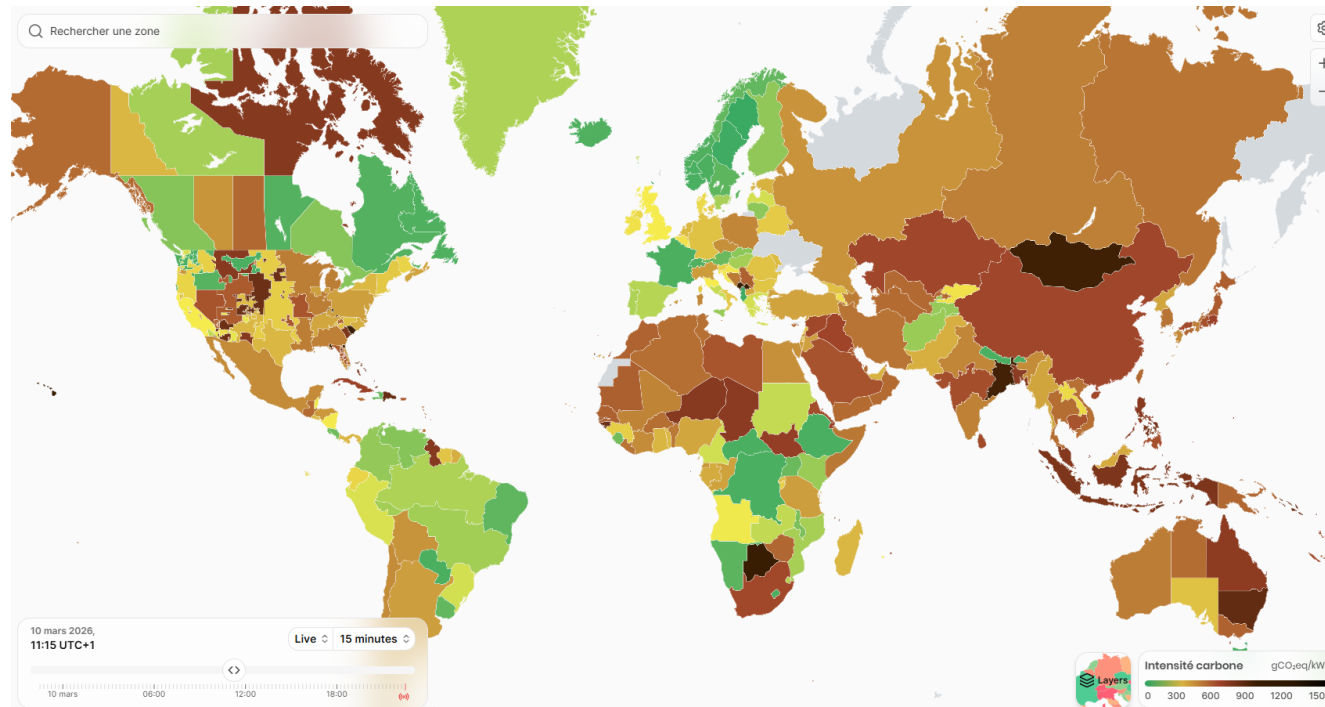


Potentiel de décarbonation évident dans les transports
Potentiel de décarbonation plus subtil dans les autres secteurs

Introduction

Contexte

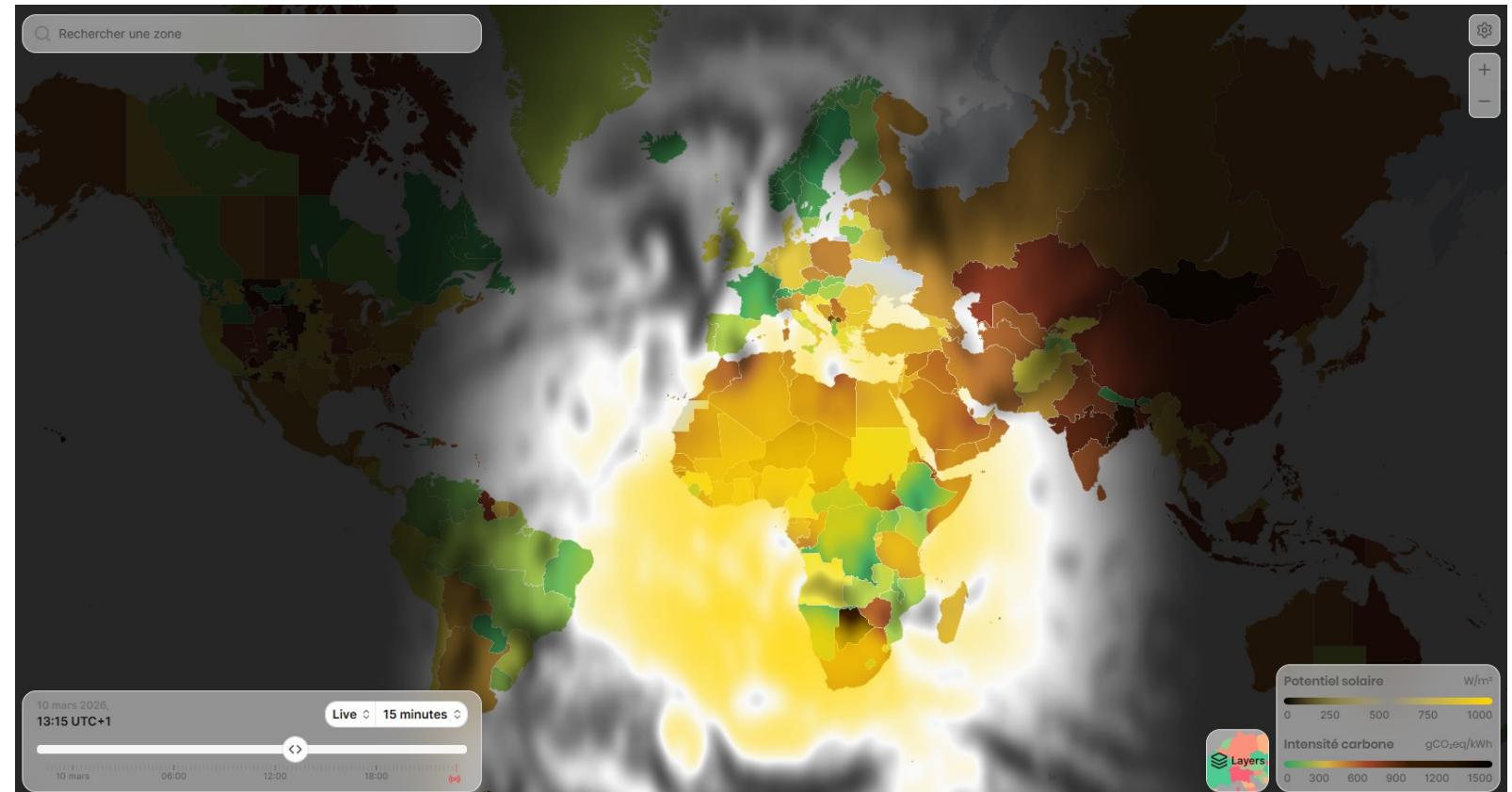
- Le mix énergétique électrique
 - Résolument décarboné en France : nucléaire (10g CO₂/kWh), hydraulique, éolienne, solaire
 - Mitigé à l'échelle mondiale avec de fortes disparités : gaz (500g CO₂/kWh), fioul (650g CO₂/kWh), charbon (900g CO₂/kWh)



Introduction

Contexte

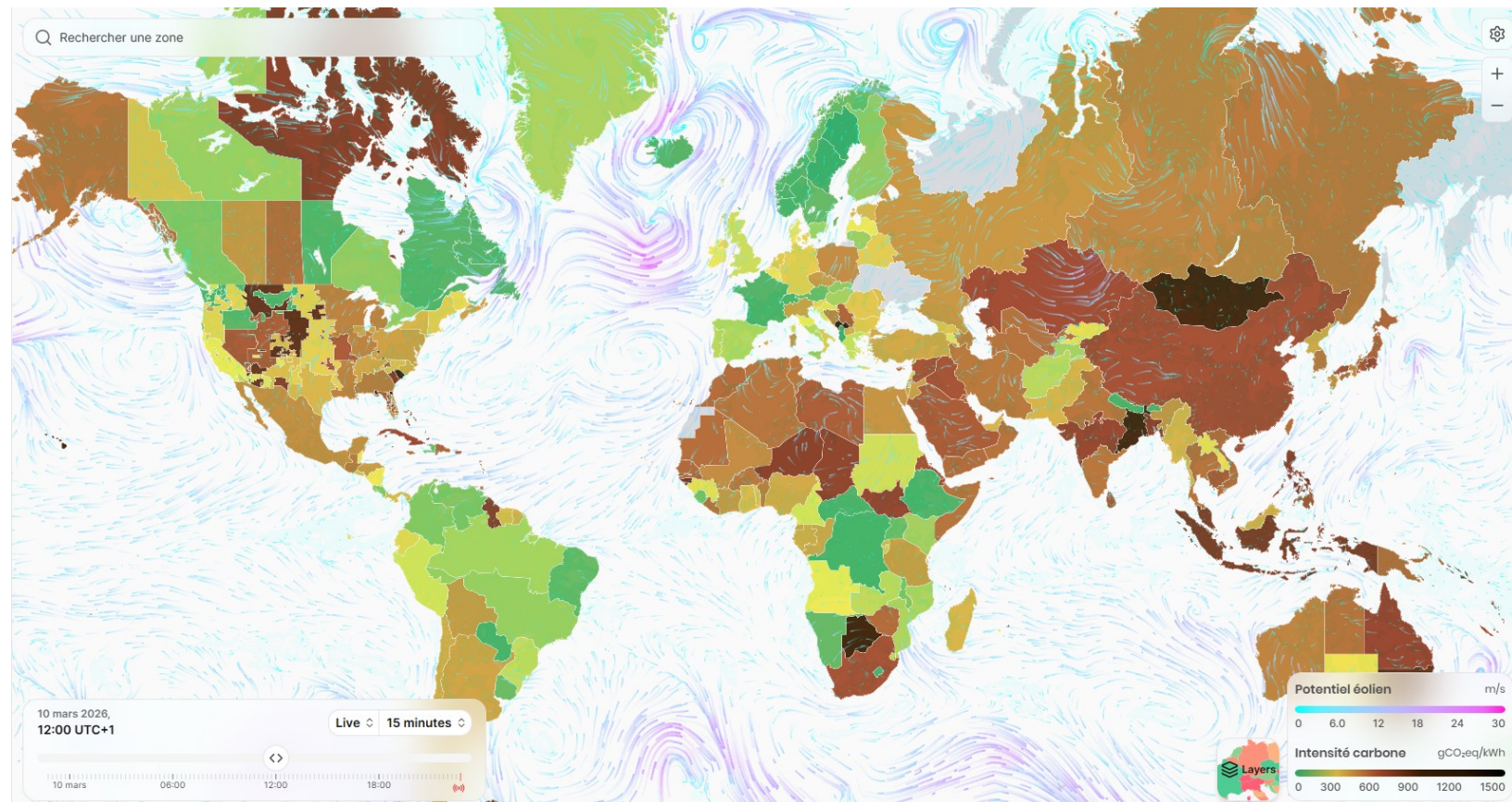
- Le potentiel renouvelable solaire
 - Disparité jour/nuit
 - Disparité saisonnière sous nos latitudes
 - Maximal dans la zone intertropicale



Introduction

Contexte

- Le potentiel renouvelable éolien
 - Maximal aux latitudes moyennes
 - Maximal sur les zones « sans obstacles »



Potentiel de décarbonation fort des sources électriques à l'échelle mondiale

Introduction

Quelques enjeux, verrous et méthodologies de recherche autour de la décarbonation en génie électrique

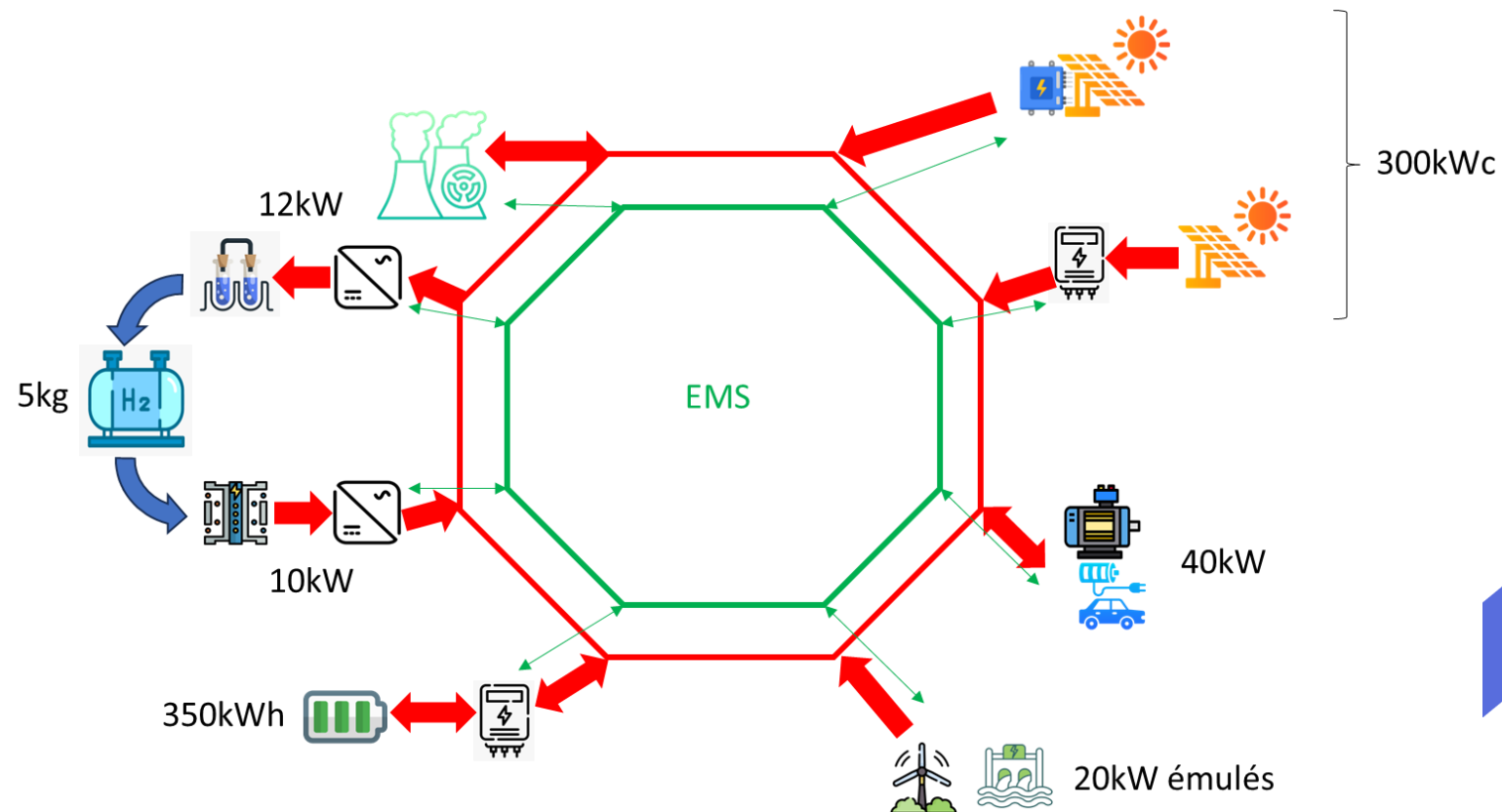
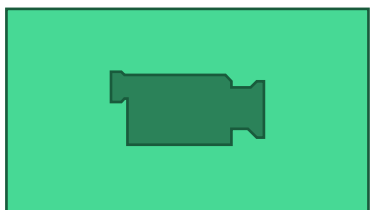
- La décarbonation des usages
 - Enjeu : maximiser les usages électriques en mobilité / Verrous : stockage, production et distribution, gestion prédictive
 - Enjeu : stabiliser-réduire la consommation énergétique / Verrous : amélioration des rendements, optimiser la consommation, optimiser le bilan CO2
- La décarbonation des sources d'électricité
 - Enjeu : Maximiser le recours aux ENR / Verrous : gestion des intermittences et des réseaux, modèle économique, dimensionnement optimal
- Verrous généraux : les échelles de temps, les dimensions spatiales, l'optimisation sous contraintes et incertitudes
 - Méthodologies : modélisation multi-physique et multi-échelles, boîtes blanches/noires/grises, l'intelligence artificielle

Des objectifs socialement transformants

- Lien étroit recherche/formation
 - Infusion directe des activités de recherche dans les formations de tout niveau
- Lien étroit recherche/diffusion
 - Sensibilisation, « éducation » de la société civile

Introduction

Les concepts de recherche : le smart-grid et les consom'acteurs



Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

Les futures orientations et projets

Conclusions

Le projet GENHYO

Contexte général

GENération HYdrogène Occitanie

- Région Occitanie : objectif de première région sur la chaîne de valeur de l'H2 vert (40MW d'électrolyseur à Port la Nouvelle, usine de e-SAF à Lannemezan...)
- GENHYO : objectif de former les futurs acteurs de l'hydrogène du CAP au doctorat
- 28 partenaires académiques, institutionnels, professionnels en Occitanie
- Financement ANR CMA, plan France 2030 sur 5 ans

Contexte local

Coloration de formations UTTOP : GMP puis GEII et ingénieur ENIT

Ouverture de formation : Bachelor ENIT SIEE – TE

Investissement matériel

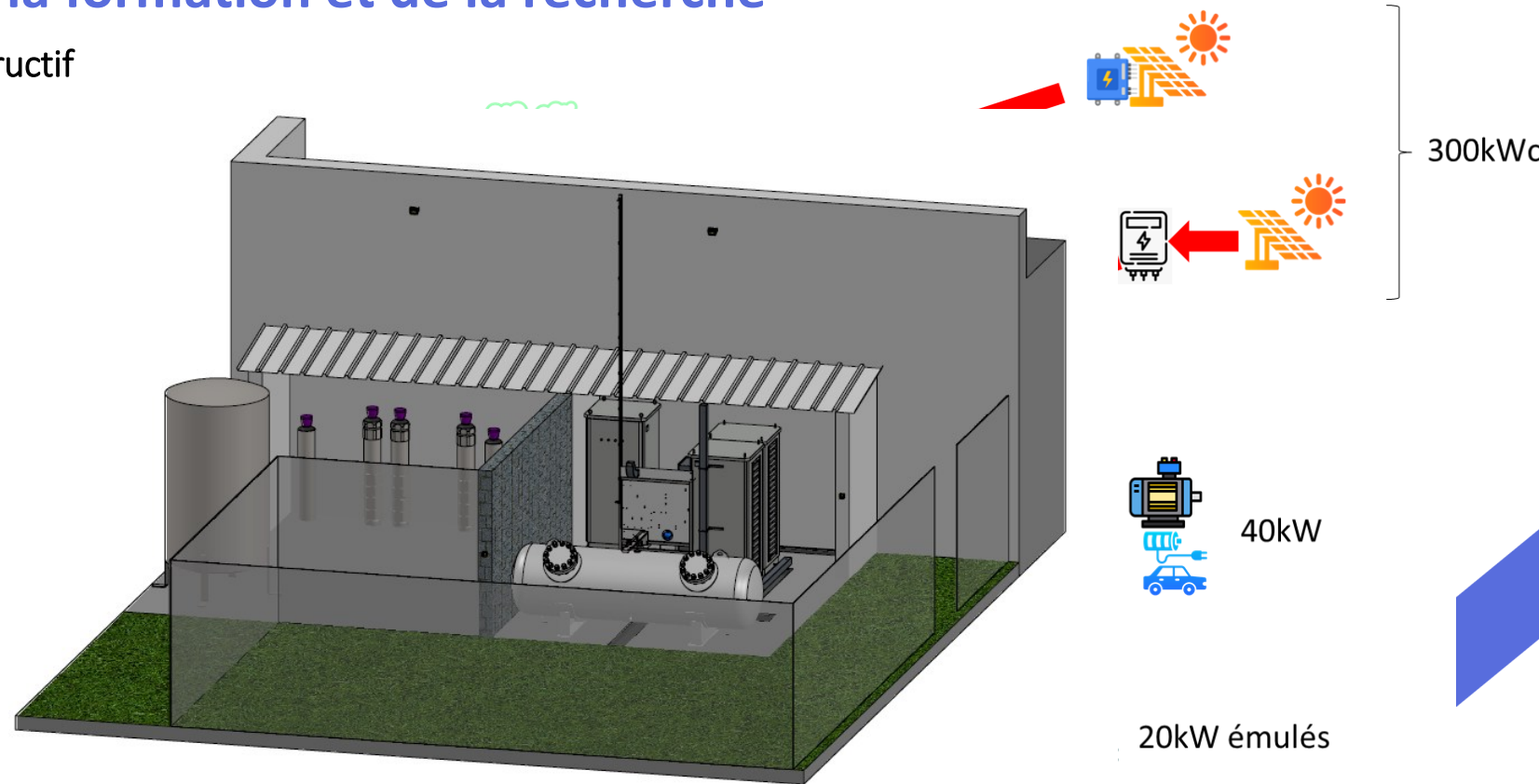
Budget : 1,5M€

Humain : 1 ingé, 1 technicien, 1 équipe enseignante

Le projet GENHYO

Moyens matériels en support de la formation et de la recherche

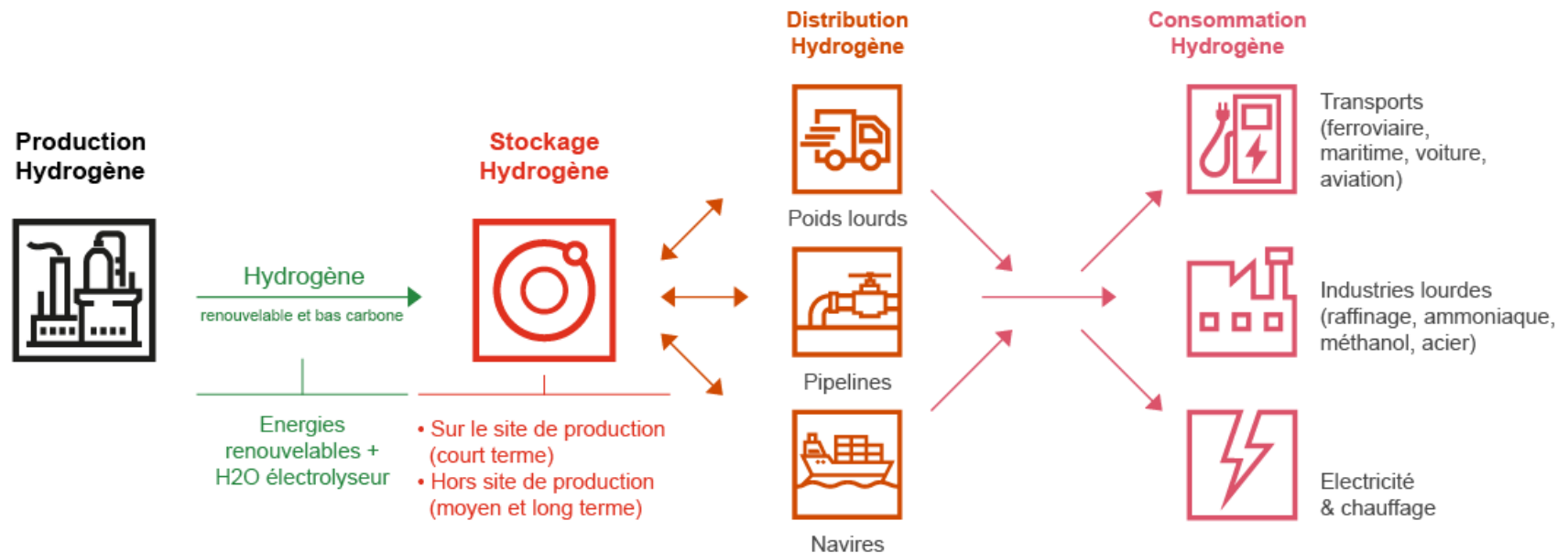
- Equipements scientifiques de contrôle non destructif
- Equipement power-to-gaz, gaz-to-power
 - 10kW d'électrolyse
 - 5kg de stockage d'H2 (environ 150 kWh)
 - 8kW de PAC



Le projet GENHYO

L'hydrogène au sein de la décarbonation

- Une chaîne de valeur riche
 - Cible UTTOP : support aux réseaux , mobilité hybride
 - Du moment qu'il s'agit d'H2 vert ou rose



Le projet GENHYO

Les activités de recherche autour de l'hydrogène à l'UTTOP

- CND des matériaux de stockage
- Dimensionnement des réseaux électriques stationnaires de faible dimension (micro-grid)
 - L'H2 est un stockage long terme, hybridation avec d'autres stockages
 - Alimentation électrique de sites isolés : hameaux éloignés des réseaux, refuge de montagne...
- Dimensionnement de stations de recharge pour la mobilité hybride
 - Création de sites de recharge autonomes
- Dimensionnement et mise en relations de smart-grid au sein d'un réseau national
 - Coopération des réseaux
 - Optimisation des dimensionnements et de l'interopérabilité



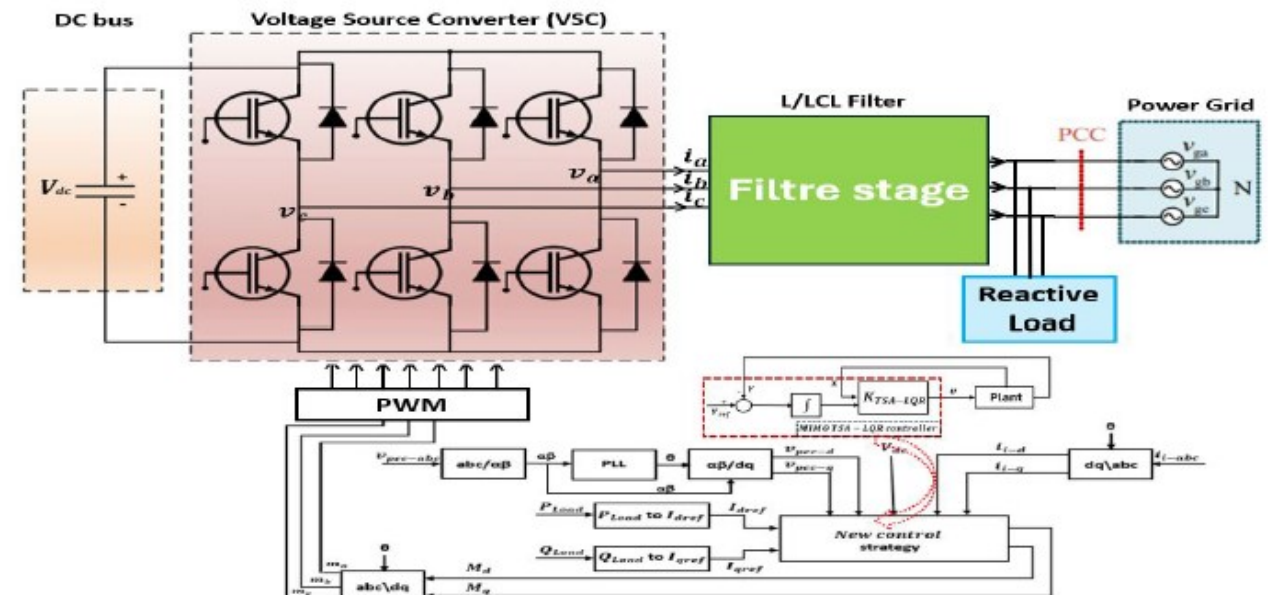
Activité majoritaire liée aux jumeaux numériques multi-échelles

Le projet GENHYO

Les activités de recherche autour de l'hydrogène à l'UTTOP

- Gestion de l'énergie électrique : puissances P, Q
 - Contrôle prédictif avec incertitude : évènements locaux, météo
 - Contrôle en mode dégradé : détection et correction des défauts pour la sûreté de fonctionnement
- Qualité de l'énergie électrique
 - Pilotage des convertisseurs statiques : THD
 - Amélioration des rendements

Activité majoritaire liée au contrôle-commande avancé



Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

Les futures orientations et projets

Conclusions

Le projet C2A

Contexte général

Campus Aéro Adour

- Participer à la décarbonation de l'avion légère, aussi bien dans les process de production que dans l'utilisation
- C2A : objectif de former les futurs acteurs de l'aviation décarbonée
- 28 partenaires académiques, institutionnels, professionnels dans le bassin de l'Adour
- Financement ANR CMA, plan France 2030 sur 5 ans

Contexte local

Formation par la recherche : 3 thèses de doctorat

Collaboration proche avec DAHER Aerospace

Investissement matériel

Budget : 2,5M€

Humain : 1 ingé, 1 équipe de recherche : 1 PU, 3 MCF, 3 Doctorants

Le projet C2A

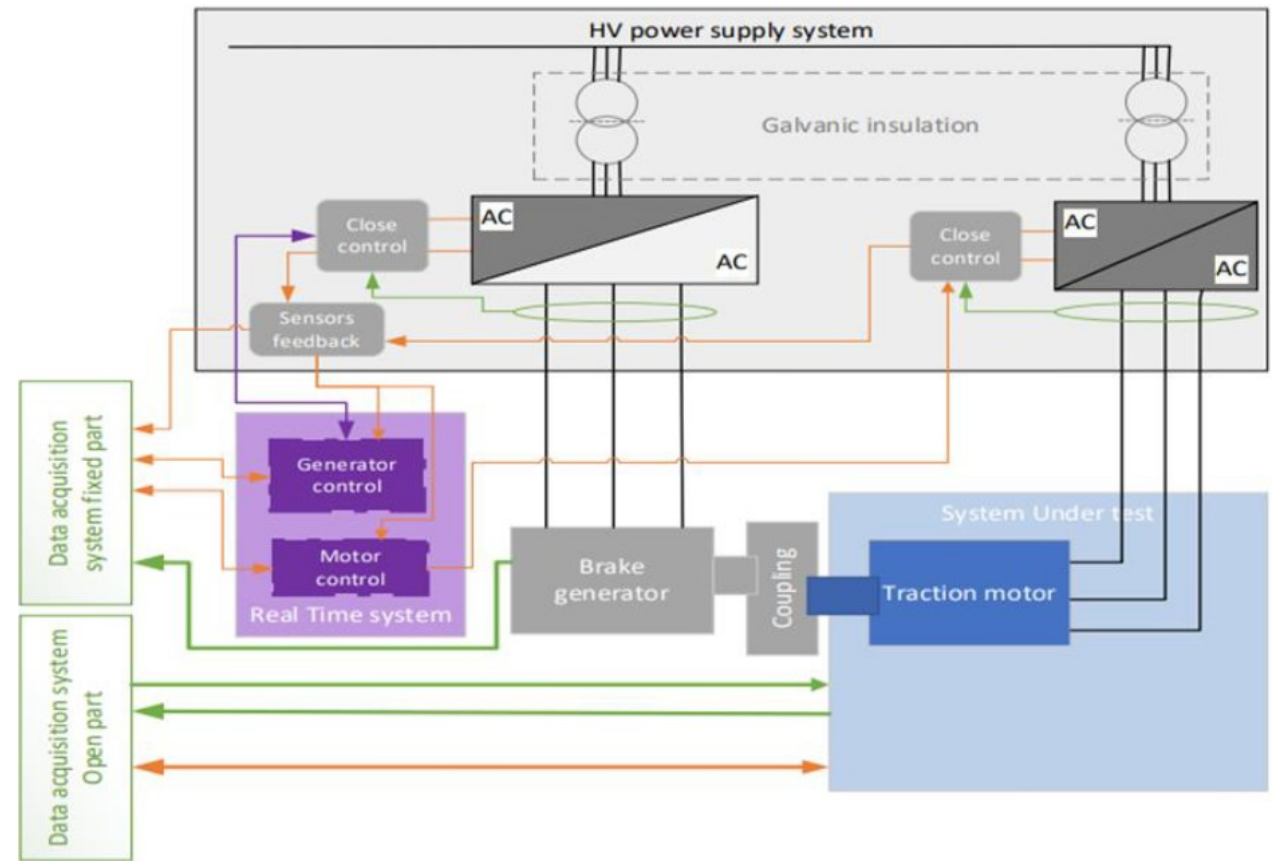
Moyens matériels en support de la recherche

Alimentations de puissance pour le test de convertisseurs statiques

- Convertisseurs statiques avec composants grand-gap
- Intégration des contraintes environnementales (T, P, H)

Groupe tournant pour l'hybridation des fonctions secondaires puis propulsives

- Gestion de l'énergie électrique embarquée
- Sûreté de fonctionnement
- Maintenance prédictive à la demande



Le projet C2A

Axe de recherche 1 : Compatibilité électromagnétique (PeV, GV, FD)

Intégration de convertisseurs statiques à forte densité de puissance et à haute fréquence de commutation dans un environnement EM contraint

- Approche couplée de modélisation/caractérisation de l'environnement électromagnétique (réseau électrique avion)
- Caractérisation E/S des convertisseurs statiques envisagés
- Impact de l'intégration du CVS : adéquation convertisseur / réseau



Pertinence des approches proposées dans un processus de V&V et de certification

- Vers une qualification rapide et efficace des systèmes électriques nécessaire à l'électrification des fonctions annexes puis propulsives

Permettre une méthodologie d'intégration des CVS en environnement EM contraint

Le projet C2A

Axe de recherche 2 : Jumeau numérique (BT, XD, NK)

Modélisation mixte des convertisseurs statiques sous variations forte des contraintes environnementales

- Approche multiphysique « boîte blanche » limitée à la modélisation systémique incluant les indicateurs de surveillance de dégradation
- Approche basée sur la donnée « boîte noire » pour la prise en compte des variations environnementales
- Approche mixte « boîte grise » permettant une simulation fine et précise en pseudo temps-réel



Intégration des modèles dans un schéma de maintenance prédictive

- Contrainte de safety aéronautique
- Être capable, par simulation du modèle et comparaison expérimentales limitées, de détecter une dégradation décorrélée d'une variation normale des conditions environnementales
- Prévenir le pilote et les centres de maintenance

Définir un jumeau numérique à visée de qualification et de PHM

Le projet C2A

Axe de recherche 3 : Gestion énergétique sous incertitude (BT, MK, OS)

Méthodologies de gestion de l'énergie multi-objectifs

- Robustesse aux variations environnementales et aux conditions critiques
- Prise en compte des contraintes économiques et techniques
- Allocation optimale de l'énergie quelle que soit l'état de santé des batteries et les missions à effectuer
- Applications aux MEA et HEA

Implémentation dans un EMS embarqué

- Maîtrise de la complexité algorithmique
- Maîtrise de la fiabilité numérique
- Intégration des jumeaux numériques

Garantir la sécurité des personnes et des biens sous contraintes
aéronautiques



Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

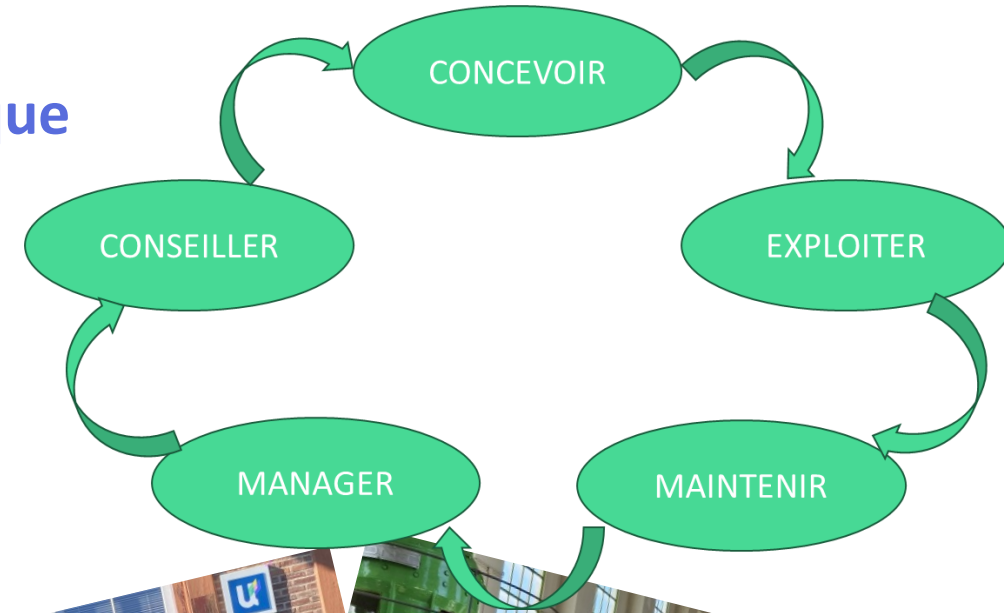
Les futures orientations et projets

Conclusions

Le bachelor SIEE-TE

Une formation nouvelle dédiée à la transition énergétique

- Portée par l'ENIT, elle fait intervenir les équipes de l'ENIT, du GCCD et du GEII
- Une formation de niveau Bac +3 par apprentissage
 - 5 compétences
 - 2 champs disciplinaires principaux : GE, GT
 - culture scientifique transverse : informatique, matériaux, humanités...
- Ouverture d'esprit : entrepreneuriat, engagement, recherche, réflexivité
- Des métiers cibles de la TE
 - Conseiller.ères en TE : conseil, technico-commercial, pilote/exploitant
 - Conseiller.ères en systèmes d'énergies : gestionnaire d'énergie
 - Econome de flux : chargé.e de minimiser la consommation d'Énergie
 - Auditeur.trice d'énergie : maintenance, optimisation...



Manifestations publiques et étudiantes

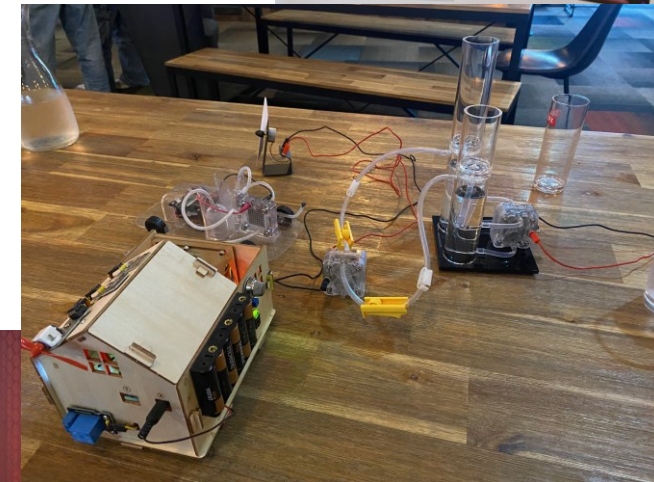
Fresque de l'hydrogène

- Action créée via GENHYO permettant de sensibiliser à la chaîne de valeur de l'hydrogène en France



Nuit des chercheurs 2025

- Speed-searching
- Présentation d'un dispositif power-to-gaz, gaz-to-power + gestion de l'énergie
- Sensibilisation aux risques H2



Hydrockathon

- Hackathon dédié à l'hydrogène
- Concevoir un dispositif pédagogique pour sensibiliser le public à l'hydrogène dans le contexte aéronautique



Le projet MobHyDiq

Mobilité Hybride Ludique

- Véhicule 2 à 4 places
- Capacité d'export de charge
- Hybride : muscle + solaire + H2
- Type Rosalie

Une conception améliorée

- Upgrade par les étudiants ingénieurs ENIT
- Plateforme ouverte aux activités de recherche

Circulation sur route entre l'UTTAP et PRIMES

- Démonstrateur aux couleurs de l'UTTAP
- Sensibilisation du public à la mobilité urbaine décarbonée, partagée, aisée



Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

Les futures orientations et projets

Conclusions

Les orientations de notre recherche

Les smart-grid

- Smart-grid avec stockage de forte énergie pour application tertiaire avec pilotage open-source
 - Gestion des stockages, mécanismes prédictifs et incitatifs, jumeaux numériques mixtes
- Interconnexion de smart-grids distants
 - Optimisation des dimensionnements, interopérabilité,

Les micro-grid isolés

- Micro-grid pour l'accès à l'énergie
 - Dimensionnement selon spécificités locales, nouvel objectif d'optimisation, maintenabilité accrue

Les mobilités décarbonées

- Les mobilités douces
- La comodalité
- Rupture avec le modèle individualiste

Ouverture vers les SHES

Acceptabilité d'une gestion énergétique nouvelle

- Le modèle historique du tarif jour-nuit
- Changement de paradigme
 - Electricité à tarif variable en fonction des ressources disponibles
 - Modèle Tempo appliqué à la ressource disponible et au besoin
 - Mécanismes incitatifs et non punitifs
- Education vers la décroissance
 - Comment faire confiance à l'EMS?
- Economie du troc / Economie solidaire
 - Echange d'énergies
 - Production et stockages partagés
 - Maintenabilité

Acceptation sociétale à travailler

Plan de l'intervention

Introduction

Le projet GENHYO

Le projet C2A

Quelques actions de diffusion

Les futures orientations et projets

Conclusions

Conclusions

Contexte

- Décarbonation de l'électricité et des secteurs d'activité dépend fortement du contexte géographique
- Installer des toitures solaires en France est un geste économique vers l'indépendance énergétique mais le bilan écologique reste à nuancer

Gestion des réseaux d'énergie électrique : stationnaire ou mobiles

- Mix énergétique source
- Stockages
- Optimisation des dimensionnements
- Gestion de l'énergie intelligente et raisonnée

La diffusion : un outil essentiel de la transition

- Acceptabilité des solutions
- Changement de paradigme

Un système technologique ou énergétique « zéro-carbone » est peut-être un système qu'on ne fabrique pas