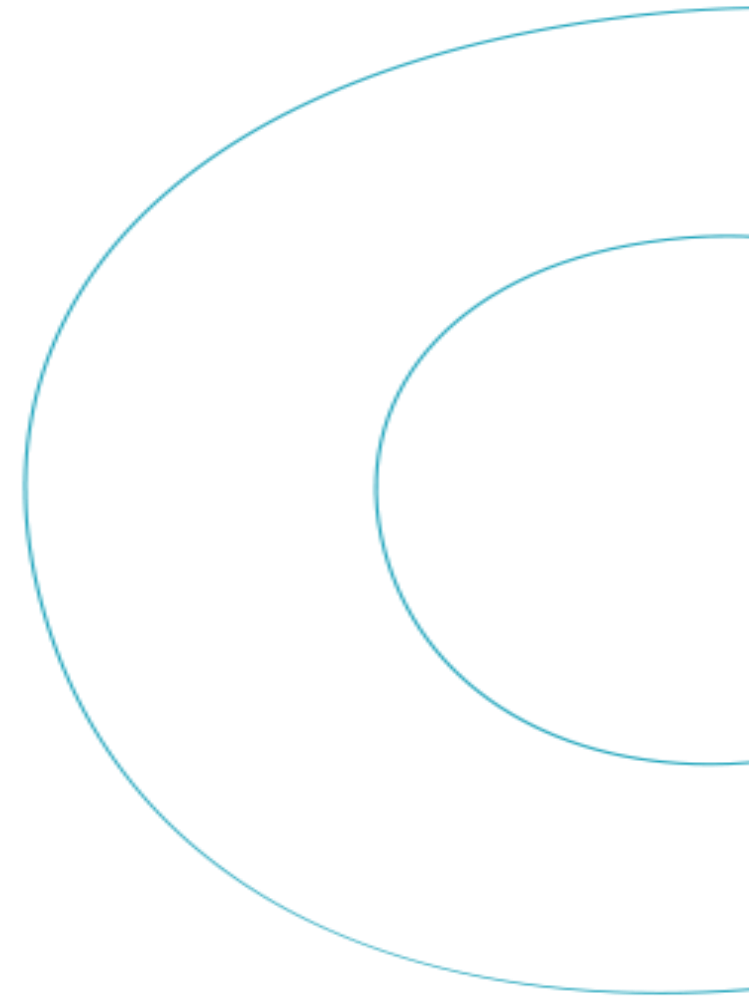


Journée annuelle du LITTE

**Laboratoire d'Innovation Territorial
pour la Transition Ecologique**

18 décembre 2024



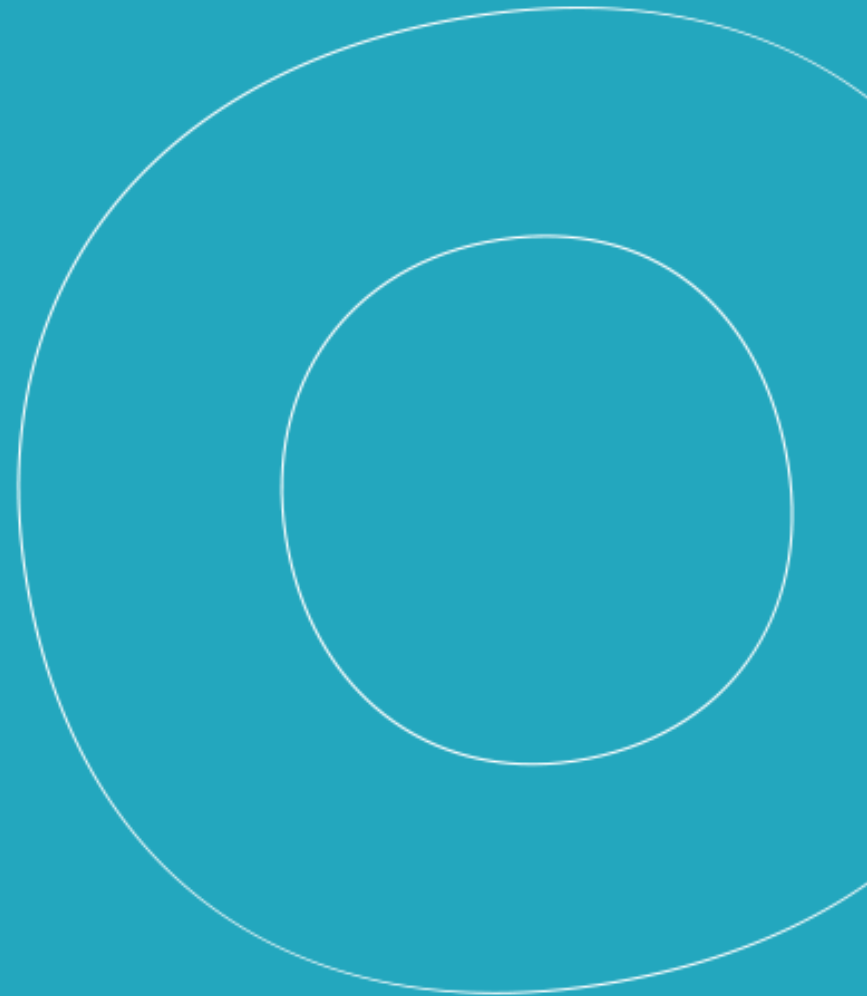
Stéphane LE FOLL

Maire du Mans
Président de Le Mans Métropole
Ancien ministre



Fabienne LAGARDE

**3^{ème} vice-présidente à l'Enseignement
supérieur, Recherche et Innovation
Le Mans Métropole**



Un Laboratoire d'Innovation Territoriale pour la Transition Ecologique (LITTE)

LA MÉTHODE

PARTENARIALE

Sensibiliser
permettre à chacun d'être
acteur

MESURABLE ET OBJECTIVE

Mesurer l'action par des
indicateurs et évaluations

VISIBLE

Communication, valorisation,
réseaux stratégiques d'acteurs

REPRODUCTIBLE

Diffusion des
expérimentations

STIMULANTE

Création d'une dynamique,
effet d'entraînement

1 RDV annuel : la Journée Mondiale du Climat

METROPOLE DU SAVOIR

AAP THESES TRANSITION ECOLOGIQUE

3 thèses en 2022-2023
2 thèses en 2023-2024
2 thèses à venir pour 2025

POPSU TRANSITIONS

8 unités de recherche de LMU
8 services de LMM

Axe thématiques	
WP 3 - ÉNERGIE Écosystème local d'ENR et partage habitants	Quelle place pour la commande publique et la participation citoyenne dans le développement des énergies renouvelables ?
WP 4 - CONSTRUCTION Décarboner les modèles urbains Matérialité et matériaux	Quel usage de la commande publique pour construire une ville plus sobre en matière et en espace ?
WP 1 - Verdir la commande publique	WP 2 - Verdir les finances publiques

Programme POPSU
Le Mans Université, 2023

Axe outils

LITTE

METROPOLE INNOVANTE

TERRITOIRE D'EXPÉRIMENTATIONS

Appel à projet annuel – 25k€

Appel à projet permanent - facilitation

Territoire d'expérimentation Extrême Défi - ADEME

Projets collaboratifs

ADMINISTRATION INSPIRANTE

LAB' INTERNE

15 projets sur la transition écologique en interne
RSO / Intrapreneuriat / amélioration continue / QVT

GIEC Pays de la Loire

Laurine COUFFIGNAL
Directrice Climat et Territoire au Comité 21





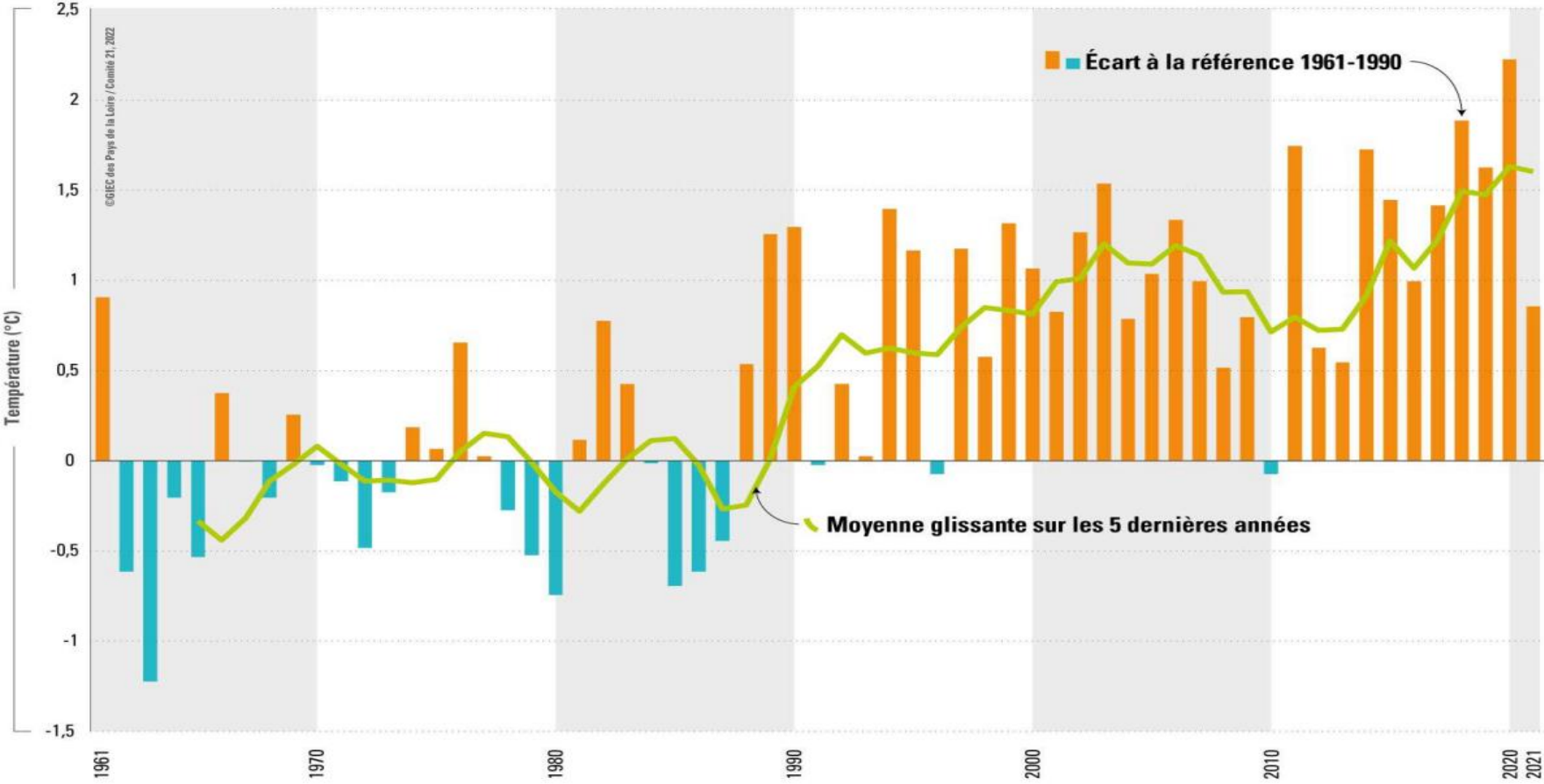
GIEC Pays de la Loire

Laurine COUFFIGNAL

Directrice Climat et Territoire au Comité 21



Evolution des températures dans les Pays de la Loire



Source : GIEC Pays de la Loire 2022



2021/2023 – Création et premiers travaux

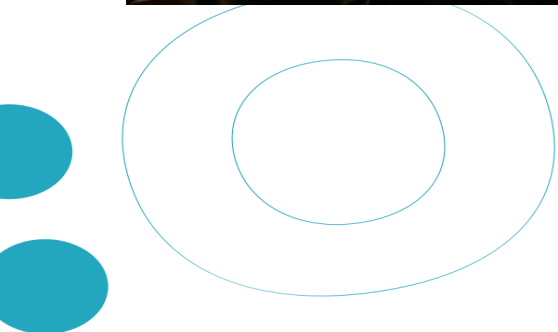


Le GIEC des Pays de la Loire a pour vocation de produire et diffuser des connaissances scientifiques sur les changements climatiques et leurs répercussions dans les Pays de la Loire.



La sensibilisation : un axe majeur

+ de 15 000 personnes sensibilisées en deux ans



2024/2026 – Un nouveau programme d'actions

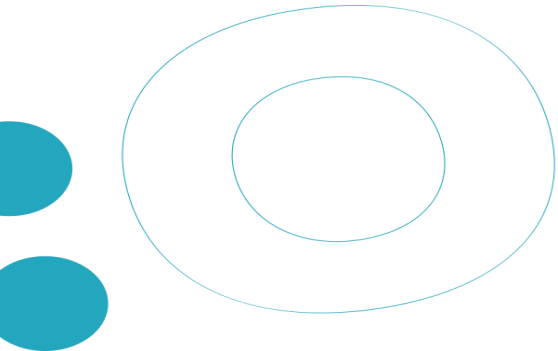
Axes de travail :

- L'impact régional des changements climatiques sur le cycle de l'eau ; la situation hydrique de la région, ses écosystèmes et la disponibilité en eau ; les leviers disponibles pour préserver la ressource et en améliorer la qualité.
- L'impact des changements climatiques sur l'économie de la région en tenant compte de la diversité des secteurs, activités, filières et métiers.
- L'impact des changements climatiques sur les populations : vulnérabilité des populations face aux impacts du changement climatique (notamment sanitaire et sociale), sensibilité aux risques climatiques et ajustement des pratiques aux enjeux climatiques..



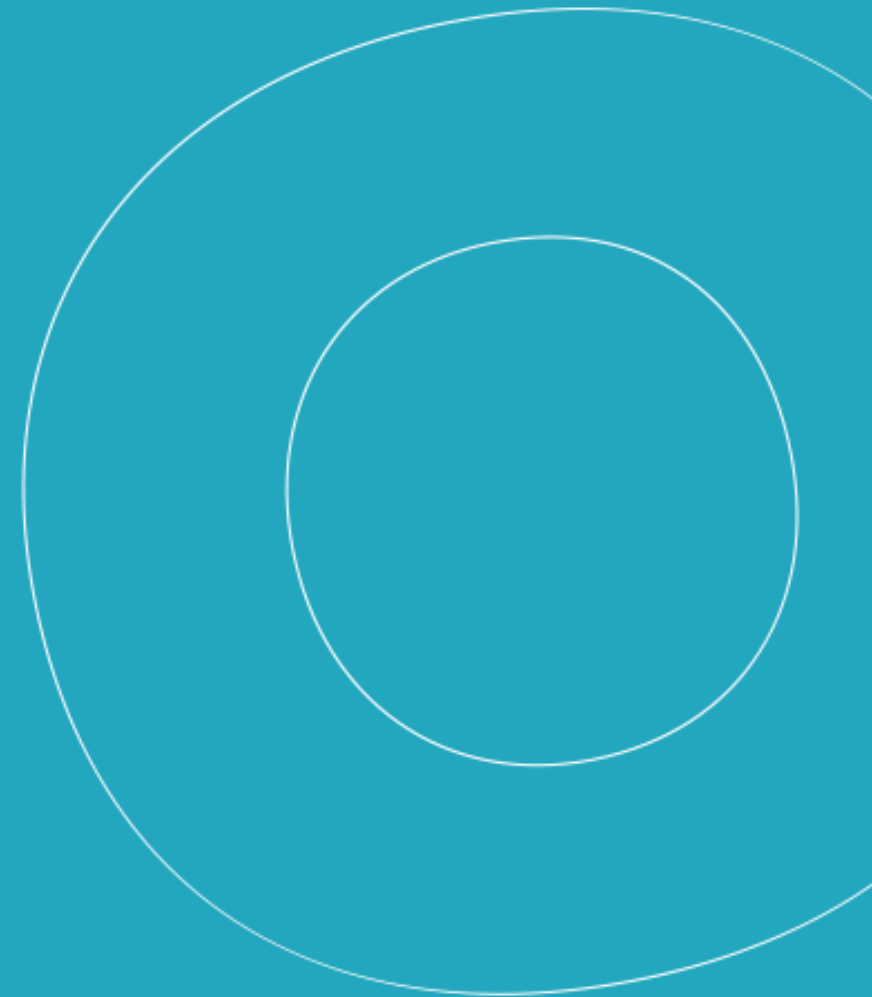
MERCI DE VOTRE ATTENTION

Site internet du GIEC-PL : www.giec-pl.org



Projet APACHE

Charles PEZERAT
Directeur de l'ENSIM





Apache Le Mans

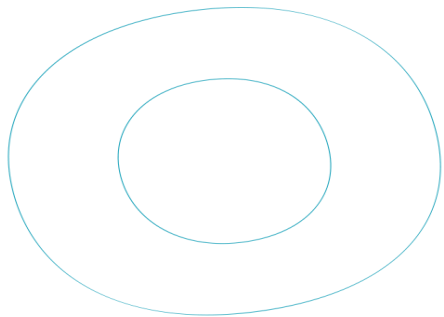
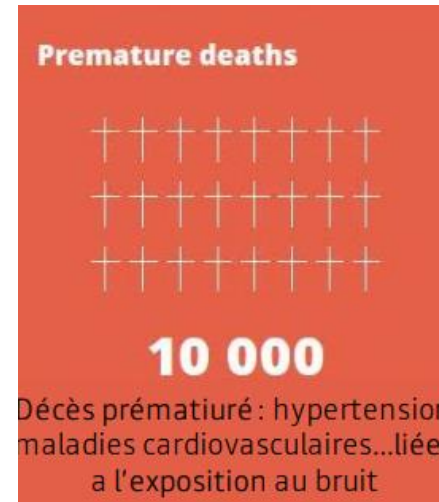
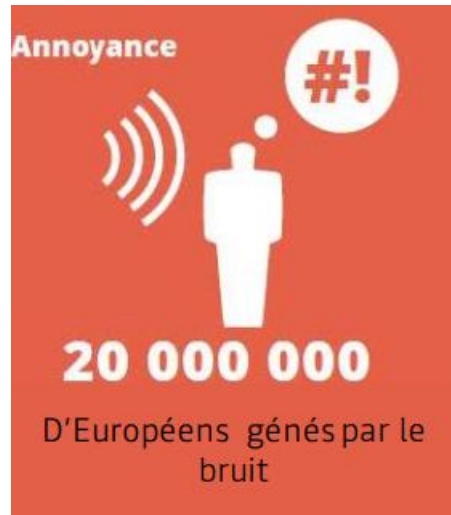
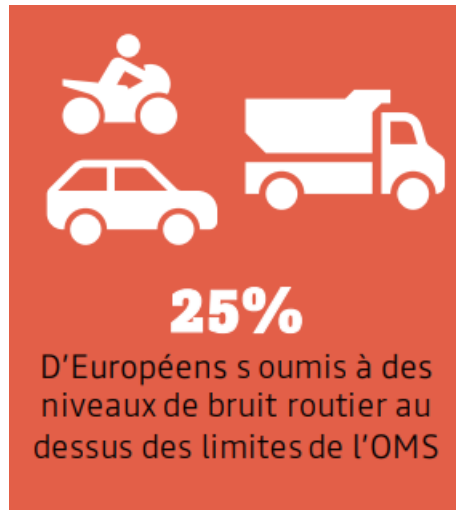
Projet de collaboration avec RENAULT, l'ENSIM, l'ESGT et LMM

Charles PEZERAT – Directeur ENSIM – charles.pezerat@univ-lemans.fr



Contexte du projet : la pollution sonore !

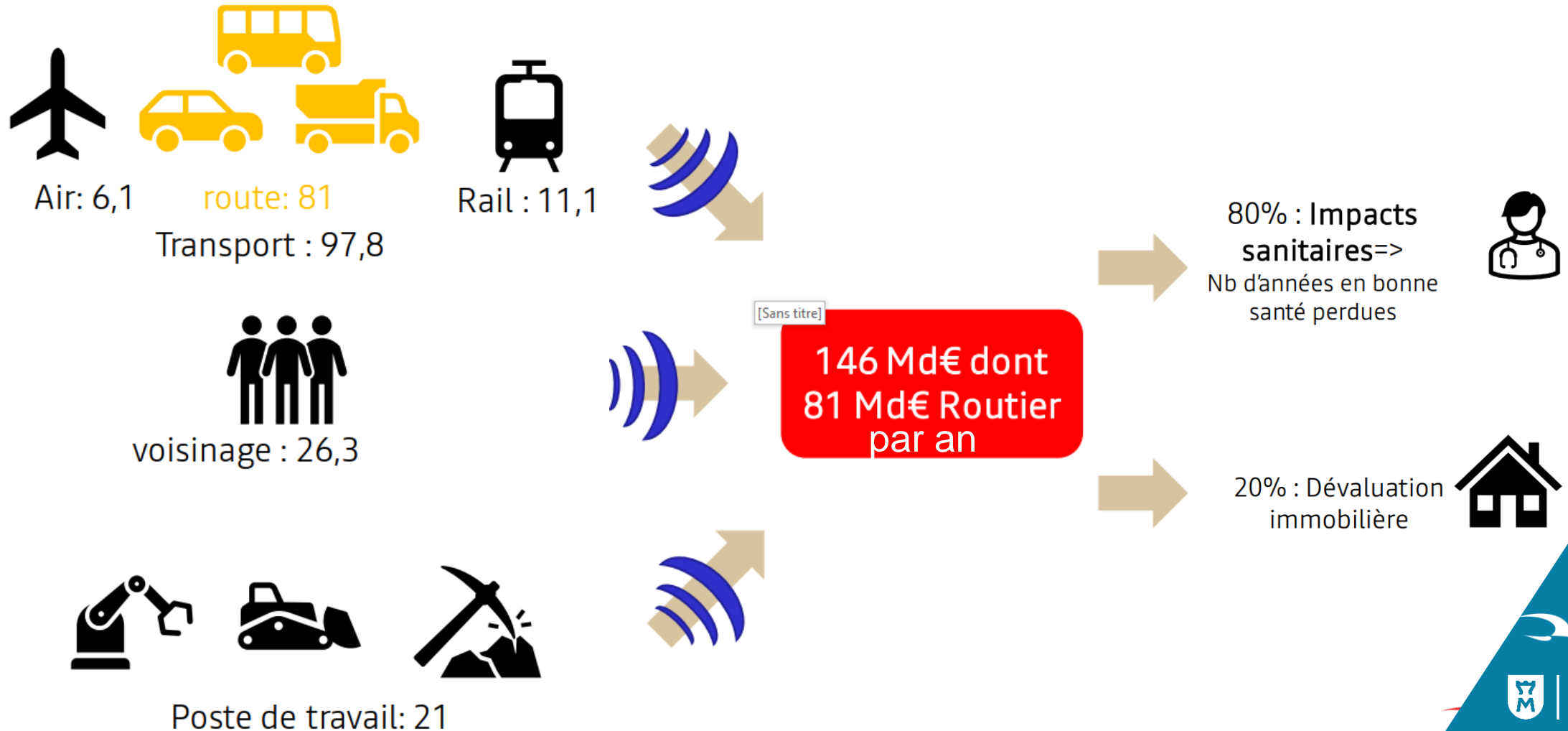
European Environment Agency indique :



Coût social du bruit et du bruit routier

Référence : Social cost of noise for France 2021, ADEME

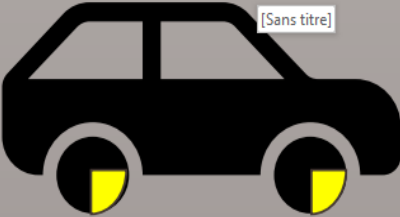
<https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6130/rapport-cout-social-bruit-2021.pdf>




Evolution de la réglementation pour les véhicules

Jusque 2020 :72dB
(Phase 1)

[Sans titre]




≈25% roulement




≈90% roulement

Jusque 2024 :70dB
(Phase 2)




≈50% roulement




≈90% roulement

Depuis 2024 :68dB
(Phase 3)

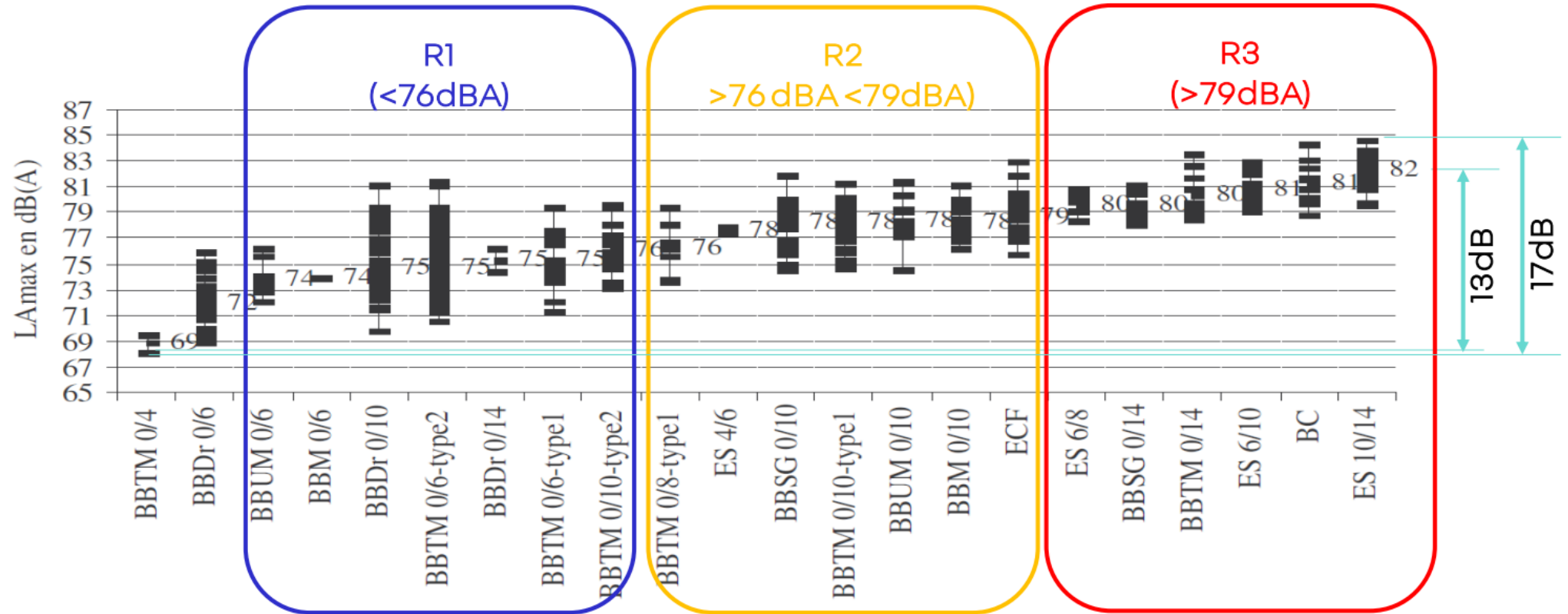


≈70% roulement



≈90% roulement

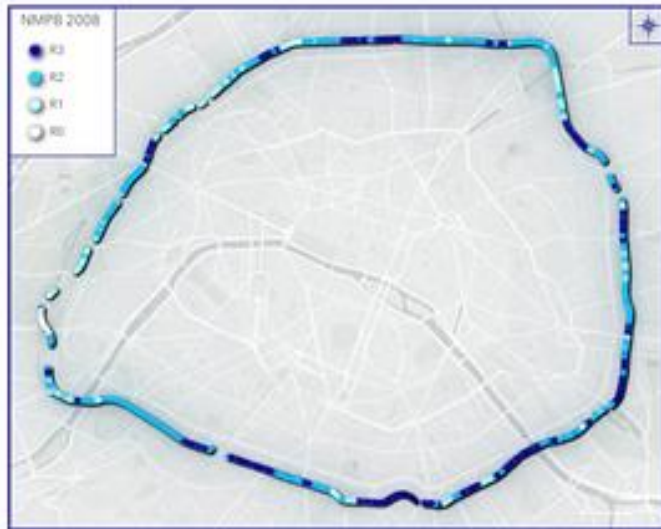
Variabilité des routes



Bruit émis par un même véhicule (et pneus) et à même vitesse

Corrélation bruit des routes, consommation et pollution

Données relevées sur périphérique parisien



Classes bruyance des chaussées

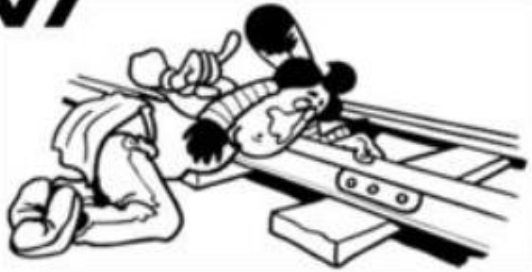


Surconsommation énergétique

➤ Mauvais état de chaussée = augmentation du bruit
= augmentation de CO2

➤ Première estimation pour le périphérique parisien :
une réfection de l'intégralité réduirait de 5dB le niveau sonore et serait compensé en carbone en 3 ans

Apache = Monitoring de l'état des chaussées



APACHE

Auscultation du Profil Acoustique des
Chaussées et de leur Efficacité Energétique
Assessment of Pavement Acoustic
Characteristics & Energy efficiency

Technologie Brevetée par Renault



2024

Le Mans Métropole



APACHE Le Mans : déploiement et évolution du dispositif



ENSIM

2 projets étudiants

- Identification profils de routes
- Mesures de références



Renault Group

- Instrumentation véhicules
- Calibrations
- Fourniture des données



Le Mans Métropole

- Mise à disposition véhicules de la voirie
- Roulage

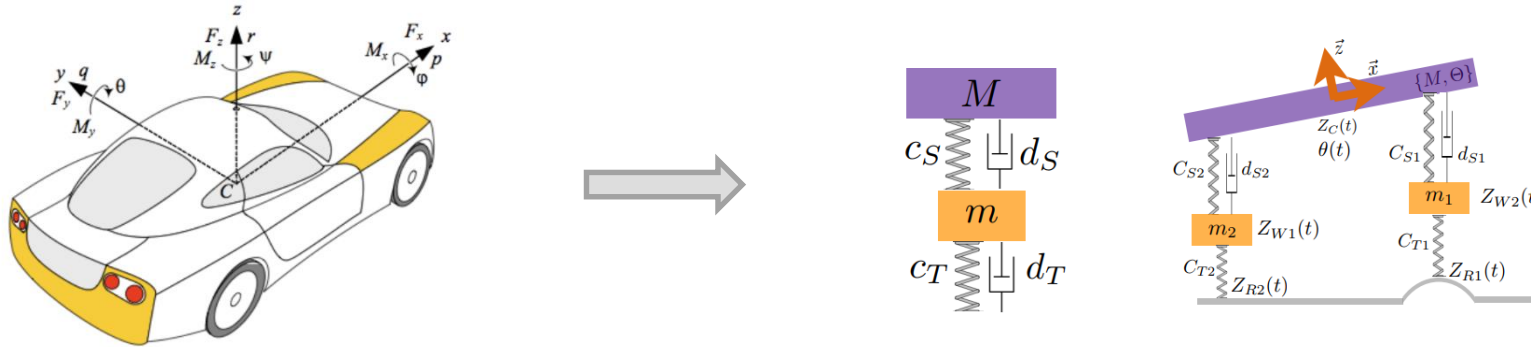


ESGT

- Réalisation de cartes
- Développement d'une nouvelle méthodologie pour la robustesse des données

APACHE Le Mans : un projet collaboratif écoles + industriel + collectivité

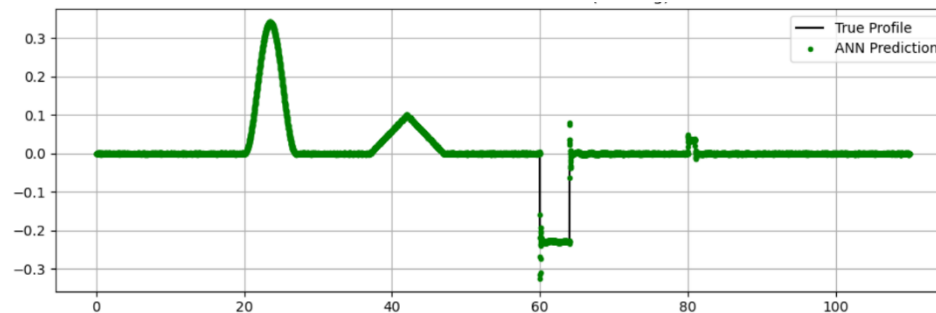
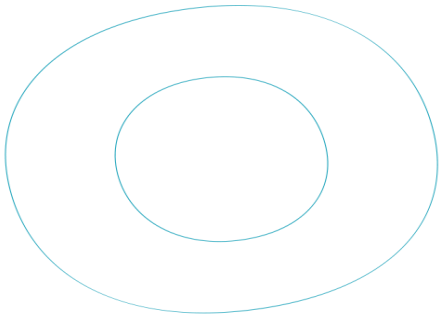
Premiers développements : projet de 5^{ème} année ENSIM



Mouvements voiture

↓ Méthode d'inversion du modèle
et d'Intelligence Artificielle

Profil de route





Apache Le Mans

Projet de collaboration avec RENAULT, l'ENSIM, l'ESGT et LMM

Charles PEZERAT – Directeur ENSIM – charles.pezerat@univ-lemans.fr



Projet Véli'TEST

Pauline DIEUDONNE et Martin FLICHY
Collectif Pop'Up Lab



Collectif

POP'UP LAB

Nouvelles mobilités



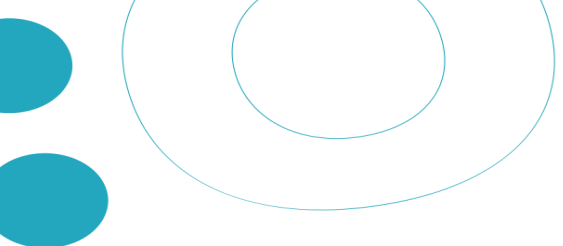
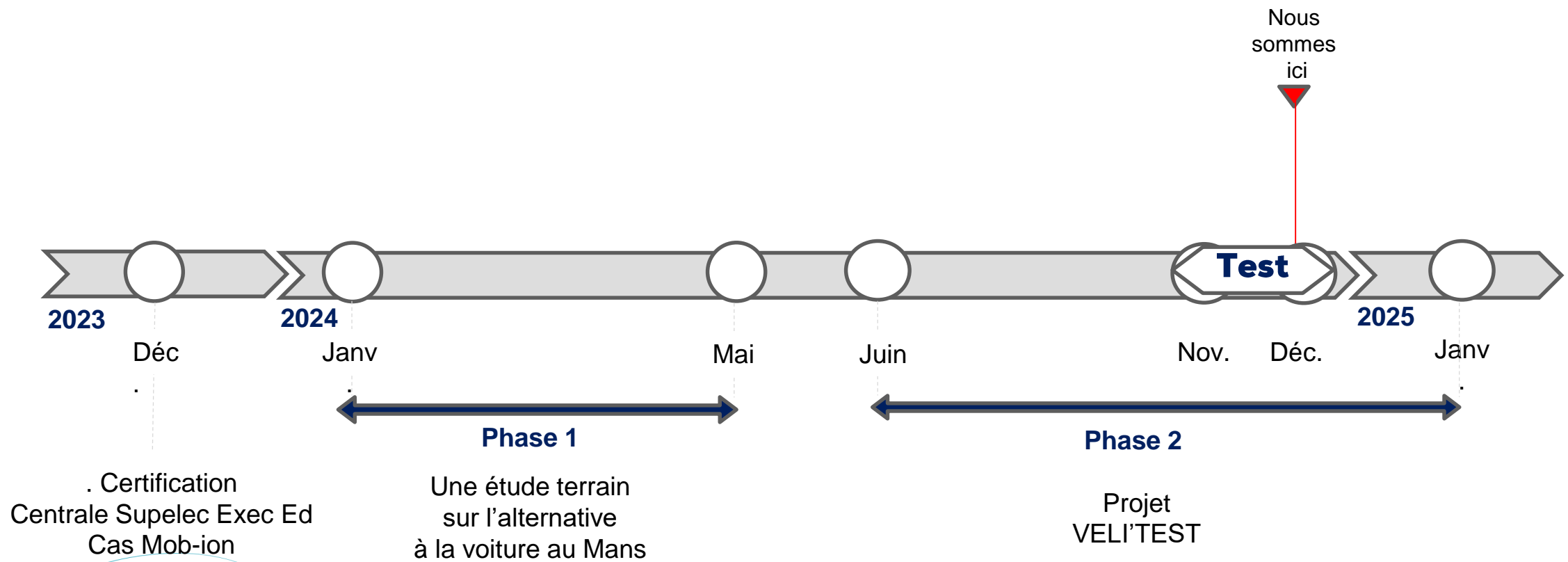
VELI'TEST

Quels moyens de mobilité alternatifs pour les trajets du quotidien des métiers de l'aide à domicile ?

Pauline Dieudonné

Martin Flichy

Pop'Up Lab des Nouvelles mobilités





Triple impact



. Ecologique

- Transport = 30 % GES
Dont voiture individuelle 50%
- Poids élevé



. Economique

- Coût de possession total d'un véhicule est élevé



. Social

- Certains métiers très fortement dépendant de la voiture

Focus :
Aides
à
domicile

Triple contraintes

. Salariés

- Dépendance à la voiture
- Les enjeux du coût de la mobilité

. Employeurs

- Une problématique d'attractivité pour un métier difficile

. Territoire/Collectivité

- Vieillesse de la population en augmentation

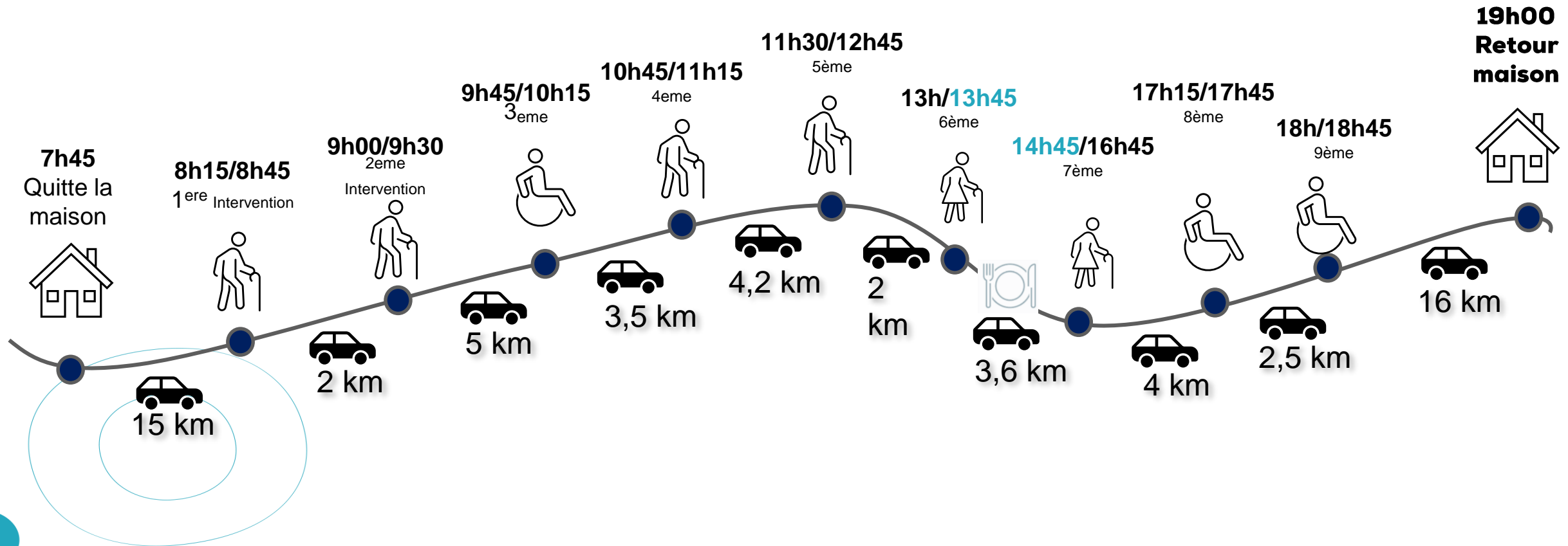
Choix d'un focus sur Les Auxiliaires de vie



Sylvie – 58 ans

Vit dans un village à l'extérieur du Mans

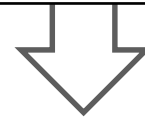
A des patients à visiter à différents endroits de la ville à (>15km de chez elle / tournée d'environ 50km)



Un enjeu systémique à l'échelle d'un territoire

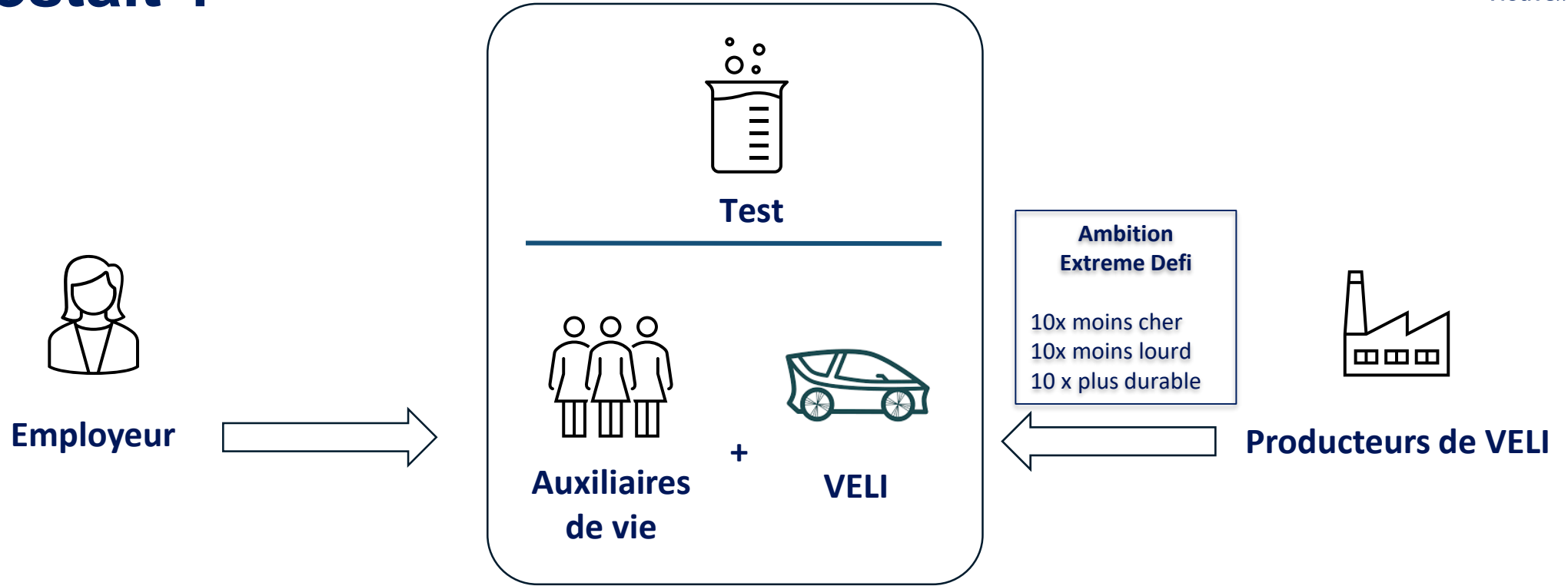
Exemple des auxiliaires de vie

Parties prenantes	Problèmes
Auxiliaire de vie	Comment optimiser les coûts de transports au quotidien ? Comment optimiser les temps et la qualité de transport au quotidien ?
Employeur Aides à Domicile	Comment améliorer l'attractivité du métier ? Comment réduire le taux d'absentéisme ? Comment améliorer le sentiment d'appartenance ? Comment améliorer la qualité de vie au travail ?
Loueur de flottes de véhicules	Comment développer un nouveau marché ? Comment développer un portefeuille d'offre plus durable et plus régénératif ?
Loueurs de flottes de vélo électrique	Comment développer un nouveau marché ? Comment trouver des sources de diversification ?
Constructeurs de VELI	Comment trouver une commande de grande ampleur qui permettra de financer une première phase de développement ?
Collectivités locales ?	Comment proposer à mes administrés des moyens de mobilités qui répondent à leurs besoins ? Quels moyens offrir aux personnes habitants en périphérie des villes pour les inciter à réduire l'usage de la voiture ?



**Un véhicule intermédiaire électrique,
en location,
À destination des auxiliaires de vie,
qui permet de couvrir les mêmes usages quotidien qu'une voiture
pour un coût très inférieur**

Si on testait ?



**Un module de test standard, agile et clé en main,
pour mesurer in situ l'adéquation
entre les besoins utilisateurs et les bénéfices apportés**

Un projet écosystémique

Employeurs

Employés/usagers

Industriels

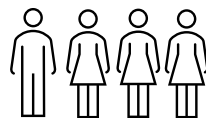
Acteurs locaux

Acteurs nationaux



Association Ai'Dom

+



Auxiliaires de vie

+



Constructeurs de VELI

+



+



VELI'TEST *Auxiliaires de Vie* du 25 nov. au 20 dec.





- 1 Association portant le projet : AiDOM
- 1 Territoire : Le Mans
- 1 Mois de test



- 4 Auxiliaires de vie volontaires
- 4 Véhicules
- 1 Etude terrain



Protocole de suivi du test

-  • Une matinée de formation et de prise en main des véhicules
-  • Suivi personnalisé
-  • Assistance aux véhicules
-  • Collecte de données (livrets de test + questionnaires amont et aval)



1ers retours...

Points + :

- Enthousiasme et certaine fierté des salariés d'avoir été volontaires pour tester de nouvelles façons de se déplacer
- Plutôt un bon accueil des véhicules par les habitants
- Mise en lumière du métier (retombées presses et vidéo en cours par Jérôme Zindy)
- Au delà d'un véhicule c'est aussi un confort de vie qui est proposé
- Travail entre acteurs de l'écosystème apprécié
- Sur les véhicules en eux même, certains plus appréciés

Points - :

- Capacité à circuler sur les pistes cyclables pour le Karbikes
- Capacité à franchir les côtes avec pour les VELIS à pédalage (limités à 250W)



Collectif

POP'UP LAB

Nouvelles mobilités

MERCI

Extrême Défi - ADEME

**Sandrine FLOQUART,
Service Appui aux filières et à l'Innovation
Le Mans Métropole**

Projet Extrême Défi avec l'ADEME

- Programme national lancé en 2022
- Objectifs : développer des VELI (Véhicules Légers Intermédiaires)



Faisons 1000x mieux

QUE LA VOITURE AU QUOTIDIEN
PAR UNE COLLECTION D'OBJETS ROULANTS VÉHICULANT 1 À 2 PERSONNES ET
UNE CHARGE DE 100KG OU BIEN 3 PERSONNES ET LEURS SACS.

<p>10 x moins COUTEURS</p> <p>Une voiture coûte 0,6 à 0,8 €/km pour 10000 km/an (source A.C.F.)</p>	<p>10 x plus DURABLE</p> <p>recyclable à l'infini</p> <p>13 ans : Durée de vie moyenne d'une voiture 11 ans : Age moyen du parc automobile</p>	<p>10 x plus LEGER</p> <p>1240 kg : masse moyenne des voitures neuves vendues en 2019</p>
<p>10 x plus SIMPLE</p> <p>Matériaux & assemblages locaux Pièces simplifiées & standardisées</p>	<p>10 x plus EFFICIENT</p> <p>10 à 50 Wh/km au lieu de +150 Wh/km</p>	<p>1 x VITESSE</p> <p>Aussi rapide à l'usage avec une vitesse maxi entre 25 et 80km/h adaptée au territoire et sa catégorie</p>

Distribution des 24 véhicules (2024)

Zone rurale :
 • Déplacements des agents municipaux



Zone péri-urbaine :
 • Ramassage scolaire autogéré par les parents d'élèves
 • Trajets quotidiens des habitants



Tressin, Loos, Loos-en-Gohelle

Zone urbaine / péri-urbaine :
 • Déplacements des agents municipaux



Les Mureaux

Zone rurale :
 • Trajets quotidiens des habitants
 • Autopartage entre particuliers



Clunisois

Zone rurale :
 • Autopartage entre particuliers



Grand Causses

Lalouvesc

Le Teil

Pic Saint Loup

Zone péri-urbaine/rurale :
 • Déplacements des agents municipaux
 • Trajets quotidiens des habitants



Zone péri-urbaine/rurale :
 • Prêt à des personnes en insertion professionnelle



EXTREME DEFIL
ADEME Mobilité

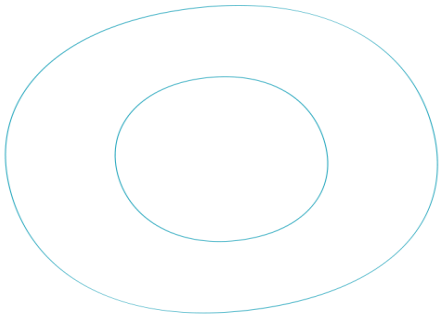


LE MANS
Métropole
COMMUNAUTÉ URBAINE

Le Mans Métropole : Territoire d'expérimentation en 2025



- 2 Séminaires en ligne
- 6 Réunions du GT (derniers jeudis du mois)
- 6 Laboratoires de recherche
- 10 Associations locales
- 15 Constructeurs
- 22 Territoires d'expérimentation mobilisés



EXTREME DEFI
ADEME Mobilité



Expérimentations

 Acteurs

 Objectifs

 Outils

Écoles

Constructeurs

Faire évoluer les **comportements**

Faire évoluer le **design et l'adaptabilité** du véhicule

Laboratoires de recherche

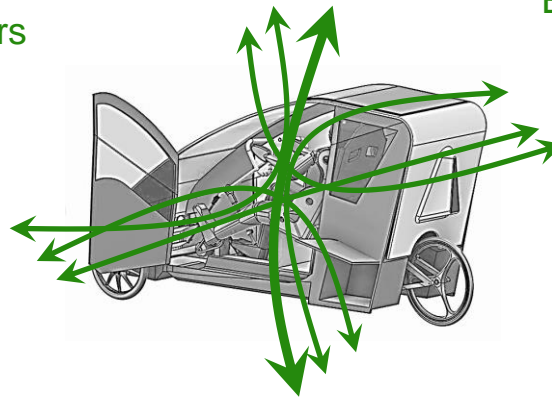
Questionnaires

Assureurs

Capteurs

Entretiens

Bureaux d'études



Législateurs

Identifier les **aménagements favorables**

Garantir des **conditions favorables d'expérimentation**

Start-up

Calculateurs

Aménageurs

Evènements

Entreprises

Supports de communication

Evaluer les **impacts sur le territoire**

Construire des **nouveaux récits et imaginaires**

Associations

Territoires

Agents communaux

Habitants



EXTREME DEFI
ADEME Mobilité



Le Mans Métropole : Territoire d'expérimentation en 2025

- Janvier 2025 : réflexion sur les cas d'usage :
 - Entreprises, associations (trajets professionnels)
 - Usages internes (Collectivités)
 - Habitants (trajets domicile-travail)
- Intéressés ? N'hésitez pas à nous contacter

antoine.champclou@lemans.fr

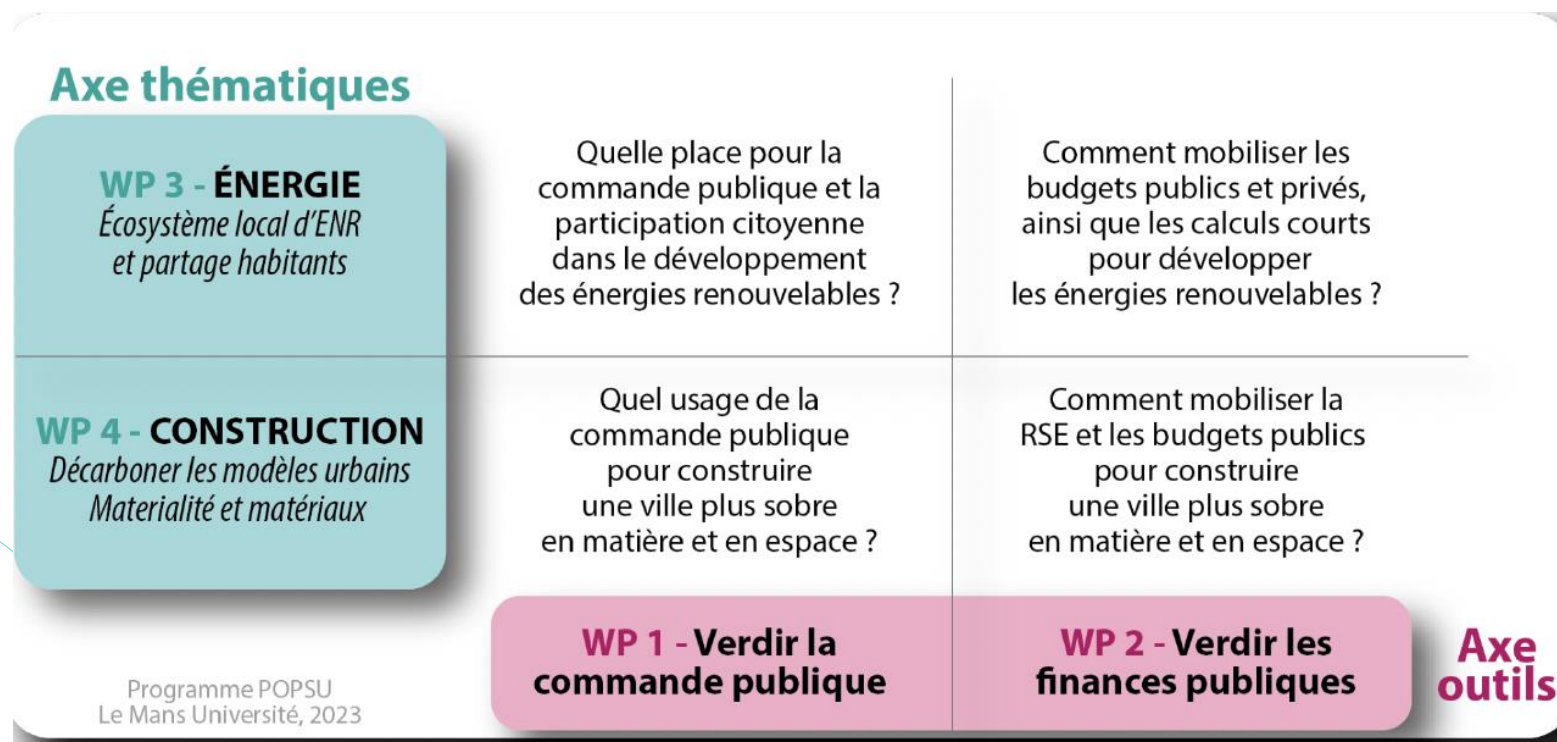
POPSU Transition Le Mans

Fabien BOTTINI, référent scientifique
Professeur en droit public à l'Université
du Mans et membre de l'IUF



PROBLEMATIQUE :

Comment adapter l'action publique métropolitaine aux défis des transitions, de façon à créer un cercle vertueux entre l'économie et l'écologie, qui fasse de cette dernière le moteur de la prospérité du territoire et de la première le pilier de la protection de l'environnement, dans une logique de cercle vertueux et dans une perspective de justice sociale ?



III. Vers une transition énergétique partagée



Objectifs de l'axe

- Développer une recherche originale et de l'innovation axées sur les énergies renouvelables (ENR), en particulier l'hydrogène et les batteries
- Renforcer les interactions et le partage de connaissances entre Le Mans Métropole (LMM) et Le Mans Université (LMU) sur ces problématiques d'ENR
- Partager et diffuser les savoirs avec les habitants de la région mancelle ; échanger et recueillir leur ressenti sur les ENR.

Equipe : Alexandre BROUSTE, Professeur en mathématiques
Lucas DURAND, Enseignant-chercheur aménagement du territoire
Jérôme LHOSTE, Maître de conférence en chimie
Erwan NICOL, Professeur en chimie (coordinateur)

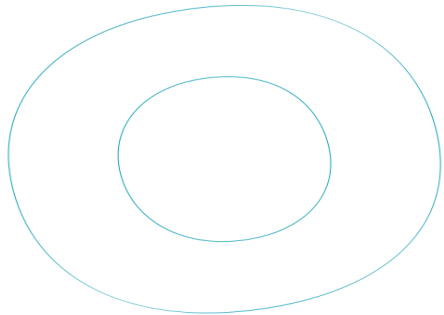
Emergence et diffusion des énergies citoyennes

Objectif : Faire un état des lieux des coopératives citoyennes de production d'énergie renouvelable en Sarthe

Conclusions :

Quelques résultats sur les freins territoriaux au déploiement ENR citoyenne Sarthe :

- Peu de projets citoyens par rapport au reste de la Région
- Excentricité régionale vis-à-vis des réseaux et foyers régionaux
- Relais politique insuffisant



Modèles d'aide à la décision publique sur les problématiques ENR

Objectif : Développer des modèles mathématiques permettant de traiter un grand nombre de données et de faire des prévisions, notamment de production d'ENR ou d'émissions de GES

Méthodologie :

- Modélisation de phénomènes aléatoires et calibration de ces modèles à partir de données réelles.
- Application des modèles chronologiques pour les données d'émissions de gaz à effet de serre de Le Mans Métropole. Notamment prévisions et tests pour savoir si la ville est bien dans la trajectoire nationale, européenne et comparaison avec d'autres métropoles de même type.
- Travail des statisticiens du Laboratoire Manceaux de Mathématiques (LMM) + 1 thèse financé par LMM

Acceptabilité sociale de l'hydrogène

Objectif : Recueillir le ressenti des habitants de LMM sur le développement de la filière "Hydrogène"

Méthodologie :

- Collaboration avec des sociologues du GRETS (Groupe de Recherche Energie Technologie et Société) à mettre en place
- Sondages, enquêtes d'opinion
- Echanges avec le public lors de manifestations scientifiques (fête de la science, nuit européenne des chercheurs, etc...)

IV. Décarboner les projets urbain

Le Mans Université



Objectifs de l'axe : penser la décarbonation

- 1- en suivant une approche métabolique
- 2- en élaborant des potentiels de densification

Equipe :

- 4 enseignants- chercheurs : *G. Billard, M. Durand, A. Gasnier et A. Notais*
- 1 ingénieur d'étude : *S. Charpentier*
- 3 stagiaires de Master 2 : *Hugo Cardenas (rudologie), Harry Ribeiro (urbanisme) et Andy Rakotoarison (gestion)*

Métabolisme territorial de la **construction** au Mans

Objectifs :

- Identifier l'origine et le degré de **circularité des flux de matériaux** de construction entrants et sortants du Mans Métropole
- Analyser les ressorts permettant de **développer une économie plus circulaire** de la construction au Mans

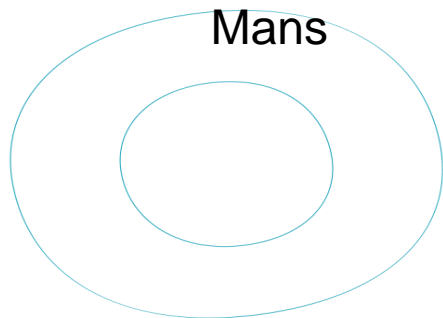
Méthodologie :

- Analyse de flux de matériaux de la construction
- Entretiens avec les acteurs de la construction / démolition

Potentiel de **densification** sur le territoire de Le Mans Métropole

Suite des travaux :

- Enquête sociale / entretiens auprès d'usagers
- Continuer le travail entrepris dans la zone nord au prisme des visions de site d'acteurs
- Appliquer nos indicateurs sur un nouveau site d'étude : front sud de la commune centre du



I. Verdir la commande publique

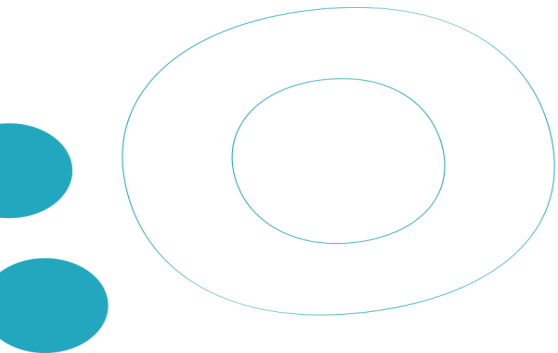
Le Mans Université



Objectifs de l'axe

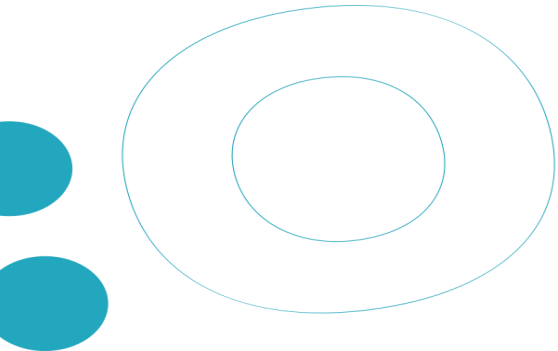
- Etudier les nouvelles finalités de la commande publique (de l'économique -> au durable).
- Analyser l'efficacité des nouveaux outils procéduraux et incitatifs.

Equipe : Christophe GUETTIER, Archange KIFOULOU



Conclusions partielles

- Affirmation du cadre juridique de la commande publique écoresponsable (Lois climat et résilience, économie circulaire, industrie verte...)
- Rôle central du SPASER
- Mais des freins psychologiques et juridiques à lever



Suite des travaux

- En matière de concessions de service public doit-on **revenir à une commande publique *intuiti personae***, tenant compte des aptitudes du concessionnaire à répondre aux objectifs environnementaux de la personne publique pour octroyer le contrat ?
- Comment faire de la RSE un outil gagnant-gagnant qui répond efficacement aux besoins des personnes publiques tout en permettant de **faire des entreprises un levier de réussite de la transition** ?

II. - Verdir les finances publiques

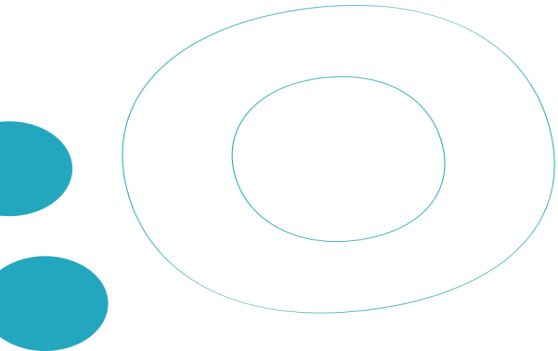
Le Mans Université



Objectifs de l'axe

- Identifier les meilleures pratiques RSE de la finance verte
- Construire des indicateurs de mesure d'un budget soutenable

Equipe : Jérôme Baray, Fatimata Ly-Baro, Mouloud Tensaout



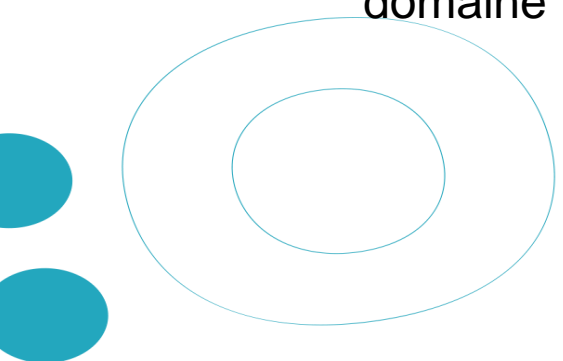
Création d'une plateforme collaborative

Objectifs :

- Contribuer à une meilleure compréhension de la **finance durable** et de son lien avec la RSE

Méthodologie :

- Recensement des principaux thèmes et mots-clés du développement durable pour créer un **référentiel commun**
- Intégration de flux RSS pour l'actualité de la finance durable : **Installation de flux RSS** afin de maintenir les utilisateurs informés des dernières nouvelles et tendances dans le domaine



Modélisation du budget soutenable, automatisation et évaluation d'impact

Objectifs :

- Construire un système d'évaluation basée sur l'IA générative pour déterminer l'alignement de chaque ligne budgétaire avec les objectifs de développement durable.
- Identifier les facteurs de support adaptés au contexte du Mans Métropole pour atteindre les objectifs de sobriété, en s'appuyant sur des données budgétaires analysées et justifiées par l'IA.

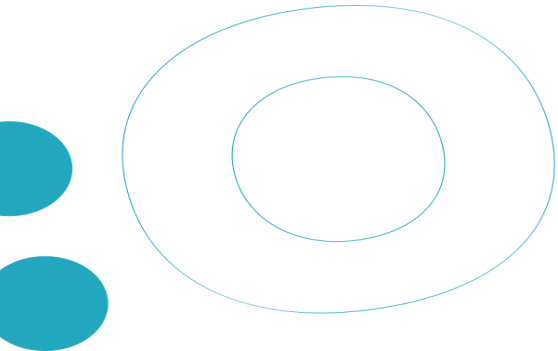
Méthodologie :

- Analyse coûts-bénéfices des actions, enrichie par les insights générés par l'IA sur les dépenses prévisionnelles et effectives.
- Mesurer les impacts dynamiques de court terme et de long terme des actions et des dépenses dans le cadre des finances locales, avec une justification précise fournie par l'outil d'IA pour chaque dépense.

Objectifs 2025 :

1°) Produire les deux livrables POPSU

2°) Continuer d'avancer sur les WP



Présentations : ma thèse à Le Mans Université

Guillaume DUVAL

Otmane EL ALLAKI

Emma WEISS-BLANCHARD

Guillaume DUVAL

Ma Thèse à Le Mans Métropole

Intitulé de la thèse : Matériaux oxyfluorés pour la production d'hydrogène décarboné

18 décembre 2024

Encadrement :

Jérôme LHOSTE
Edouard BOIVIN
Annie RIBAUD

Référent Le Mans Métropole :
Cyril WINTENBERGER

Financement : Le Mans Métropole



Pourquoi l'hydrogène ?



Energies carbonées



Energies décarbonées

Stationnaire



Mobilité



Combustion " propre " avec l'oxygène
 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

Haut pouvoir énergétique gravimétrique
Hydrogène : 120 MJ.kg⁻¹
Pétrole : 45 MJ.kg⁻¹

Pour une distance de 400 km
24 kg d'essence / 4 kg de H₂



2 verrous technologiques principaux

Stockage

Vecteur énergétique	Masse (kg)	Volume (L)	Température (K)	Pression (bar)	Etat physique
Pétrole	24	24	293	1	liquide
Hydrogène (SOFC)	4	50	20	1	liquide
		45000	293	1	gaz
		225	293	200	
		100	293	450	

température ambiante

400 km : 24 kg d'essence / 4 kg de H₂

2 verrous technologiques principaux

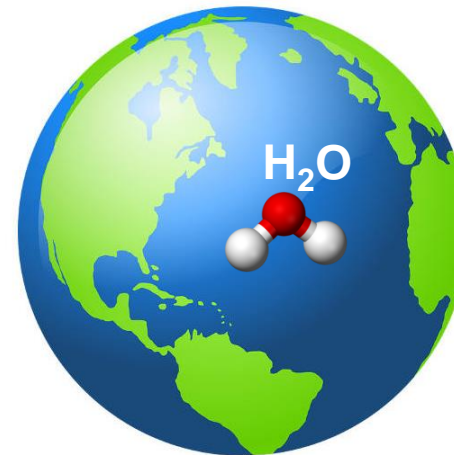
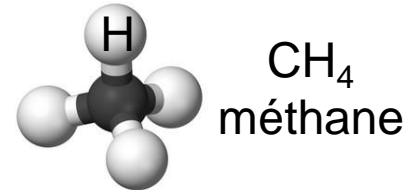
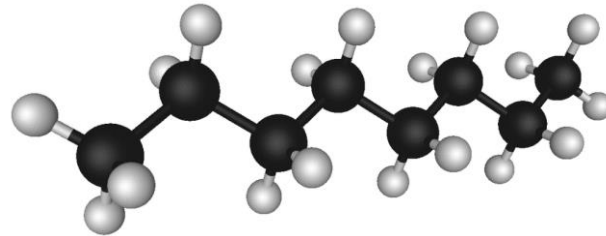
Stockage

Vecteur énergétique	Masse (kg)	Volume (L)	Température (K)	Pression (bar)	Etat physique
Pétrole	24	24	293	1	liquide
Hydrogène (SOFC)	4	50	20	1	liquide
		45000	293		gaz
		225	293	200	
		100	293	450	

température ambiante

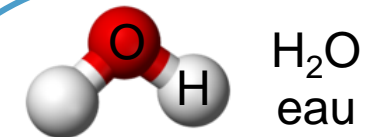
400 km : 24 kg d'essence / 4 kg de H₂

Hydrocarbure (pétrole)



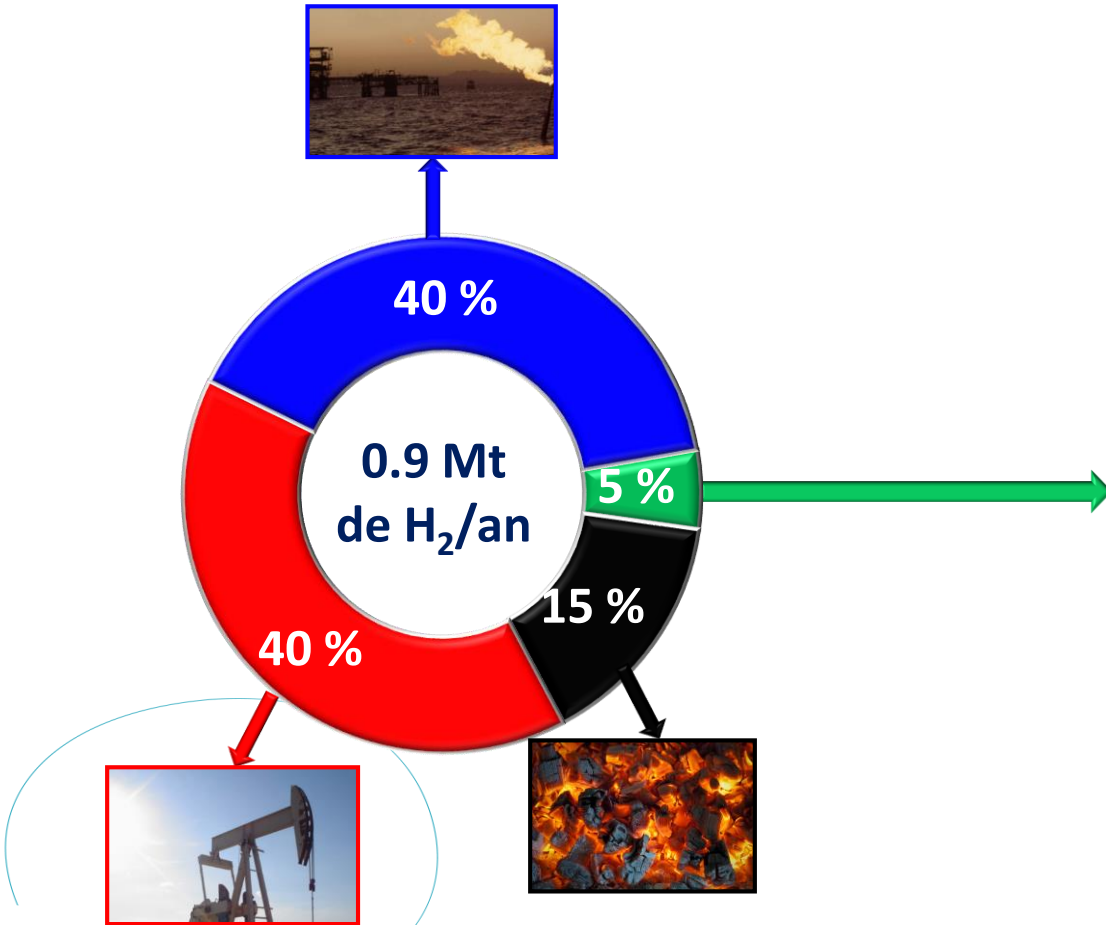
Élément abondant

Hydrogène blanc

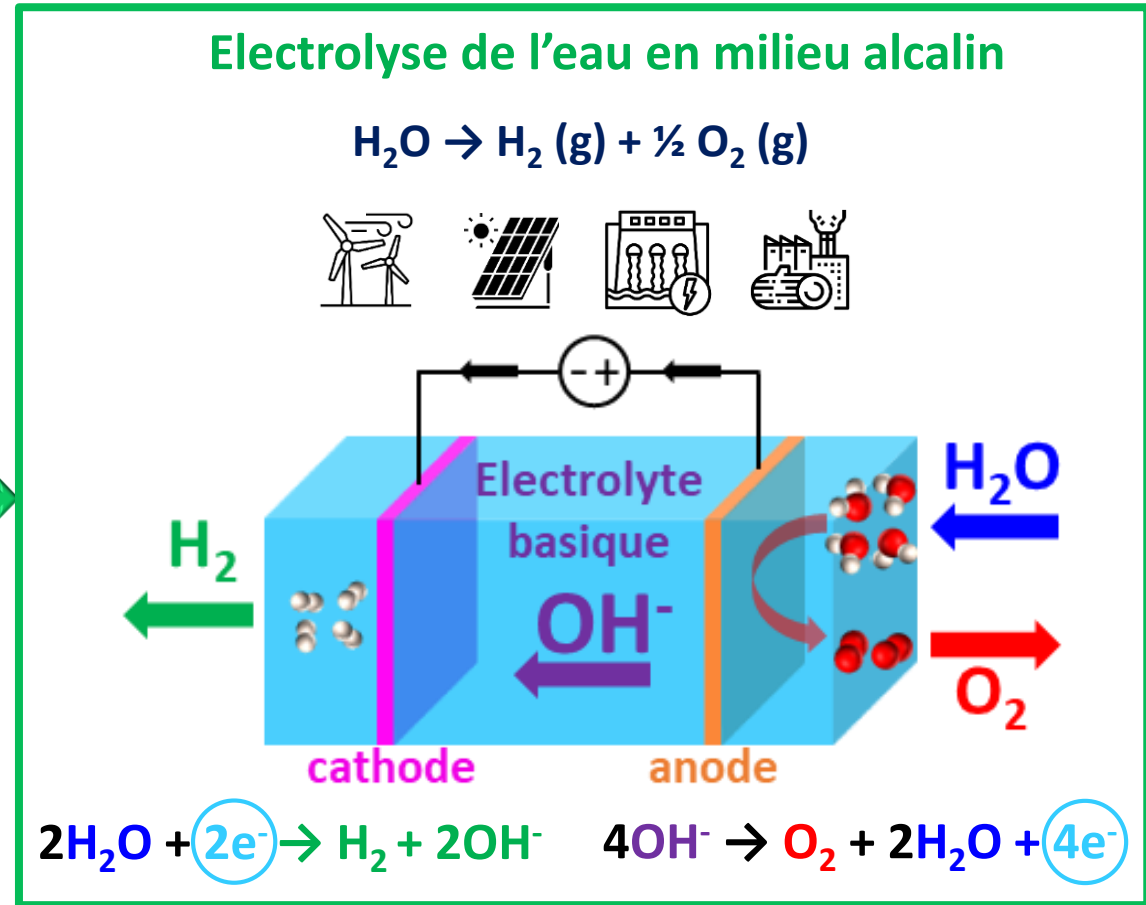


Production

Production carbonée de H₂



Production décarbonée de H₂



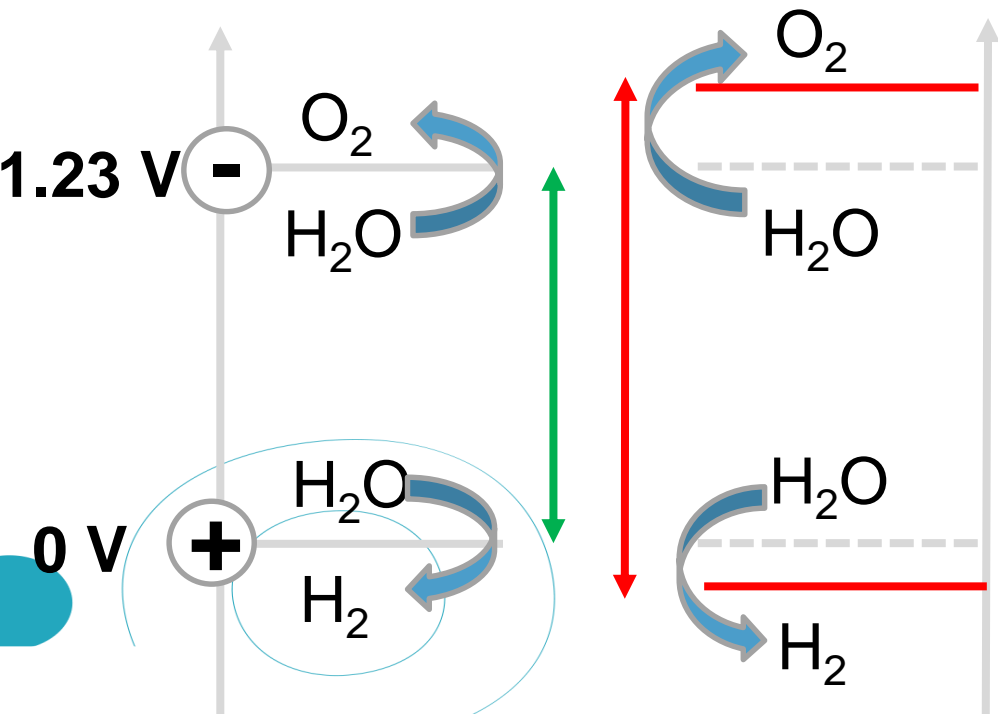
Electrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau n'est pas une réaction spontanée : apport d'énergie pour qu'elle se fasse



Cas idéal : $\Delta E^0 = 1.23 \text{ V}$

Cas réel : $\Delta E > 1.23 \text{ V}$



Problématique

➔ Contrainte cinétique
➔ 60-65 % d'efficacité

Abaissier cette énergie pour dissocier l'eau

Ajouter un **CATALYSEUR**

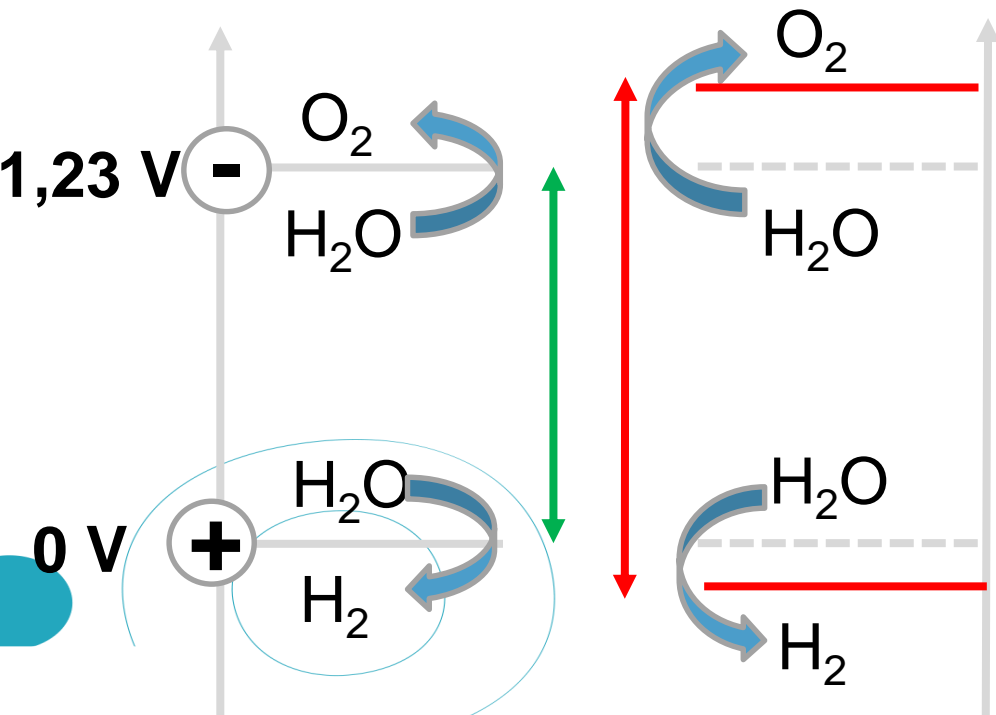
Electrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau n'est pas une réaction spontanée : apport d'énergie pour qu'elle se fasse



Cas idéal : $\Delta E^0 = 1.23 \text{ V}$

Cas réel : $\Delta E > 1.23 \text{ V}$



Problématique

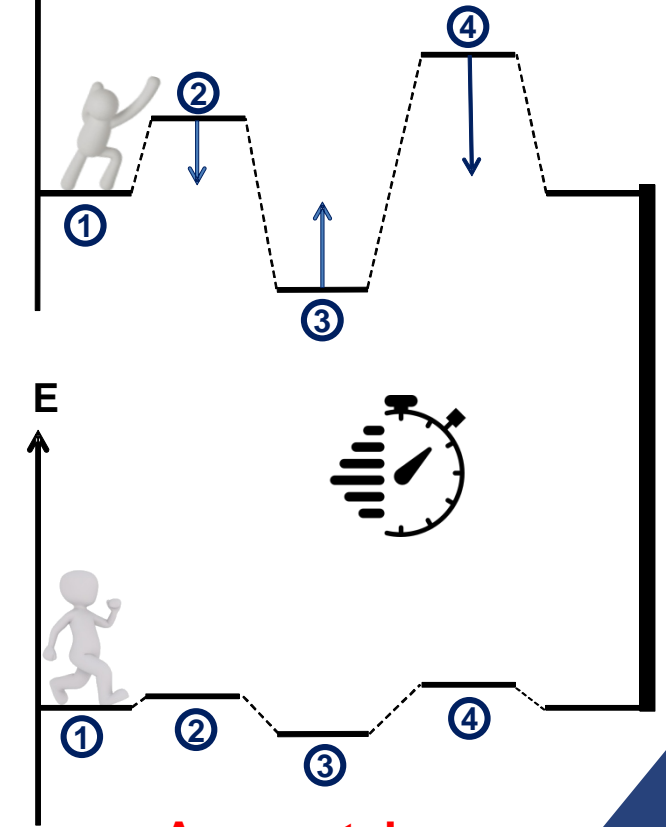
Contrainte cinétique
60-65 % d'efficacité

Abaissier cette énergie
pour dissocier l'eau

Ajouter un
CATALYSEUR

Cinétique de réaction

Sans catalyseur



Avec catalyseur

Les catalyseurs

an illustrated
Periodic Table of Elements

ALKALI METALS
ALKALINE EARTH METALS
LANTHANOIDS
ACTINOIDS

TRANSITION METALS

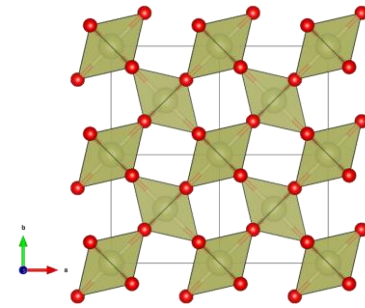
NOBLE GASES
REACTIVE NONMETALS
METALLOIDS
POST-TRANSITION METALS

métaux 3d

métaux nobles

Catalyseurs de référence

IrO_2 et RuO_2 de structure de type rutile



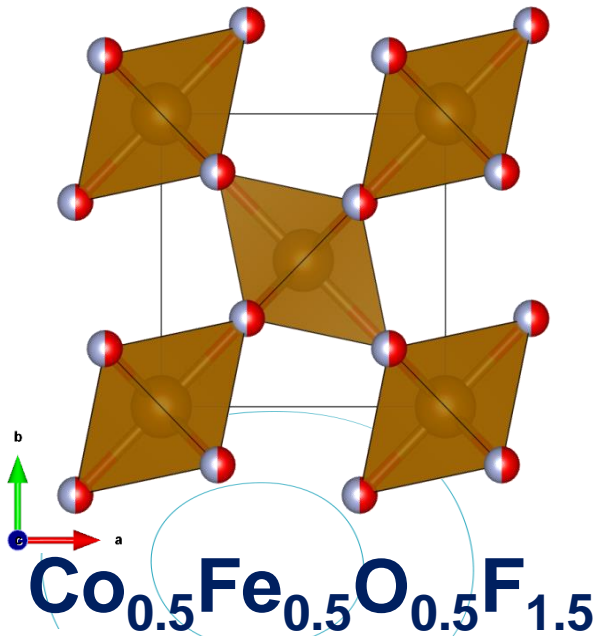
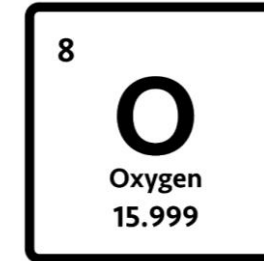
Performances ✓
Stabilité ✓
Coût ✗

Sujet de thèse : Trouver de nouveaux catalyseurs performants à moindre coût à base de métaux 3d

Sujet de thèse

Nouvelle famille de composés combinant des cations 3d avec de l'oxygène et du fluor

Alliance de choix



Améliorer les performances

Améliorer la stabilité

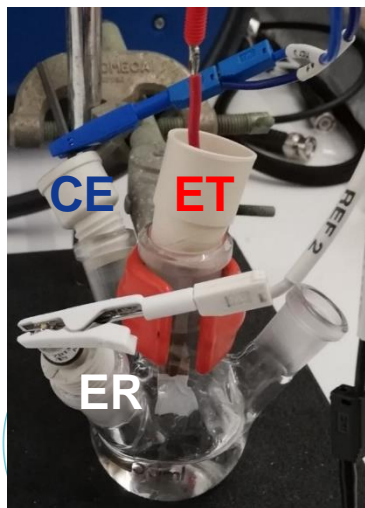
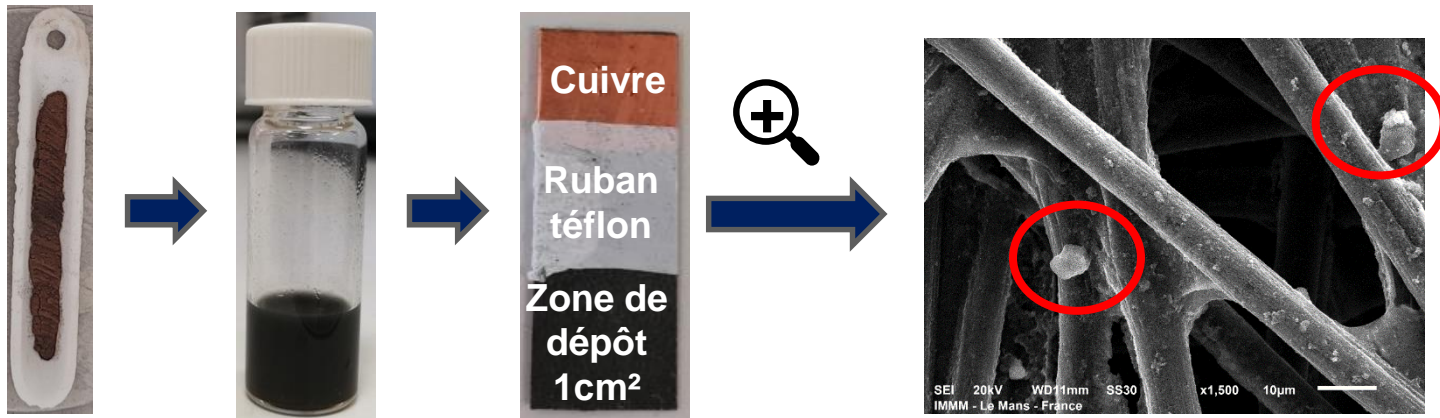
Substituer le Co par du Fe ou du Ni

Substituer le Fe par du V

Dopage par des métaux de haute valence

Diminuer la taille des particules

Evaluation des performances



ER : Electrode de Référence

ET : Electrode de Travail

CE : Contre-Electrode

Montage à 3 électrodes



Goût /
Performances

Conservation /
Stabilité

Matériaux oxyfluorés en tant qu'électrocatalyseurs

Thèse d'A. Terry sur la synthèse et la caractérisation d'électrocatalyseurs pour la production d'hydrogène vert



S. Mathiot (Ingénieur)
Prématuration CNRS
Scale-up des matériaux

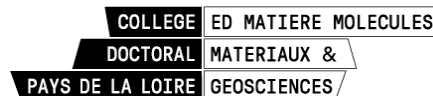
Ma thèse financée
par LMM

Thèse N. Andrieu
Matériaux fluorés pour la
production d'ammoniac



Autres réactions électrocatalytiques visées

Urée pour la production de H₂, transformation du CO ou du CO₂ en carburants verts ou espèces valorisables, oxydation partielle du méthane





Merci de votre attention



Edouard BOIVIN



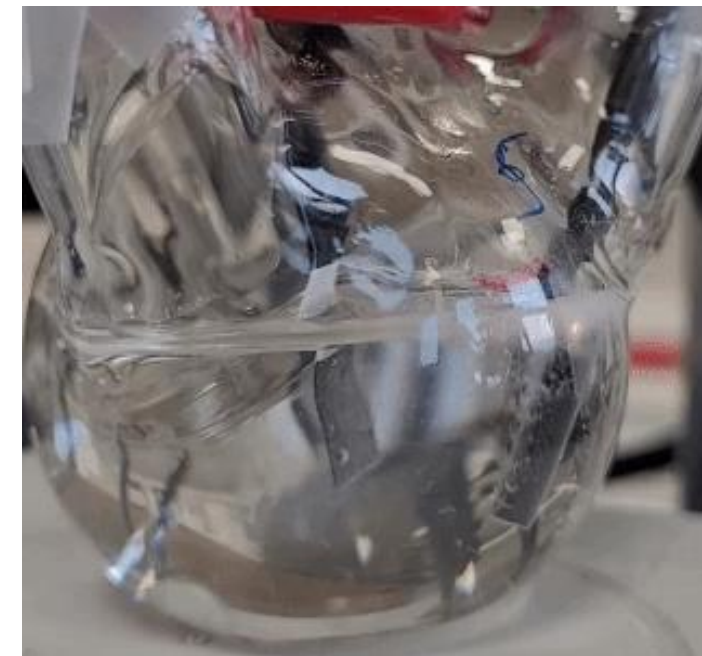
Jérôme LHOSTE



Annie RIBAUD



Noémie ANDRIEU



Vincent MAISONNEUVE



Samuel MATHIOT



Amandine GUIET



Jules VALENTIN



• Sandy Auguste
DRX

• Jean-Marc Grenèche
Mössbauer



COLLEGE ED MATIERE MOLECULES
DOCTORAL MATERIAUX &
PAYS DE LA LOIRE GEOSCIENCES





LMM
Laboratoire Manceau
de Mathématiques
Le Mans Université



Otmane EL ALLAKI

Méthodes Statistiques Sobres et
Efficaces

Sommaire

- | Présentation personnelle
- | Contexte de la thèse
- | Objectifs de la thèse
- | Méthodologie
- | Sobriété numérique
- | Partenariat et financement



Présentation

➤ Présentation personnelle

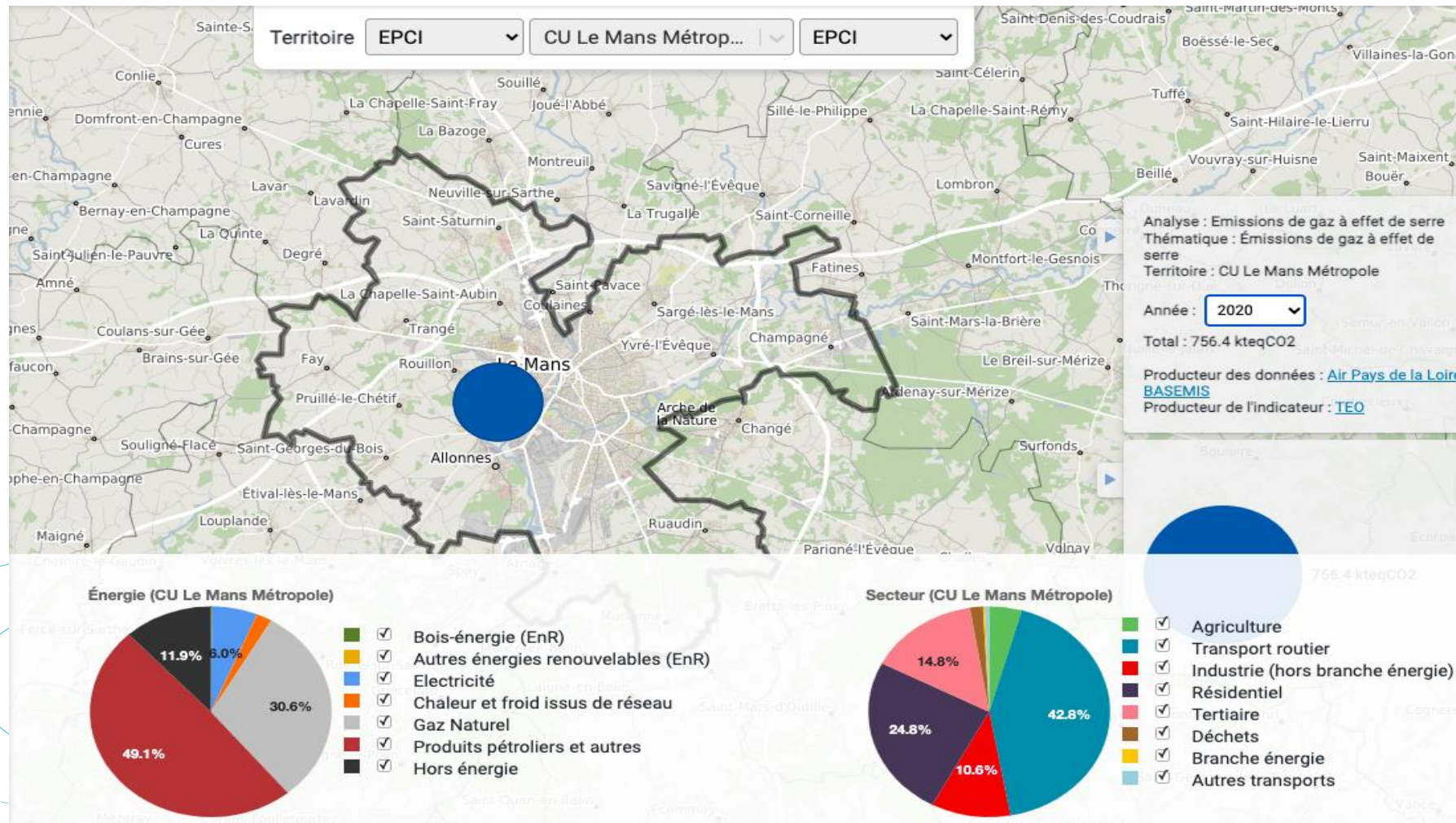
- Début de thèse : Novembre 2024
- Master en Statistique et Sciences des Données et Master en Mathématiques Appliquées

➤ Présentation de la thèse

- **Titre** : Méthodes Statistiques Sobres et asymptotiquement Efficaces
- **Laboratoire** : Laboratoire Manceau de Mathématiques
- **Direction** : Alexandre Brouste, Youssef Esstafa et Nicolas Dugué
- **Objectif** : Concevoir un outil de prévision des émissions de GES sur Le Mans.

Contexte

- Émissions de GES pour l'année 2020 du Mans



Source : <https://teo-paysdelaloire.territory.fr/>

Objectifs

Objectifs théoriques	Objectifs pratiques
<ul style="list-style-type: none">• Exploration des méthodes visant à améliorer l'efficacité et la sobriété numérique, ainsi que la calibration des modèles.	<ul style="list-style-type: none">• Prévission des émissions de gaz à effet de serre (GES).• Développement d'un outil de test pour évaluer la trajectoire des villes par rapport aux objectifs régionaux, nationaux et européens.

À quoi sert cet outil ?

Cet outil permettra de mesurer les émissions actuelles de la ville, de les comparer aux objectifs définis et de vérifier si la ville suit la bonne trajectoire pour atteindre ces cibles. Si ce n'est pas le cas, cela peut aider à identifier où des efforts supplémentaires sont nécessaires.

Méthode de Prédiction des Émissions de GES

1

Collecte des données

Rassembler les données historiques d'émissions de GES de la ville.

2

Modélisation

Utiliser un modèle de données de panel pour analyser les tendances.

3

Calibration

Développer une méthode de calibration rapide et efficace.

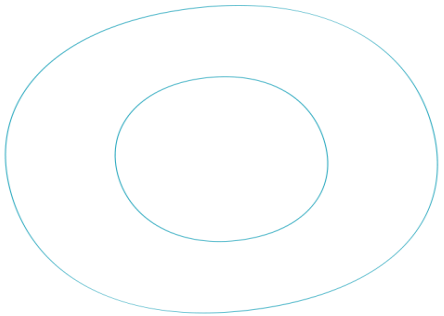
4

Prédiction et tests d'hypothèses

Construire des tests pour comparer avec les trajectoires régionales, nationales et européennes.

Sobriété Numérique

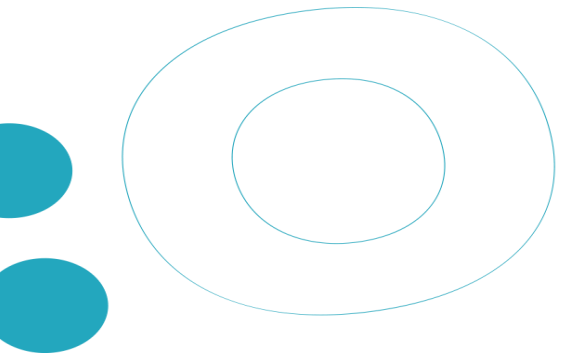
- ✓ Utiliser des algorithmes efficaces mais consommant moins de ressources (One step).
- ✓ Minimiser la consommation d'énergie et des ressources liées aux activités numériques.
- ✓ Continuité avec les travaux du Laboratoire Manceau de Mathématiques sur la sobriété numérique.



Partenaires et Financement



Merci pour votre attention



Favoriser la transition vers des mobilités écologiques : Hétérogénéité des préférences et recours aux solutions durables dans le cadre du trajet domicile-travail

Emma Weiss-Blanchard (GAINS), Deuxième année de doctorat

Journée Mondiale du Climat, Décembre 2024, Le Mans

Direction de recherche :
Sébastien Ménard (GAINS)
Christine Gonzalez (ArguMans)
Vincent Boitier (GAINS)

Financement : **Le Mans Métropole**, Chaire Neutralité Carbone 2040



GAINS
Laboratoire de recherche
en Économie
Le Mans Université

Introduction

 C'est un doctorat en Science Economique.

 C'est une thèse sur 3 ans avec 3 articles :


- 1er article - quasiment terminé :

Le choix de la mobilité douce pour les déplacements domicile-travail : qui et où ? Explorer l'effet de l'urbanisation sur le choix du mode de déplacement domicile-travail.



- 2ème article - début du projet :

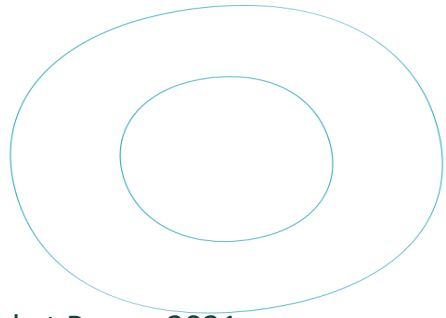
Effets de pairs et choix pro-environnements.

- 3ème article : en cours de création

 Les articles sont à l'échelle de la France, et dans le manuscrit je ferai des focus sur le département de la Sarthe.

Contexte

-  En 2019, la part des émissions du **secteur du transport routier représentait 31% des émissions totales** en France métropolitaine (SDES, Décembre 2023).
-  Les déplacements domicile-travail émettent 17,4 millions de tonnes d'équivalent CO2 soit 13% des émissions GES du secteur des transports (SDES, Décembre 2023) **dont 98 % dues à la voiture.**

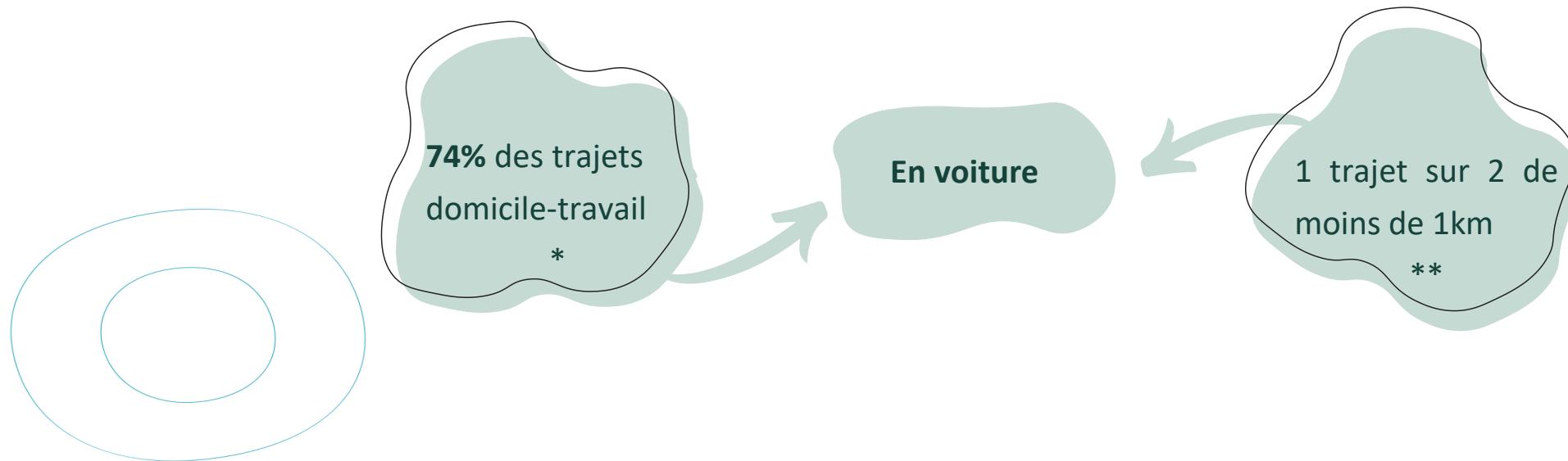


* Brutel et Pages, 2021

** INSEE, 2017

Contexte

- En 2019, la part des émissions du **secteur du transport routier représentait 31% des émissions totales** en France métropolitaine (SDES, Décembre 2023).
- Les déplacements domicile-travail émettent 17,4 millions de tonnes d'équivalent CO2 soit 13% des émissions GES du secteur des transports (SDES, Décembre 2023) **dont 98 % dues à la voiture.**



* Brutel et Pages, 2021

** INSEE, 2017

Contexte



Favoriser la transition vers des mobilités écologiques : Hétérogénéité des préférences et recours aux solutions durables dans le cadre du trajet domicile-travail



La cible de mon travail :

- La compréhension des comportements de transports et des choix de mobilité.
- Le trajet domicile-travail (pas de prise en compte des trajets liés aux loisirs).



Quelles sont les formes de mobilités douces/écologiques/durables ?

- **Les mobilités actives** (marche et vélo)
- **Les transports en commun**
- Le covoiturage



1er projet : les déterminants des choix de mobilités

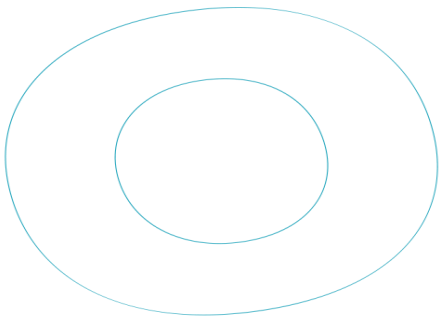


Les objectifs :

- Analyser les raisons des choix de transport pour les trajets domicile-travail afin d'identifier ce qui peut encourager l'adoption de la mobilité douce.
- **Distinguer entre les facteurs individuels et les effets contextuels** dans la probabilité de choisir une mobilité douce pour les trajets domicile-travail.
- Mettre l'accent sur **l'hétérogénéité spatiale en fonction du degré d'urbanisation des zones.**



Regroupement de régimes urbains :



1er projet : les déterminants des choix de mobilités

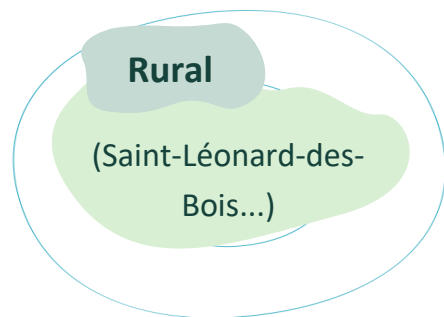


Les objectifs :

- Analyser les raisons des choix de transport pour les trajets domicile-travail afin d'identifier ce qui peut encourager l'adoption de la mobilité douce.
- **Distinguer entre les facteurs individuels et les effets contextuels** dans la probabilité de choisir une mobilité douce pour les trajets domicile-travail.
- Mettre l'accent sur **l'hétérogénéité spatiale en fonction du degré d'urbanisation des zones.**



Regroupement de régimes urbains :

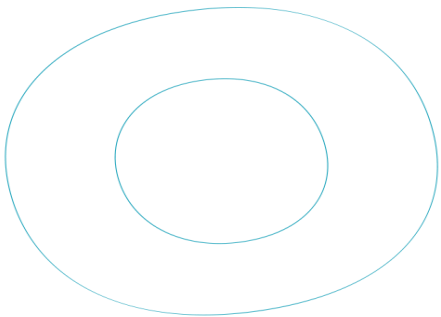


1er projet : Méthodologie et quelques résultats



Les données utilisées :

- **Les données individuelles** : Données du recensement de la population française 2019, base de données Mobilités Professionnelles.
- **Les données contextuelles** : Différentes sources (enquête TCU sur les années 2011 à 2017 du CEREMA, GART et l'UTP de 2017, Ile-de-France Mobilités, Base Géovélo 2021...).



1er projet : Méthodologie et quelques résultats



Les données utilisées :

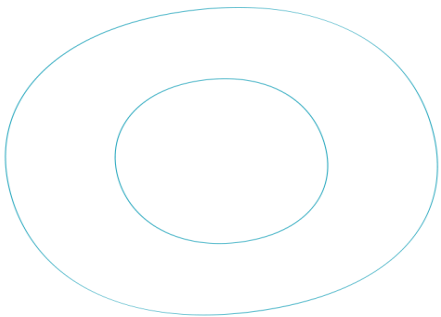
- **Les données individuelles** : Données du recensement de la population française 2019, base de données Mobilités Professionnelles.
- **Les données contextuelles** : Différentes sources (enquête TCU sur les années 2011 à 2017 du CEREMA, GART et l'UTP de 2017, Ile-de-France Mobilités, Base Géovélo 2021...).



Méthode économétrique : outils statistiques et mathématiques pour analyser des données économiques (ou autres).

$$y^{k*} = X\beta_R^k D_R + X\beta_C^k D_C + X\beta_{U_2}^k D_{U_2} + X\beta_{U_1}^k D_{U_1} + X\beta_P^k D_P + u$$

$$\text{where } y = \begin{cases} k & \text{if } y^{k*} > y^{m*}, \forall k \neq m \\ m & \text{otherwise} \end{cases}$$



1er projet : Méthodologie et quelques résultats



Les données utilisées :

- **Les données individuelles** : Données du recensement de la population française 2019, base de données Mobilités Professionnelles.
- **Les données contextuelles** : Différentes sources (enquête TCU sur les années 2011 à 2017 du CEREMA, GART et l'UTP de 2017, Ile-de-France Mobilités, Base Géovélo 2021...).



Méthode économétrique : outils statistiques et mathématiques pour analyser des données économiques (ou autres).

$$y^{k*} = X\beta_R^k D_R + X\beta_C^k D_C + X\beta_{U_2}^k D_{U_2} + X\beta_{U_1}^k D_{U_1} + X\beta_P^k D_P + u$$

$$\text{where } y = \begin{cases} k & \text{if } y^{k*} > y^{m*}, \forall k \neq m \\ m & \text{otherwise} \end{cases}$$



Les résultats:

- Les femmes, les travailleur·euses plus âgées sont plus enclins à utiliser des modes de transport durables, et une augmentation de l'utilisation à mesure que le niveau d'éducation augmente et avec la Catégorie SocioProfessionnelle de type cadre.
- **De meilleures infrastructures de transport augmentent l'utilisation de mobilité douce, mais uniquement dans les grandes villes.**

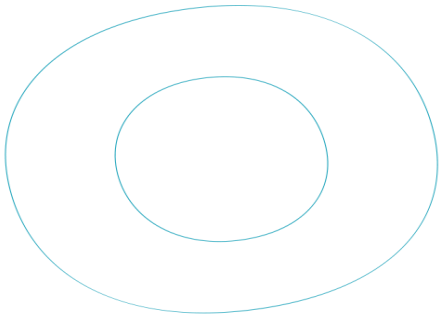
2ème projet : exploration des effets de pairs



Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

Effets de pairs

Les pairs sont les personnes avec lesquelles un individu interagit dans son environnement commun, en l'occurrence, son lieu de travail. Les choix de mobilité peuvent être influencés à la fois par les comportements propres des collègues et leurs caractéristiques individuelles propres.



2ème projet : exploration des effets de pairs



Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

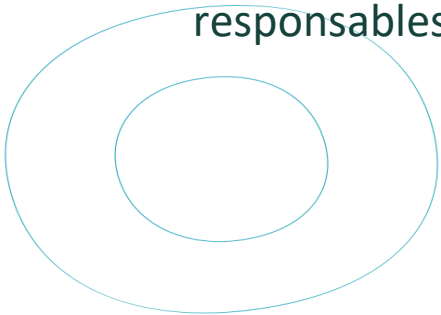
Effets de pairs

Les pairs sont les personnes avec lesquelles un individu interagit dans son environnement commun, en l'occurrence, son lieu de travail. Les choix de mobilité peuvent être influencés à la fois par les comportements propres des collègues et leurs caractéristiques individuelles propres.



Les objectifs :

- Analyser les choix de transports en intégrant les effets de pairs.
- Est-il possible d'utiliser les effets de pairs pour favoriser les comportements pro-environnementaux ?
- Possibilité de tester des politiques de type zone à émission faible, subvention aux firmes éco-responsables...



2ème projet : exploration des effets de pairs

- ☁ Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

Effets de pairs

Les pairs sont les personnes avec lesquelles un individu interagit dans son environnement commun, en l'occurrence, son lieu de travail. Les choix de mobilité peuvent être influencés à la fois par les comportements propres des collègues et leurs caractéristiques individuelles propres.

- ☁ Les objectifs :
 - Analyser les choix de transports en intégrant les effets de pairs.
 - Est-il possible d'utiliser les effets de pairs pour favoriser les comportements pro-environnementaux ?
 - Possibilité de tester des politiques de type zone à émission faible, subvention aux firmes éco-responsables...

Méthode :

- Création d'un modèle théorique

2ème projet : exploration des effets de pairs

☁ Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

Les pairs sont les personnes avec lesquelles on interagit dans son environnement commun. Les comportements propres des collègues et des amis peuvent être influencés par les comportements propres des collègues et des amis.

$rV_u(\epsilon) = b + \pi_c [\max\{V_{l,c}(\epsilon), V_{h,c}(\epsilon)\}] + \pi_p [V_{h,p}(\epsilon) - U(\epsilon)]$

$rV_{h,p}(\epsilon) = \Gamma_{h,p}(\epsilon) + \delta [U(\epsilon) - V_{h,p}(\epsilon)] + \pi_c [\max\{\max\{V_{l,c}(\epsilon), V_{h,c}(\epsilon)\}, V_{h,p}(\epsilon)\} - V_{h,p}(\epsilon)]$

☁ Les objectifs :

- Analyser les choix de transports en intégrant les effets de pairs.
- Est-il possible d'utiliser les effets de pairs pour favoriser les comportements pro-environnementaux ?
- Possibilité de tester des politiques de type zone à émission faible, subvention aux firmes éco-responsables...

☁ Méthode :

- Création d'un modèle théorique

2ème projet : exploration des effets de pairs

☁ Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

Les pairs sont les personnes avec qui on interagit dans son environnement commun. On peut être influencé par les comportements propres des collègues et les comportements propres.

$$rV_{h,p}(\epsilon) = \Gamma_{h,p}(\epsilon) + \delta[U(\epsilon) - V_{h,p}(\epsilon)] + \pi_p[V_{h,p}(\epsilon) - U(\epsilon)]$$

$$rV_u(\epsilon) = b + \pi_c[\max\{V_{l,c}(\epsilon), V_{h,c}(\epsilon)\}, V_{h,p}(\epsilon)] + \pi_c[\max\{\max\{V_{l,c}(\epsilon), V_{h,c}(\epsilon)\}, V_{h,p}(\epsilon)\} - V_{h,p}(\epsilon)]$$

☁ Les objectifs :

- Analyse
- Est-il possible
- Possibilité de tester des politiques

$$\begin{cases} (g(\epsilon) - x_{l,c}(\epsilon) - x_{h,c}(\epsilon) - x_{h,p}(\epsilon))\pi_c \tilde{I}(\epsilon) + x_{h,p}(\epsilon)\pi_c I(\epsilon) \cdot \hat{I}(\epsilon) = x_{l,c}(\epsilon)(\delta + \pi_p(1 - I(\epsilon))) \\ (g(\epsilon) - x_{l,c}(\epsilon) - x_{h,c}(\epsilon) - x_{h,p}(\epsilon))\pi_c (1 - \tilde{I}(\epsilon)) + x_{h,p}(\epsilon)\pi_c I(\epsilon) \cdot (1 - \hat{I}(\epsilon)) = x_{h,c}(\epsilon)(\delta + \pi_p(1 - I(\epsilon))) \\ (g(\epsilon) - x_{l,c}(\epsilon) - x_{h,c}(\epsilon) - x_{h,p}(\epsilon))\pi_p(1 - I(\epsilon)) = x_{h,p}(\delta + \pi_c I(\epsilon)) \end{cases}$$

$$\hat{\Upsilon}_p = -\Phi + \frac{\pi_p}{v_p} \left(\int_0^1 [g(\epsilon') - x_{l,c}(\epsilon') - x_{h,c}(\epsilon') - x_{h,p}(\epsilon') + (x_{l,c}(\epsilon') + x_{h,c}(\epsilon'))(1 - I(\epsilon'))][\Upsilon_p(\epsilon') - \hat{\Upsilon}_p] d\epsilon' \right)$$

Dans le cas, $0 < \tilde{\epsilon}_c < \tilde{\epsilon}_p < 1$, on obtient:

Pour $\epsilon < \tilde{\epsilon}_c$: $x_{l,c}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\pi_c}{\pi_c + \delta}$, $x_{h,c}(\epsilon) = 0$, $x_{h,p}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\delta \pi_p}{[\delta + \pi_c + \pi_p][\pi_c + \delta]}$

Pour $\tilde{\epsilon}_c < \epsilon < \tilde{\epsilon}_p$: $x_{l,c}(\epsilon) = 0$, $x_{h,c}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\pi_c}{\pi_c + \delta}$, $x_{h,p}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\delta \pi_p}{[\delta + \pi_c + \pi_p][\pi_c + \delta]}$

Pour $\epsilon > \tilde{\epsilon}_p$: $x_{l,c}(\epsilon) = 0$, $x_{h,c}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\delta \pi_c}{[\delta + \pi_c + \pi_p][\pi_p + \delta]}$, $x_{h,p}(\epsilon) = g(\epsilon) \frac{\pi_p}{\pi_p + \delta}$

$$\Upsilon_c(\epsilon) = \frac{y - w}{r + \delta + \pi_p(1 - I(\epsilon))}$$

2ème projet : exploration des effets de pairs

- ☁ Explorer de nouveaux leviers d'action : les normes sociales

Effets de pairs

Les pairs sont les personnes avec lesquelles un individu interagit dans son environnement commun, en l'occurrence, son lieu de travail. Les choix de mobilité peuvent être influencés à la fois par les comportements propres des collègues et leurs caractéristiques individuelles propres.

- ☁ Les objectifs :
 - Analyser les choix de transports en intégrant les effets de pairs.
 - Est-il possible d'utiliser les effets de pairs pour favoriser les comportements pro-environnementaux ?
 - Possibilité de tester des politiques de type zone à émission faible, subvention aux firmes éco-responsables...

Méthode :

- Création d'un modèle théorique
- Calibration avec une experimentation (au Mans)



Merci de votre attention

Merci pour votre attention !

Pause gourmande dans le hall avec une exposition sur le changement climatique

Exposition des VELI sur le parking

**Conférence à 17h30 de Marc FONTECAVE
« La transition énergétique : questions et perspectives »**