



Séminaire inter-dom
Economie et système de transport

**Verdissement de la mobilité
et dispositif France mobilité**

CEREMA Gaëlle Schauer

Guadeloupe, le 17 octobre 2019



Trame de la présentation

20 mn : Verdissement de la mobilité terrestre, maritime et fluvial (hydrogène, électrique et gaz) – Présentation des technologies et retour d'expérience – Programmes de financement : 15 à 20 mn

➤ **Objectifs – Quels outils institutionnels :**

- Réduire l'émission des GES générés par les mobilités
- Répondre aux mobilités : urbaines, fret mais surtout rurales, à la vulnérabilité énergétique des ménages ...

➤ **S'appuyer sur un écosystème économique et institutionnel :**

➤ **Exemple : Territoire de Belfort et ITC**

- Production d'énergie décarbonnée
- Distribution d'énergie décarbonnée : maillage du territoire par système de borne correspondant aux énergies décarbonnées développées
- Production de batterie raisonnable sur le plan environnemental (métaux recyclables, sortir de la logique des métaux rares et polluants)
- Production de véhicule à cout économique et environnemental « raisonnable »
- Maillage du territoire

➤ **Quel maillage et quel phasage pour le déploiement des bornes de distribution ? :**

- Une approche régionale et interrégionale
- Une approche locale

➤ **Comment : partenariat et financement**

- Des partenariats : favoriser des actions interrégionales (territoires ultra marins et métropolitains)
- Les grands programmes de financement : fonds européens, CPER, CPIER : des orientations à construire dans le cadre de la construction de la nouvelle programmation

France mobilité : Appui en ingénierie : 15 mn

- Le dispositif France mobilité
- Mise en place d'une cellule France mobilité à l'échelle de l'espace caribéen et de l'espace de l'océan indien + Saint Pierre et Miquelon

Objectifs – Quels outils institutionnels ?

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre :
 - Échelle régionales et locales :
 - Plan Climat Air Energie Territorial
 - Plan de Protection de l'Atmosphère
 - SRADDET
 - Compétence AOM
 - PDU, PMR, PDM, EMC², ...
 - Prescription nationale :
 - Loi de transition énergétique
 - LOM
 - ...
- Répondre aux besoins en matière de mobilité (au-delà des réponses alternatives, telles que télétravail, tiers-lieux, modes actifs ...):
 - Fret, dernier km, fluvial, maritime, fer
 - Mobilité des personnes :
 - TC
 - VL : Milieu urbain et rural
- Avec une priorité pour :
 - Ménages vulnérables sur le plan énergétique
 - Milieux ruraux
 - Territoires ultra-marins

Ecosystème économique et institutionnel

Un écosystème complet avec des réponses durables et un maillage adapté

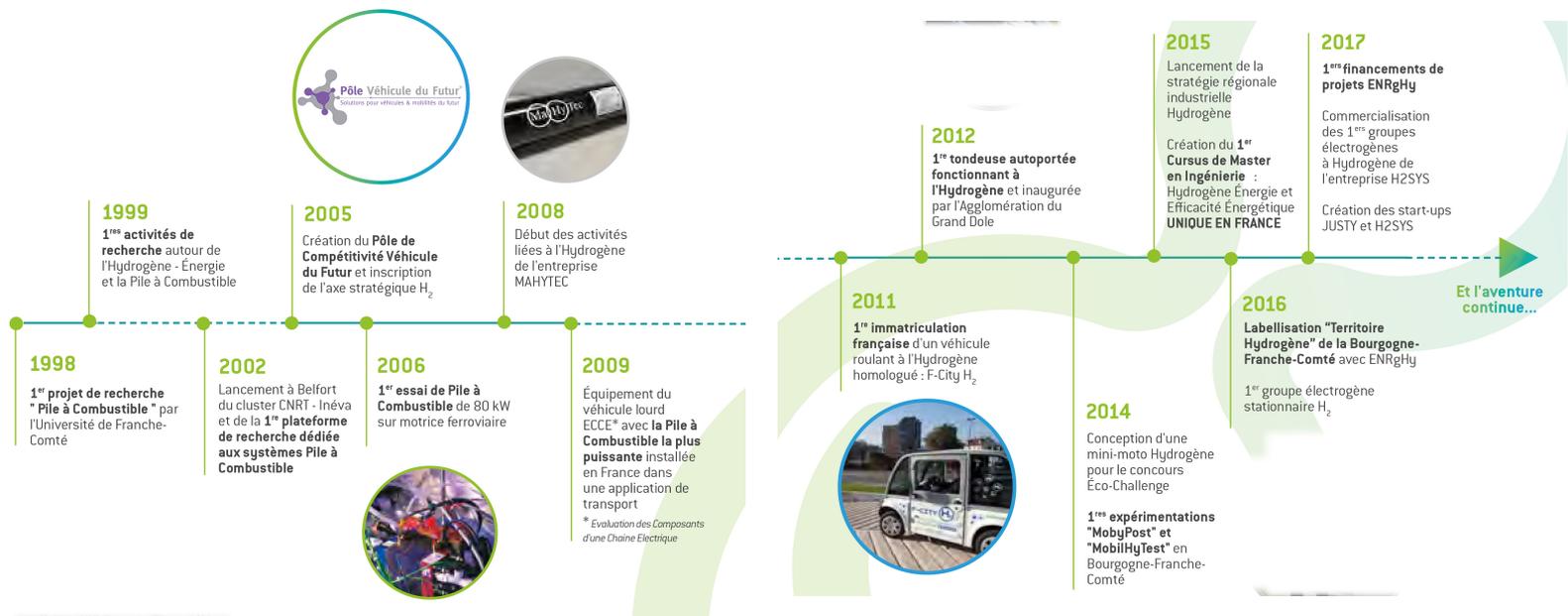
- Production d'énergie décarbonnée : des réponses plurielles : énergies fatales, hydraulique, éolien, hydrolien, force de la houle
- Production de piles à combustibles ou batteries « raisonnables sur le plan environnemental » (favoriser les métaux recyclables, sortir de la logique des métaux rares, non recyclables et polluants)
- Production de véhicule à cout économique et environnemental « raisonnable »
- Formation
- Production/distribution de l'énergie décarbonnée : Puissance et maillage?

Un écosystème de production d'énergie au bénéfice de la mobilité (personnes et fret), mais également à l'ensemble des postes nécessitant de l'énergie (activité, bâtiment ...) : mutualiser les investissement et les amortissements nécessaires à :

- La production d'énergie
- Et à la distribution de l'énergie

Territoire de Belfort

Production, batterie, distribution et véhicule roulant



Label TIGA (Territoire d'Innovation de Grande Ambition) accordé à Belfort-Montbéliard : Budget de 70 millions d'euros.

INSTITUTO TECNOLÓGICO CANARIA (ITC)

Production d'énergie décarbonnée

- Notre activité de R & D & I : recherche, développement et innovation depuis 20 ans.
- Valoriser du littoral et de la position géostratégique dans l'Atlantique
- îles Canaries : laboratoire naturel de référence internationale dans le développement de technologies pour la durabilité environnementale et l'efficacité énergétique, ainsi que pour inspirer le progrès technologique du tissu productif régional.
- Energies : géothermique, éolienne en mer, des vagues.
- Développement des stratégies et technologies visant à maximiser la pénétration des énergies renouvelables, en particulier dans les réseaux d'îles et les zones isolées, et dans les régions en développement d'Afrique par le biais de projets de coopération internationale

<https://www.itccanarias.org/web/en/index.php?errorcode=404&errormessage=URL%20invalid>

- Mission : contribuer à créer une économie fondée sur la connaissance, axée sur la durabilité et sur l'évaluation des ressources des îles Canaries.
- Nous transférons des connaissances et des innovations technologiques au tissu commercial aux fins d'utilisation productive, par le biais de licences et de droits d'exploitation, ainsi que par le biais de spin-off.



Pourquoi faire référence à ces deux démarches

⇒ Identifier des réponses adéquates pour les territoires ultra-marins qui rejoignent les problématiques de territoires ruraux et de la façade littorale de la métropole

⇒ Bénéficier des technologies
⇒ Créer des partenariats pour favoriser la mise en place de réponse opérationnelles pertinente au niveau des territoires ultra-marins
⇒ Appui Cerema

Exemple de l'écosystème de Belfort

- **EOLBUS**, un projet pilote en France couplant éolien et transport
Création d'une station de production (par électrolyse de l'eau), de stockage et distribution d'Hydrogène alimentée par des ENR et particulièrement les éoliennes qui entourent la ville. Labellisé au niveau européen, le projet fera circuler 5 bus et des véhicules légers en 2019. L'objectif étant de basculer l'ensemble de la flotte de bus en 2025.
– Pour alimenter ces bus, une station à hydrogène sera construite à proximité immédiate du dépôt des bus du SMTC et de la voie ferrée de Danjoutin. Elle sera réalisée par une filiale d'EDF, Hynamics.
- **HyCAUNAI**, le 1er projet couplant méthanisation et méthanation
Ce Projet de valorisation du CO2 fatal présent sur le site d'enfouissement de Saint-Florentin utilise le procédé de la méthanation. L'Hydrogène nécessaire à ce procédé étant lui-même issu de la production éolienne
– À la différence de la méthanisation, qui est un procédé naturel, la **méthanation** est un processus industriel. Le principe ? On fait réagir du dioxyde de carbone ou du monoxyde de carbone avec de l'hydrogène. Cela permet de produire du méthane et de l'eau. Cette opération de **conversion catalytique** est appelée « réaction de Sabatier ».
- **HyDATA**, l'Hydrogène énergie stationnaire double effet pour un data center
Porté par l'aire urbaine Belfort-Montbéliard, ce projet d'alimentation électrique de data centers via un système autonome à Hydrogène issu d'énergies renouvelables permet de mettre en place une application de secours.
- **NewMHyLL, Hydroélectricité et Hydrogène**
Porté par Dole, ce projet de test de la viabilité économique de solutions autonomes basées sur l'Hydrogène basse pression renouvelle le développement de prestations touristiques « zéro émission » avec une mise à disposition de solutions de mobilité douce, urbaine et fluviale.



—Train H2 : la stratégie d'Alstom

—Le premier programme, déjà lancé, consiste à retirer deux packs diesel sur quatre pour les remplacer par des batteries. Ainsi, les trains peuvent quitter les gares en mode électrique et réduire la pollution de même que le bruit.

—La deuxième solution, qui est une nouveauté chez Alstom, consiste à transformer complètement la partie diesel pour avoir des trains bimodes, fonctionnant soit en traction électrique sous caténares soit sur batteries. Dans ce cas, l'autonomie sur une ligne non électrifiée est de 80 km.

—Alstom travaille aussi sur la version française du train à hydrogène. Elle sera elle aussi bimode et fonctionnera également en mode électrique (contrairement à la version allemande qui est en service depuis septembre 2018, et qui ne roule qu'à l'hydrogène). Les régions Auvergne-Grand-Est, Bourgogne-Franche-Comté, Grand-Est et Occitanie devraient signer les premières commandes pour une quinzaine de rames.

—**MOBYPOST** est un consortium européen qui travaille sur un nouveau concept d'éco-mobilité. Il propose de développer un système complet associant un véhicule qui roule sans émettre de GES à une infrastructure de production d'hydrogène renouvelable. L'énergie sera produite de manière quasiment autonome grâce à un générateur photovoltaïque qui alimente l'électrolyseur produisant l'hydrogène quotidiennement, lors des périodes d'ensoleillement. C'est URBASOLAR qui s'est chargé de concevoir et de construire cette ombrière de parking photovoltaïque.

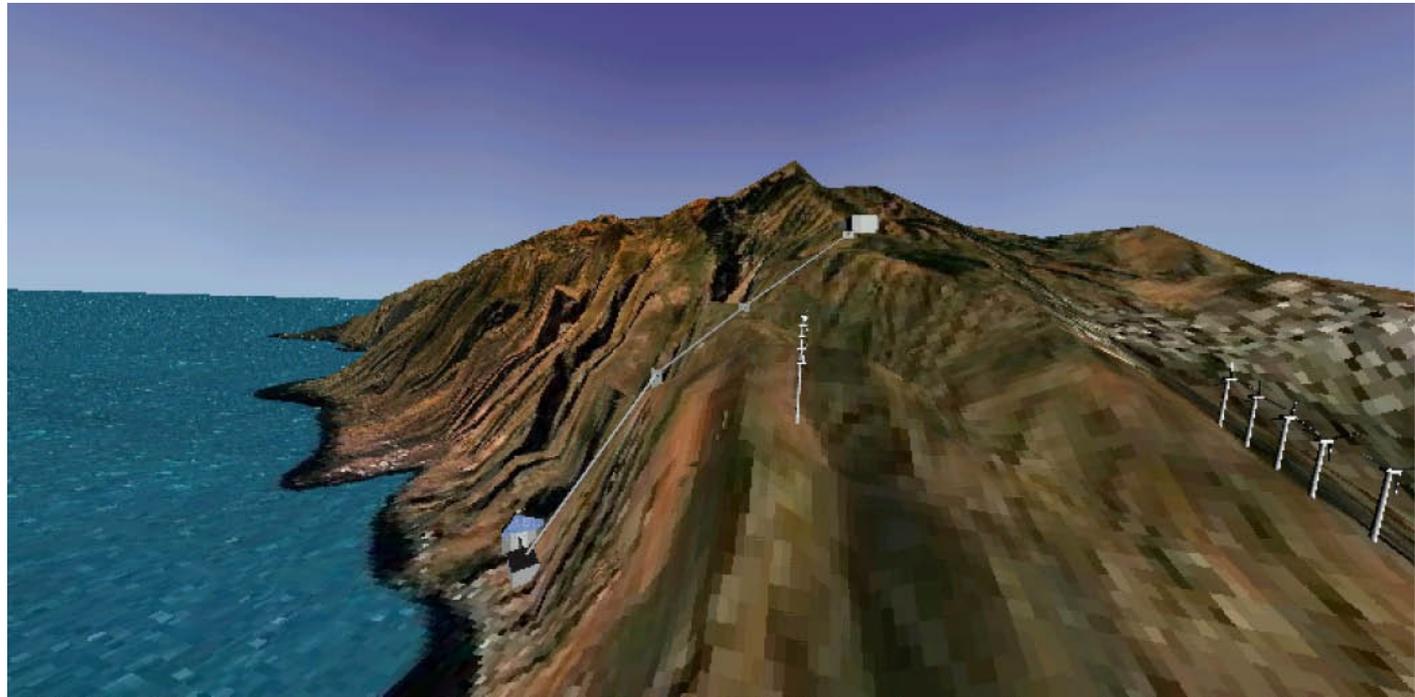
—UN CURSUS DE MASTER EN INGÉNIERIE (CMI) unique en France

Le CMI Hydrogène-Énergie et Efficacité Énergétique proposé par l'Université de Franche-Comté forme sur 5 ans aux métiers d'ingénieur en production et gestion de l'énergie. Ces étudiants seront des experts dans les domaines de l'efficacité énergétique et des énergies propres, avec une compétence particulière en matière d'Hydrogène-Énergie (production, applications transport et stationnaire, ...).

Centrale hydro-éolienne – El Hiero

La centrale hydro-éolienne associe cinq éoliennes plantées sur une colline, d'une capacité totale de 11,5 MW, et deux bassins de rétention d'eau séparés par 650 mètres de dénivelé, avec des turbines hydrauliques d'une puissance de 11,32 MW.

Quand le vent tombe, l'eau est relâchée du bassin supérieur vers le bassin inférieur et les turbines prennent le relais. La centrale assure aussi le fonctionnement des usines de dessalement d'eau de mer, vitales sur une île. Cette combinaison unique de l'éolien et de l'hydraulique "*est très prometteuse*" car elle offre une solution au problème de l'intermittence des énergies renouvelables, commente Joëlle Noailly, de l'Institut de hautes études internationales et du développement de Genève. D'autres îles européennes comme Samsø au Danemark ou Eigg en Ecosse tentent elles aussi le pari d'une énergie 100% renouvelable, mais leurs installations ne combinent pas l'éolien et l'hydraulique.



Depuis son inauguration en juin 2014, la centrale de Gorona del Viento a évité le rejet d'environ 9.000 tonnes de CO2 dans l'atmosphère :

— 11 000 habitants

— Énergie 100% fioul => 6000 t de pétrole par an,
18 700t de CO2

— Des difficultés à surmonter : ***Il faut convaincre REE, le gestionnaire du réseau électrique qu'il peut fonctionner avec 100% d'énergie verte sur de longues périodes, alors que sa priorité est "qu'il n'y ait pas de panne"***, relève le PDG Juan Pedro Sanchez. *"Il faudrait aussi augmenter la capacité des réservoirs d'eau"* pour pouvoir produire de l'électricité "verte" sans interruption toute l'année, dit-il. Or les installations ont coûté 80 millions d'euros et la construction d'un nouveau bassin n'est pas prévue pour l'instant.

— Évité aujourd'hui : 2.850 tonnes de fioul, selon l'entreprise d'électricité Endesa, co-actionnaire de la centrale avec l'autorité insulaire. Soit 1,2 million d'euros

— Le budget accordé au projet de centrale a atteint les **80 millions d'euros**.

Gorona del Viento est ainsi détenue à **60 %** par les autorités locales de l'île, à **30 %** par le producteur d'électricité Endesa, filiale du groupe italien Enel, et à **10 %** par l'Institut technologique des Canaries.

En combinant deux énergies, celle de l'**éolienne** et celle de l'**hydraulique**, elle assure une production constante d'énergie. Et cela, à un coût bien plus bas que l'énergie actuelle (nb : l'île fonctionne presque exclusivement avec des sources d'énergie conventionnelles).

La centrale hydraulique et le parc éolien disposent d'une capacité de **11,5 mégawatts** chacun.

Soit plus que la consommation de l'île, à savoir **8 mégawatts** en heure de pointe.

Cristina Morales précise « *le gouvernement a calculé qu'il peut économiser 80 millions d'euros en vingt ans grâce à cette centrale* ».

~~Le projet n'en suscite pas moins un énorme intérêt, surtout dans les îles. Leurs 600 millions d'habitants dans le monde, selon l'ONU, sont directement menacés par le [réchauffement climatique](#), en partie provoqué par l'utilisation des énergies fossiles.~~



Premier système de production d'hydrogène alimenté par des énergies renouvelables. Premier micro réseau isolé en Espagne, avec stockage d'énergie en H2 (Projet RES2H2)

Autres exemples

Algue verte

Un groupe de chercheurs de l'Université d'Uppsala, dirigé par les professeurs Fikret Mamedov et Stenbjörn Styring, a réalisé une découverte qui change le point de vue de la production d'hydrogène à partir d'algues vertes.

Les scientifiques ont constaté qu'une quantité considérable de l'énergie absorbée par le **PSII** était directement convertit en hydrogène.

Une grande partie de la production d'hydrogène est générée directement par l'énergie solaire. Cette découverte nous donne l'espoir qu'à l'avenir il sera possible de contrôler les algues vertes de sorte que les rendements deviennent nettement supérieurs à ceux obtenus actuellement" a expliqué le professeur Stenbjörn Styring.



Valorisation des plastiques : hydrogène décarbonné

Depuis les années 1950 : production de plus de huit milliards de tonnes de plastique dans le monde. Pour la plupart, sous forme de produits jetables.

Aujourd'hui : moins de 10 % d'entre eux sont recyclés.

Proposition : Valoriser les déchets plastique en hydrogène

- Des expérimentations sont en cours pour traiter les plastiques collectés en mer

Batteries aluminium

Les batteries aluminium-ion (Al-ion) présentent de grands avantages par rapport aux technologies existantes :

- des matériaux peu coûteux et ininflammables,
- Grande capacité énergétique mais une faible capacité de stockage

⇒ Les recherches sont encore en cours pour faire émerger une batterie aluminium-graphène présentant des performances cohérentes avec les besoins.

Les résultats de ces recherches ont été publiés sur le site Science Advances.

Maillage production et distribution d'énergie décarbonnée (une méthodologie Cerema)

Des territoires contrastés : urbains, ruraux, fret, isolement géographique, vulnérabilité énergétique

Mettre en perspective et mutualiser les lieux de production et de distribution d'énergie personnes et marchandises (effets de seuil) et optimiser la dépense publique et privée (optimisation équipement, technologie et production) – Approche régionale et locale

— Des mobilités :

- Collectives : TC
- Individuelles :
 - mobilités actives :
vélo électrique
 - 2 roues motorisés
 - VL

— Vulnérabilités
énergétiques

— Des secteurs isolés

— Des mobilités fret :

- Activités privés :
zones d'activités,
industrielles, zones
portuaires (fluviales
et maritimes),
embranchement
ferroviaire ...
- Services publics :
déchets...

Méthodologie : utiliser des données existantes nationales

- Etudier les logiques O/D et transit tous modes :
 - Personnes
 - Marchandises
- Voir les données disponibles sur l'ensemble des territoires :
 - Données INSEE, données nationales Etat, comptages routiers et autoroutiers...
- Données locales : OAP, études d'impact grands projets, EMC² (ex EMD), PLUID, PDU, comptages routiers
(PDE, PDA si significatifs)
- Étudier les flux de matière :
 - Flux pétroliers : lieux de distribution privés (entreprises) et publics
 - Distributions grand public
 - Données navigation
 - ...

Evaluer la vulnérabilité énergétique des ménages (transport)

- Constat : Population péri-urbaine et rurale :
 - revenus peu élevés
 - Distance à l'emploi et aux services importante
 - Faible offre TC
- Indicateurs analysés (non exhaustif) :
 - A l'échelle de la commune : poids des transports dans le revenu des ménages
 - Analyse des principaux systèmes d'échange
 - Analyse de la part VL
 - ...
- Caractériser la vulnérabilité liée au transport :
 - De 1 à 8% du revenu : peu vulnérable
 - De 8 à 16% : peu vulnérable
 - De 16 à 32% : vulnérable
 - De 32 à 40% : très vulnérable

Connaitre la mobilité : Enquête Mobilité Certifiées Cerema (EMC²)

- Méthode d'enquête Cerema : recueil de la mobilité des habitants d'un territoire. Cette méthode (1976) a été mise à jour en 2018, et permet une comparabilité historique et entre territoires pour une adaptation fine aux enjeux locaux.
- Phase amont : projet et conception des projet
 - Définition des périmètres : tronc commun et explorations complémentaires (ex/ espaces isolés, approche polycentrique, tourisme mobilité du week-end ...) : recueil complémentaire possible par tracking sur smartphone ou encore enquête ciblée sur des populations à enjeux particuliers.
- Résultats attendus :
 - Photographie statistique des déplacements réalisés par les habitants d'un territoire un jour moyen de semaine, pour tous les motifs et par tous les modes de transport, y compris la marche.
 - Permet de **calculer les parts modales**, indicateurs que l'on retrouve notamment dans la grande majorité des documents de planification.

NB : L'enquête est réalisée en face à face ou par téléphone, auprès d'un échantillon aléatoire de la population stratifié géographiquement (0,5 à 1% des ménages seront auditionnés).

Comment poursuivre? Partenariat et financements

- Des partenariats : favoriser des actions interrégionales (territoires ultra marins et métropolitains)
- Etudier un partenariat visant à capitaliser et adapter la démarche engagée au niveau du territoire de Belfort, et certains acteurs économiques de la région normandie ... aux besoins des territoires ultra-marins
- Capitaliser sur les démarches portées par ITC aux canaries : production d'énergie décarbonnée : <https://www.itccanarias.org/web/es/>
 - ITC partage son savoir-faire avec le continent africain, autonomie à 100% de l'île Hiero, Lanzarote, pourcentage fort ...
 - Autre élément intéressant : <https://titsa.com/index.php/en/titsa/the-company/180-about-us>
 - En 2012, TITSA couvrait 35 millions de kilomètres et demi sur 160 lignes de transport, avec une flotte de 526 véhicules, transportait environ 36 millions de passagers, soit au total 1,9 million de voyages.

Les bus TITSA fonctionnent 24 heures par jour, 365 jours par an; Pour s'assurer que les bus atteignent les voyageurs, il y a environ 3 700 arrêts de bus disséminés sur toute l'île.
- Associer l'ensemble des acteurs de l'écosystème :
 - Producteurs d'énergie décarbonnées
 - Distributeurs (bornes)
 - Batterie
 - Véhicule
 - Poles de recherches (universitaires et grandes écoles)

— Un acteur transversal : le Cerema

Mise en perspective de la démarche maillage de production et de distribution des énergies décarbonnées avec les champs techniques de modes de production et des matériels afférant (bornes et véhicules roulant) et de l'usage du territoire sur ses autres fonctionnalités (énergivores : activités, habitat

Les grands programmes de financement

- fonds européens,
- CPER,
- CPIER
- ...
- AMI Ademe
- AMI régionaux
-

Des orientations à construire dans le cadre de la construction de la nouvelle programmation : pour concrétiser le passage à la mobilité décarbonnée

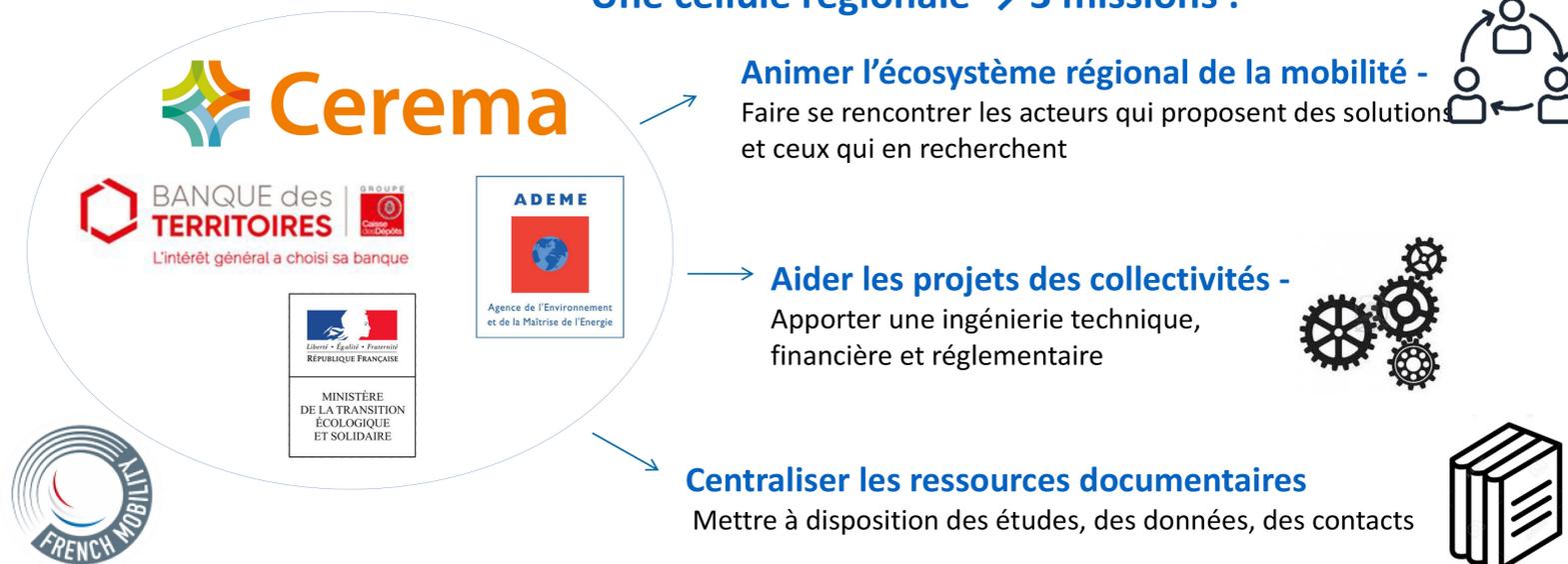
France Mobilité

- Le dispositif France mobilité
- Des pistes pour organiser un principe de cellule France mobilité pour les territoires ultra-marins

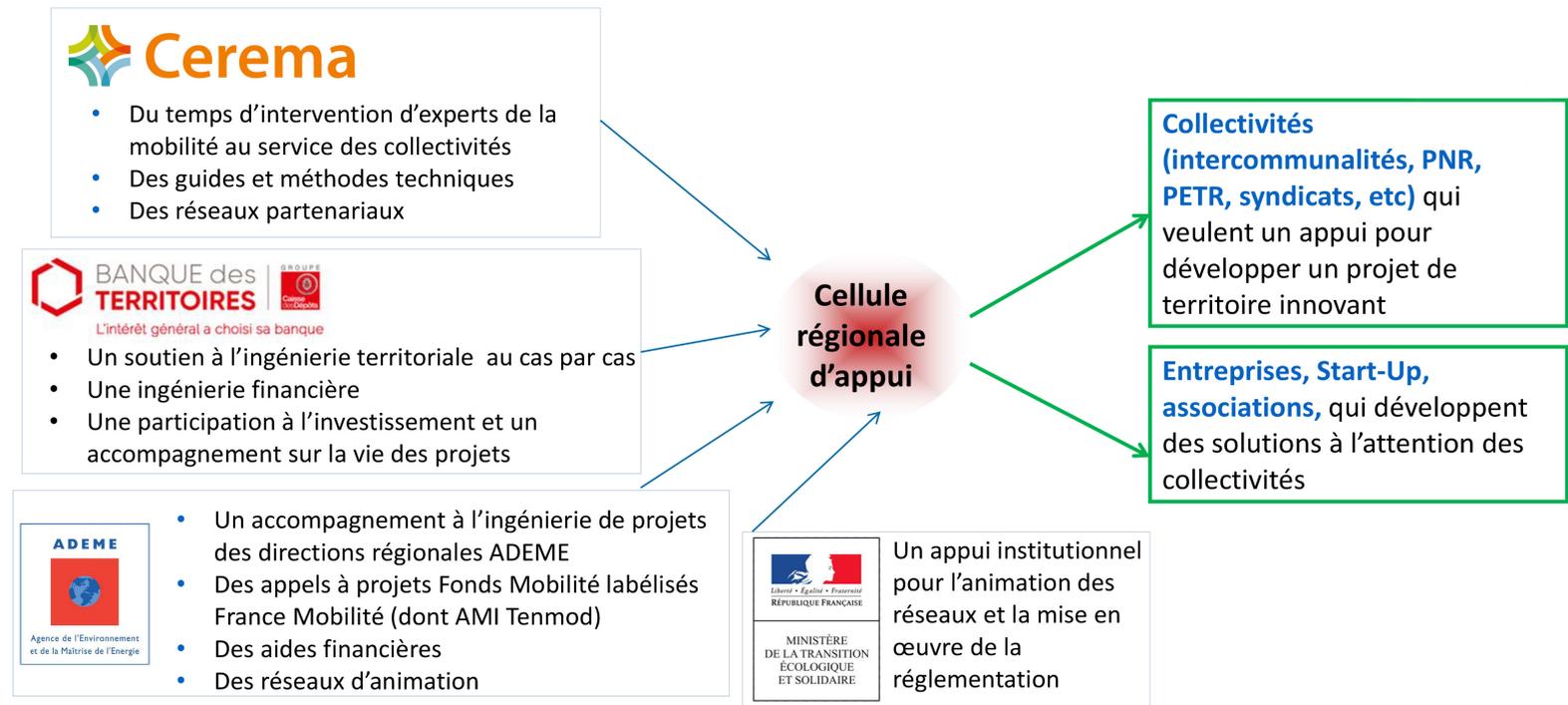
Le dispositif France Mobilité

En 2019, des **cellules régionales d'appui à l'ingénierie**

Une cellule régionale → 3 missions :



Cellules régionales d'appui



Principes d'organisation des cellules d'appui pour les territoires ultra-marins

- Mise en place d'une cellule France mobilité à l'échelle de l'espace caribéen :
 - Animation par la deal Guadeloupe en interface avec les deal de Guyane, de Saint Martin et de Martinique
- Mise en place d'une cellule France Mobilité de l'océan indien
 - Animation par la deal Réunion en interface avec la deal de Mayotte et les services de la Polynésie française, la nouvelle Calédonie et Wallis et Futuna

- Globalement appui de :
 - l'AFD
 - La banque des territoires
 - Du cerema, appui :
 - Dématérialisé (visio);
 - et une semaine par an sur place : séminaire et dating avec les porteurs de projet.

- Inclure Saint Pierre et Miquelon au dispositif?

Répondre aux ODD

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



CONTACT

Gaëlle Schauner

Gaëlle.schauner@cerema.fr

Maison 100% autonome solaire et hydrogène

- **Construction qui allie la technologie solaire à un système de production d'hydrogène à l'échelle de la résidence privée afin de garantir une autonomie totale et prolongée. Découverte.**
- **Projet [Phi Suea](#) :** Expérimenté à Chiang Mai, en Thaïlande, ce groupe d'habitations écologiques mise sur l'énergie du soleil couplée à l'hydrogène pour garantir l'autonomie totale et plus encore. Destiné à quatre familles, ce complexe imaginé par la société [CNX Construction](#) vise en effet une autonomie énergétique 24 heures sur 24, sans jamais plus dépendre des caprices météorologiques ni craindre la nuit.
- Les batteries au lithium = point faible de la production d'électricité d'origine solaire
- Pendant la journée, les différentes habitations du complexe produisent de l'électricité grâce à leurs panneaux photovoltaïques. L'électricité qui n'est pas directement consommée par la famille est envoyée dans un bâtiment centralisé où l'hydrogène est produit. Une fois la nuit tombée, où lors d'un manque d'ensoleillement, de l'électricité est produite en sens inverse à partir de cet hydrogène. Converti en électricité grâce à une pile à combustible, le procédé ne rejette que de l'eau.



17/10/2019

