



# UNIVERSITÉ 2023

De la recherche aux solutions



# Maxime Trocmé

Directeur du déploiement R&D, VINCI



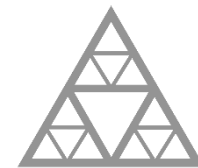
# R&D en réseau : lab recherche environnement





# Réduire l'impact environnemental des bâtiments et des infrastructures

Un **centre de recherche en réseau** réunissant  
l'expertise de trois écoles d'ingénieurs et des  
filiales de VINCI :



École des Ponts  
ParisTech



MINES PARIS



PSL



AgroParisTech



université  
PARIS-SACLAY



# Un partenariat solide dans la durée

Des projets et livrables tangibles depuis 2008

**75+**

PROJETS DE RECHERCHE  
APPLIQUEE

**12**

MILLIONS D'EUROS DE  
FINANCEMENT

**100+**

SALARIÉS DE VINCI  
DIRECTEMENT IMPLIQUÉS

**250+**

PUBLICATIONS

**3 000+**

PARTICIPANTS AUX ÉVÉNEMENTS

**3 000+**

UTILISATEURS DE PLEIADES

**Partenariats avec :**

- ADEME
- IEA
- Ecoinvent
- CIRAIG

Des travaux de recherche multi-disciplinaires sur :



Efficacité énergétique  
des bâtiments



Biodiversité urbaine  
et périurbaine



Mobilité durable



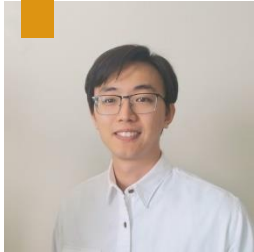
Analyse de cycle de vie  
des bâtiments  
et des infrastructures (ACV)

**25+** Doctorats

**75+** Postdocs &  
ingénieurs de  
recherche

# Exemples de projets sur la période 2018-2023

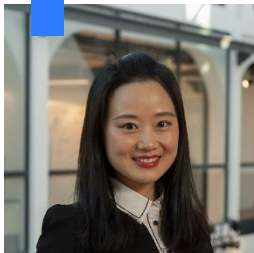
## Smart mobility



Danyang Sun

# FLOATING CAR DATA

## Mobilité urbaine



Liu Liu

# IMPACTS LOCAUX



Cyrille François

# ACV DES MOBILITÉS

## Végétalisation



Erica Dorr

# ACV DES FERMES URBAINES



Sonia Le Mentec

# ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

## Economie circulaire



Ambroise Lachat

# ACV DU RÉEMPLOI

## Efficacité énergétique et environnementale des bâtiments



Aurore Wurtz

# ACV QUARTIER



Lucas Striegel

# ROUTES À ENERGIE POSITIVE



Rachna Bhoonah

# SANTÉ

# Le programme recherche & solutions

Il constitue un développement très important du programme de recherche pour la période 2019-2023.

Ce programme permet de traiter des projets de recherches proposés par les métiers de VINCI.



**Ingénierie écologique**  
Equo Vivo & AgroParisTech



**Fret décarboné**  
VINCI Autoroutes & École des Ponts  
ParisTech / Université Gustave Eiffel



**IA pour le pilotage  
énergétique des bâtiments**  
VINCI Facilities & Mines Paris

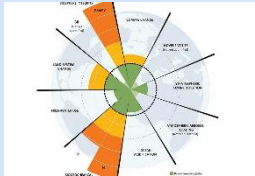


**Optimisation de la desserte  
aéroportuaire**  
VINCI Airports & École des Ponts  
ParisTech / Université Gustave Eiffel

# Feuille de route 2023 / 2028

## Recherche

### LIMITES PLANÉTAIRES



Compliance des bâtiments et infrastructures

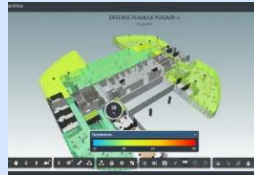


Quartiers zéro CO<sub>2</sub>

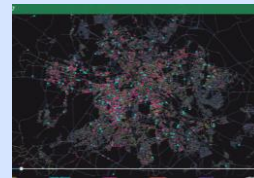


Mobilités décarbonées

### TECHNOLOGIE DIGITALE



AI pour l'efficacité énergétique



AI pour la mobilité



Blockchain

### SERVICES



Santé : qualité de l'air et canicules



Eau en ville



Biodiversité en ville

### MULTI-DISCIPLINARITÉ



ACV biosourcés



Micro-climats



Sobriété, architecture

## Recherche & solutions

equo vivo



Zéro artificialisation nette

Réemploi

Rénovation énergétique

Infrastructures électriques





# UNIVERSITÉ 2023

De la recherche aux solutions



# Céline Guivarch

Directrice de recherche au CIRED

- Centre international de recherche sur  
l'environnement et le développement

Quelles recherches mener ? quand on sait que :

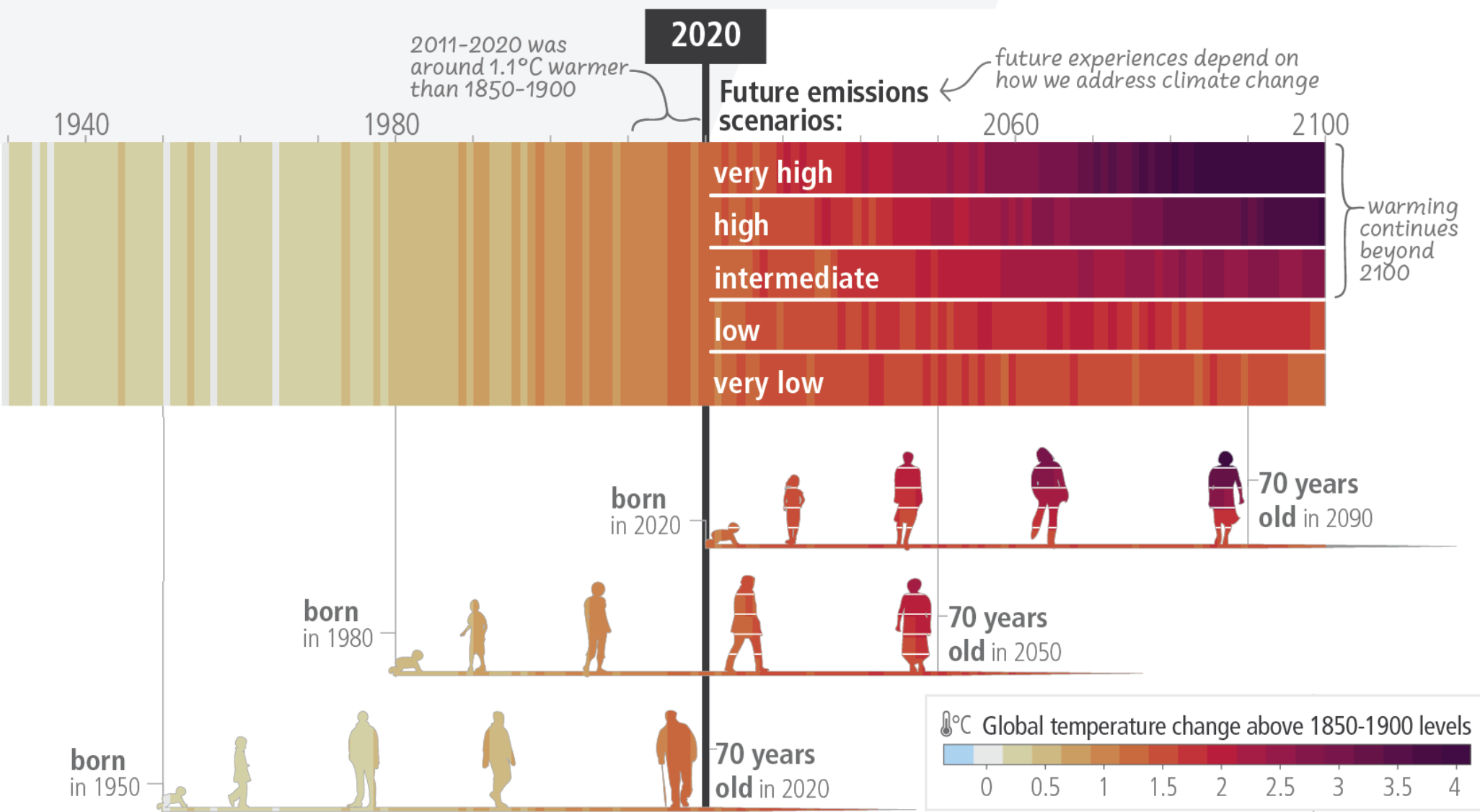
*“Sans mesures d’atténuation et d’adaptation urgentes, efficaces et équitables, le changement climatique menacera de plus en plus les écosystèmes, la biodiversité, ainsi que les moyens de subsistance, la santé et le bien-être des générations actuelles et futures. (niveau de confiance élevé)”*

(GIEC, 2023, Rapport de Synthèse)

Céline Guivarch, CIRED, Ecole des Ponts

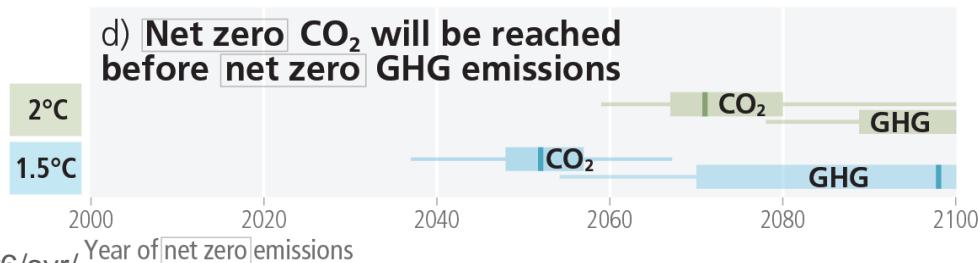
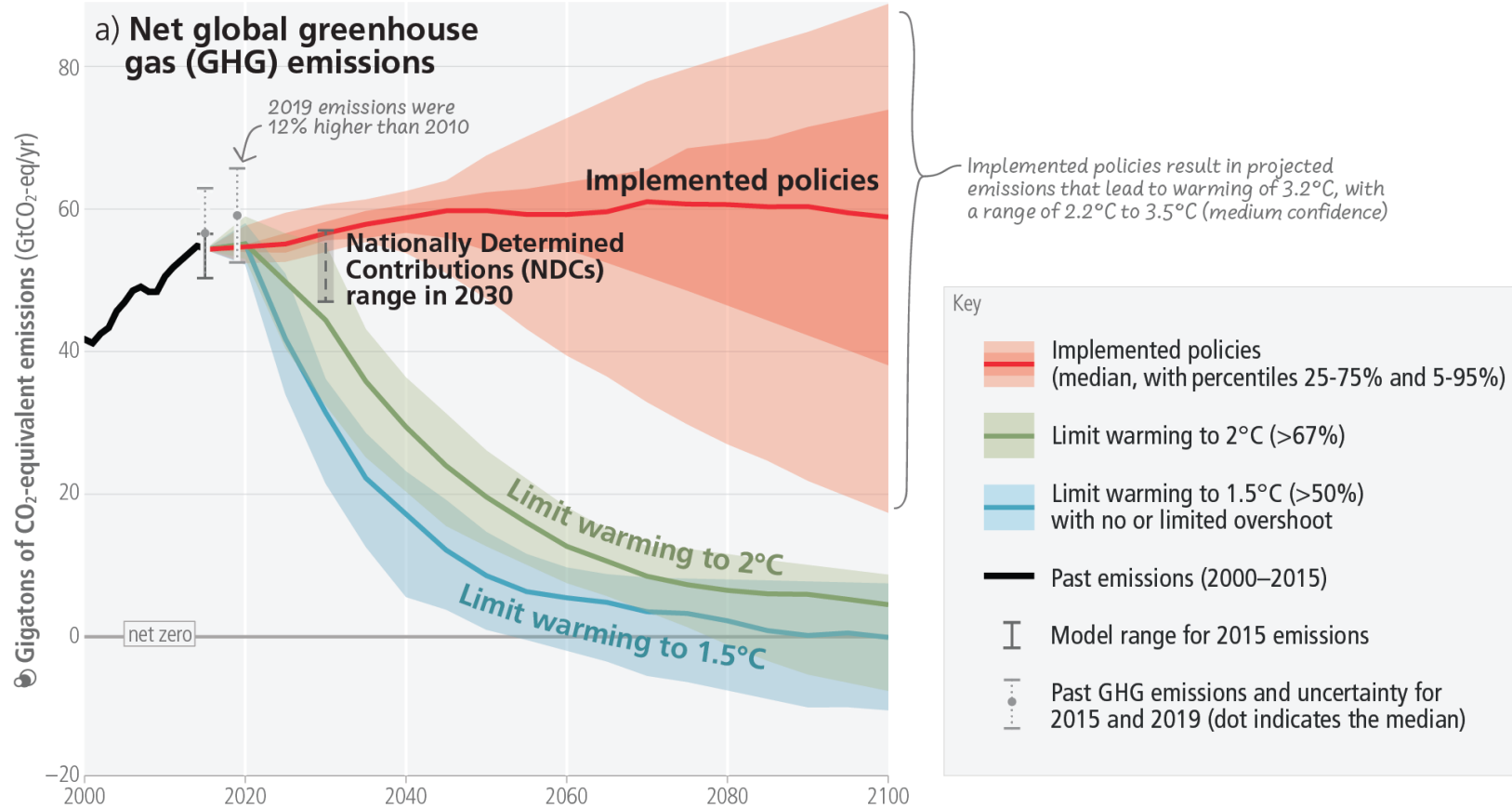
30 novembre 2023, Université du Lab recherche environnement VINCI | ParisTech

# La mesure dans laquelle les générations actuelles et futures vivront dans un monde plus chaud et différent dépend des choix faits dès maintenant et à court terme.



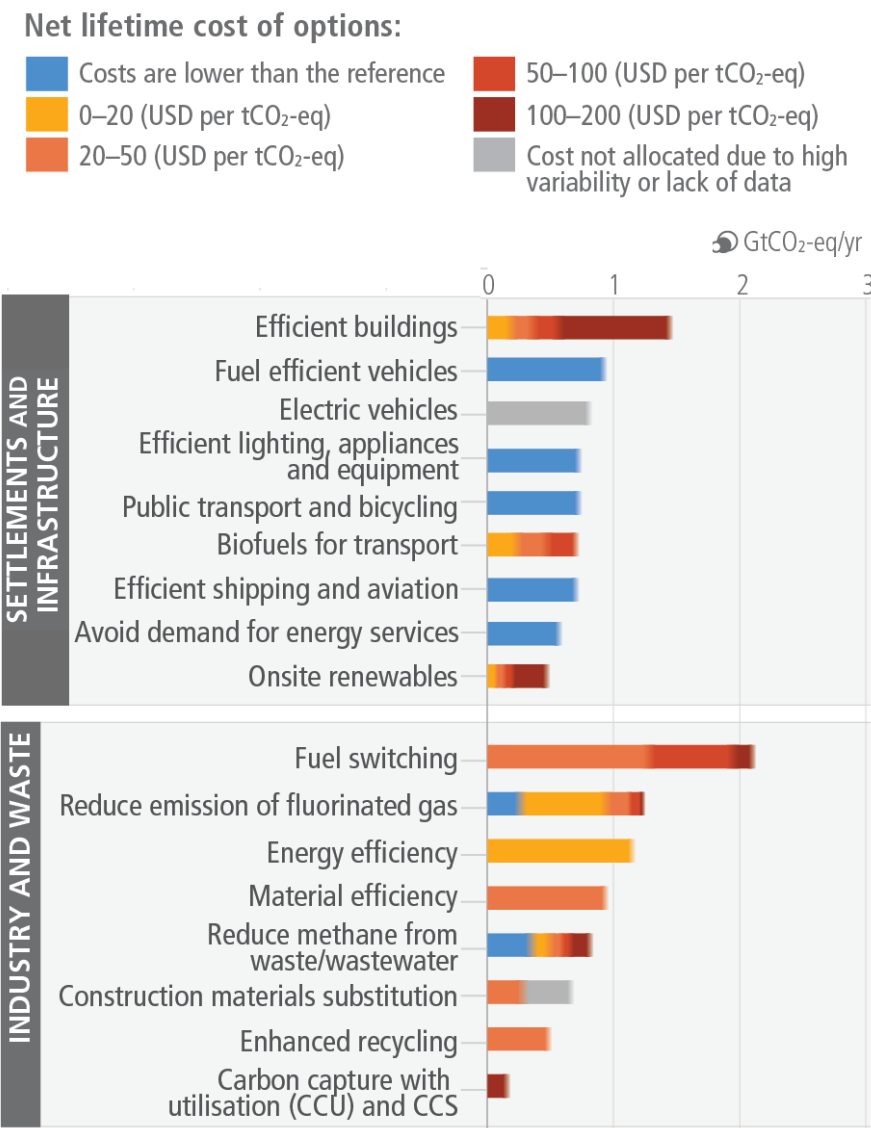
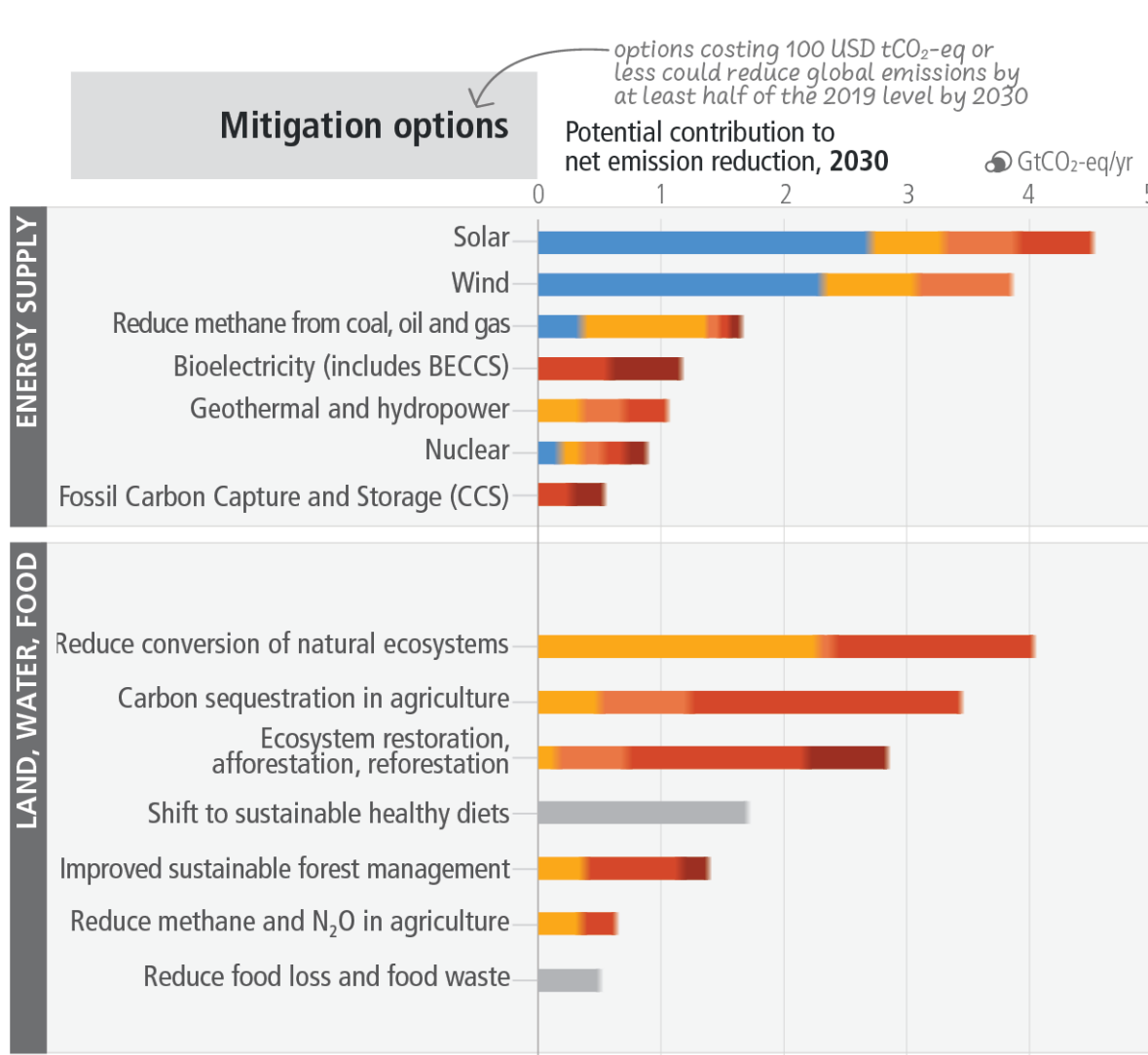
# Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors



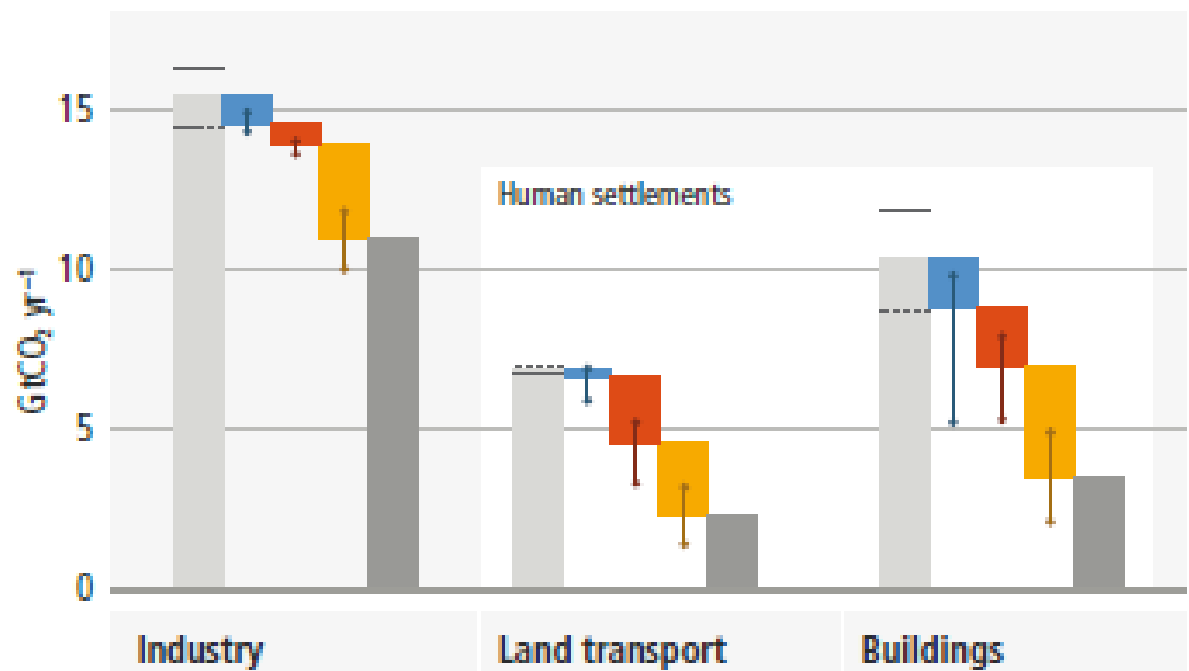
# Il existe de multiples options pour accélérer l'action climatique

## a) potential of mitigation options in the near-term



# La réduction des demandes (d'énergie, de matériaux, de biens, de terres...) fait partie des solutions.

## b. Manufactured products, mobility, shelter



Total emissions 2050: ■ Mean — IEA-STEPS — IP\_ModAct

■ Total emissions 2050  
 ■ Socio-cultural factors  
 ■ Infrastructure use  
 ■ End-use technology adoption

■ Emissions that cannot be avoided or reduced through demand-side options are assumed to be addressed by supply-side options

Industry	Land transport	Buildings
Manufactured products	Mobility	Shelter
■ Socio-cultural factors		
Shift in demand towards sustainable consumption, such as intensive use of longer-lived repairable products	Teleworking or telecommuting; active mobility through walking and cycling	Social practices resulting in energy saving; lifestyle and behavioural changes
■ Infrastructure use		
Networks established for recycling, repurposing, remanufacturing and reuse of metals, plastics and glass; labelling low-emissions materials and products	Public transport; shared mobility; compact cities; spatial planning	Compact cities; rationalisation of living floor space; architectural design; urban planning (e.g., green roof, cool roof, urban green spaces etc.)
■ End-use technology adoption		
Green procurement to access material-efficient products and services; access to energy-efficient and CO <sub>2</sub> neutral materials	Electric vehicles; shift to more efficient vehicles	Energy efficient building envelopes and appliances; shift to renewables

*Sobriété (« sufficiency ») : ensemble de mesures et de pratiques quotidiennes qui permettent d'éviter une demande en énergie, matériaux, usage des terres et eau tout en assurant le bien-être de tous dans le respect des limites planétaires.*

# Conséquences du changement climatique pour la France

## Les facteurs climatiques générateurs d'impacts vont continuer à s'intensifier

Évolution de la température en France 1900 – 2100



Sources: D'après GIEC (2023) et Ribes et al. (2022).

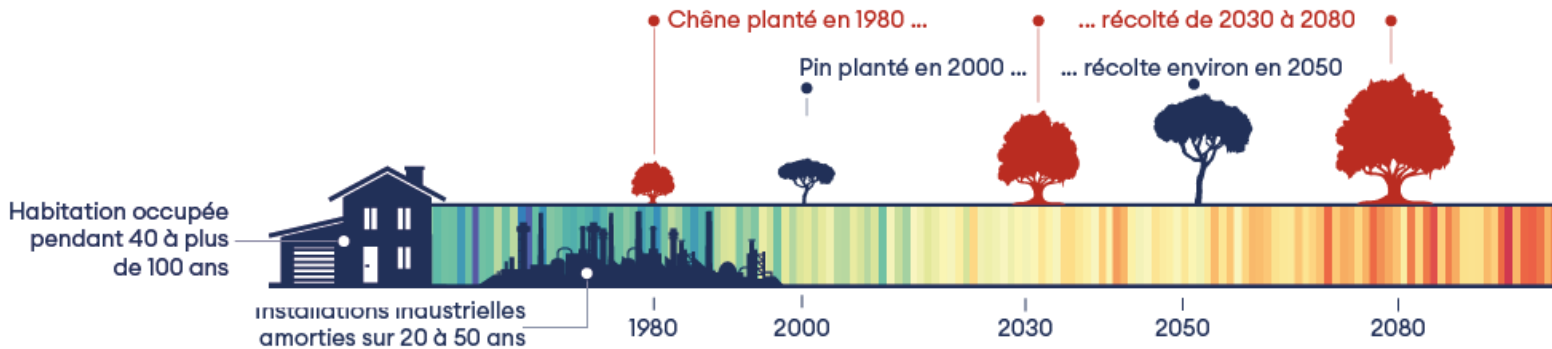
- **+2°C** à l'horizon 2030 pratiquement inévitable en France, avec des années extrêmes comme en 2022 de plus en plus fréquentes
- L'ampleur du réchauffement après 2050 dépend des émissions futures
- La température record en 2022 serait la température moyenne en France à l'horizon 2050-2060 pour un réchauffement planétaire à **2°C**
- **+4°C** projeté vers 2100 sur la base des politiques actuelles, avec des années plus extrêmes



# Conséquences du changement climatique pour la France

## L'adaptation doit passer du mode réactif prévalent aujourd'hui pour devenir transformatrice

Évolution de la température en France 1900 – 2100



Changement de température en France métropolitaine



Sources: D'après GIEC (2023) et Ribes et al. (2022).

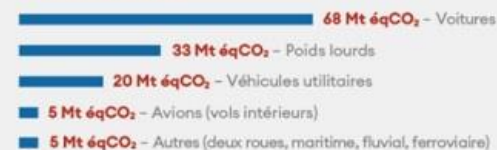
- Le cadre de référence annoncé par le gouvernement de **+4°C** est cohérent, à condition de prendre en compte les risques supplémentaires
- S'adapter à un climat de **+2°C** est insuffisant en France
- Les événements extrêmes et leurs conséquences doivent être anticipés
- Besoin d'explorer les éventualités peu probables mais avec forts impacts

# EN FRANCE, D'OÙ PROVIENNENT LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN 2022 ?

32%



## TRANSPORTS



19%



## AGRICULTURE (données 2021)



18%



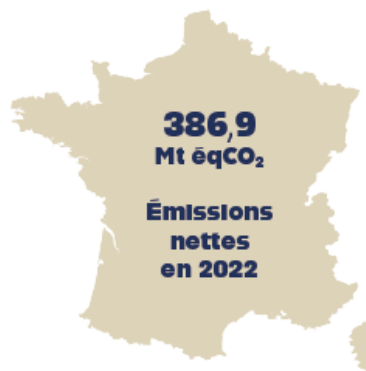
## INDUSTRIE



16%



## BÂTIMENTS



L'**empreinte carbone** de la France, qui inclut les émissions générées dans d'autres pays pour produire les biens qui sont importés et consommés en France, est **plus élevée que les émissions produites sur le territoire français.**

**1.5x**

11%



## PRODUCTION D'ÉNERGIE



4%



## DÉCHETS



-4%



## UTCATF (données 2021)

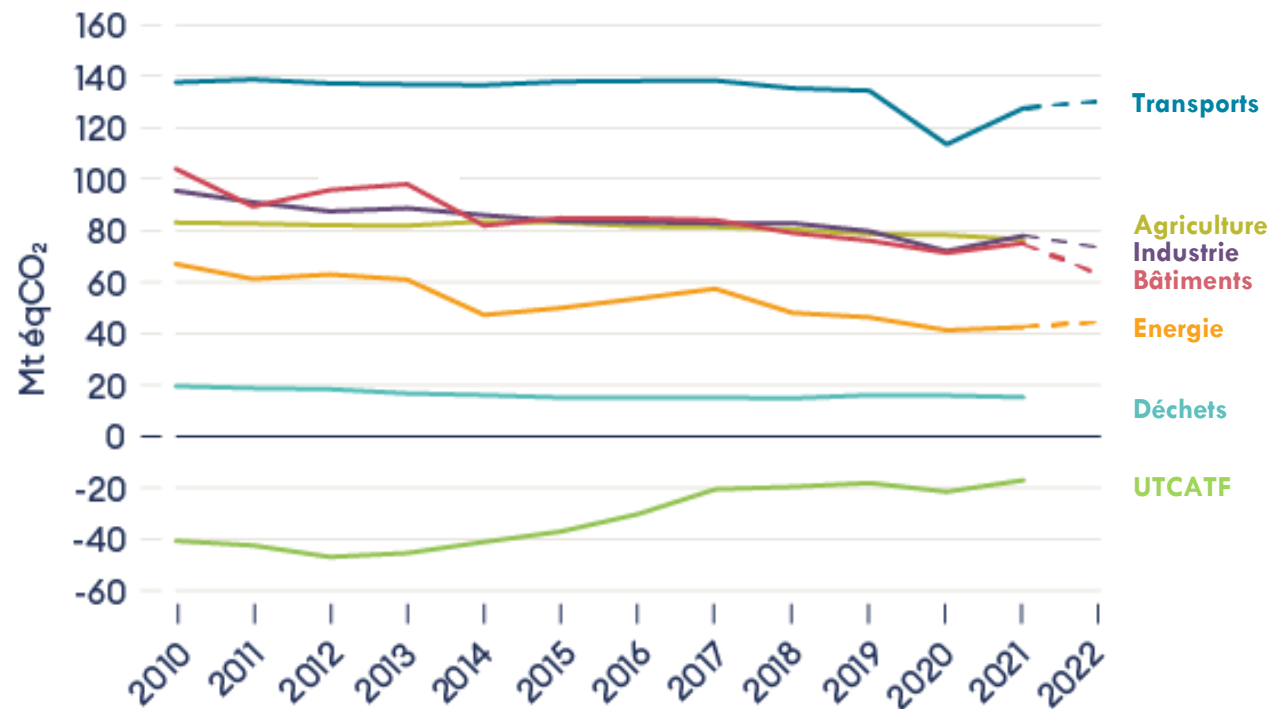


Source : Citepa, rapport Secten 2023. Les données d'émissions sont arrondies à l'unité

## Evolution des émissions de GES en France

### Les rythmes de baisse sont insuffisants et doivent presque doubler

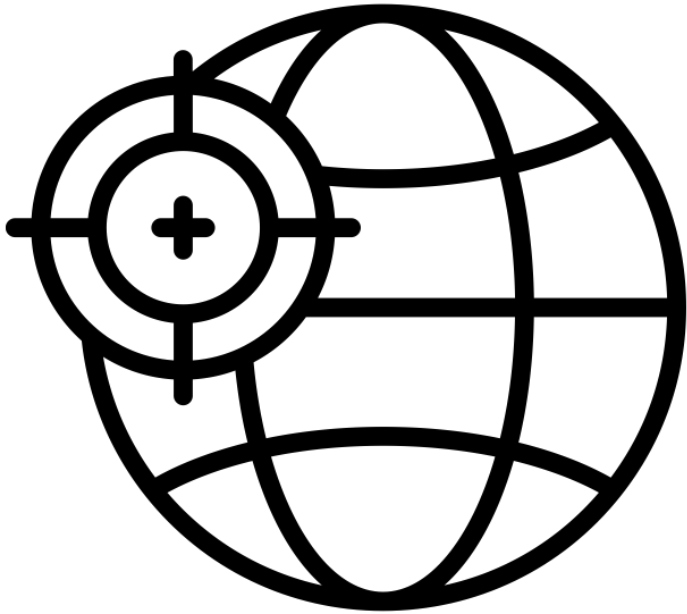
Evolution sectorielle des émissions de GES de la France depuis 2010



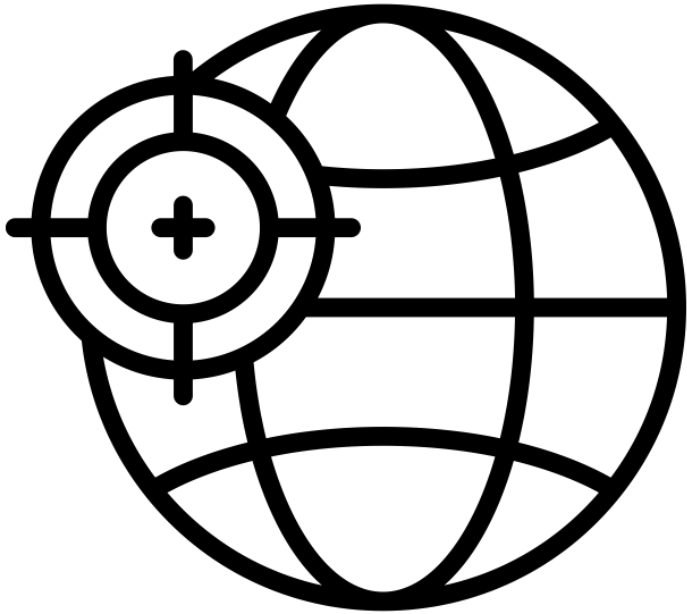
- Baisse observée : **-9,1 Mt éqCO<sub>2</sub>** par an (2019-2022)
- Baisse attendue (SNBC2) : **-12 Mt éqCO<sub>2</sub>** par an (2023-2030)
- Baisse attendue Fit for 55 (SNBC3) : **-17 Mt éqCO<sub>2</sub>** par an (2023-2030)
- Augmentation de la consommation des véhicules vu l'augmentation du **poids des voitures**
- Diminution trop lente de la consommation d'énergie dans les **bâtiments**
- Augmentation des **énergies renouvelables** trop lente
- **Mortalité des arbres** trop forte, croissance des forêts trop faible

Notes: Les données d'émission pour 2022 sont provisoires  
Sources: Citepa (format Secten, 2023)

# 1. Interaction entre échelles



1. Interaction entre échelles

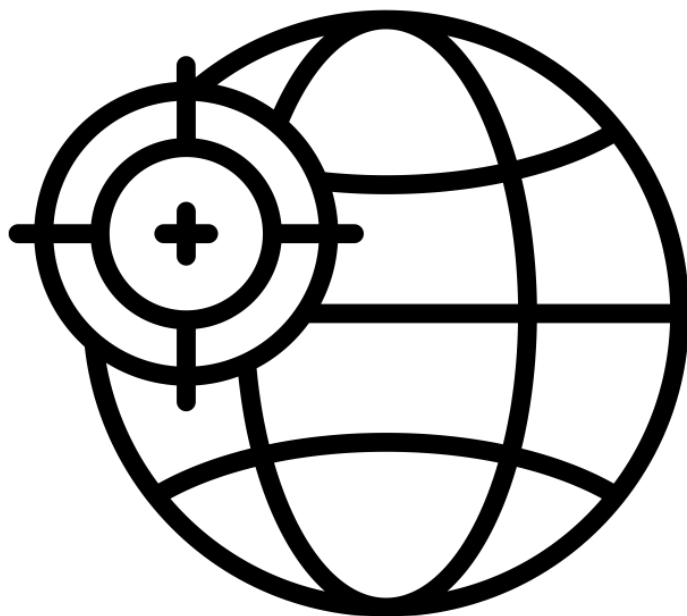


2. Sobriété et “sufficiency”



Sobriety, architecture

## 1. Interaction entre échelles



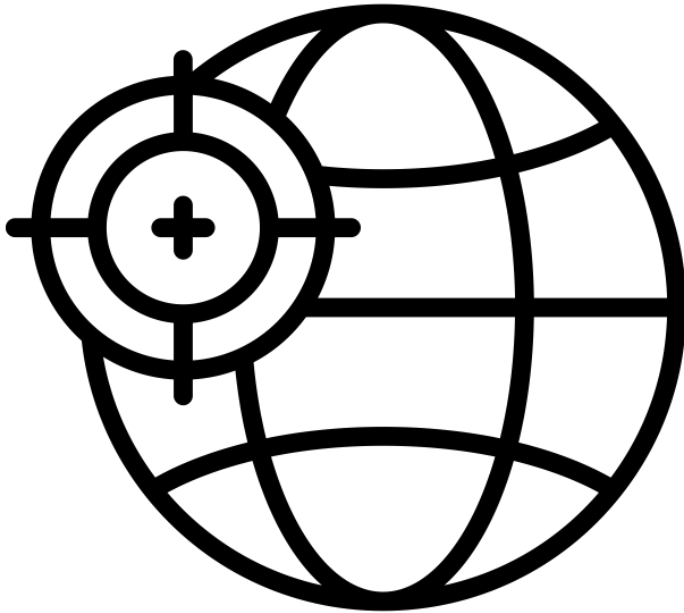
## 2. Sobriété et “sufficiency”



### Knowledge gap 2: Evaluation of climate implications of the digital economy

The digital economy, as well as shared and circular economy, is emerging as a template for great narratives, hopes and fears. Yet, there are few systematic evaluations of what is already happening and what can govern it towards a better narrative. Research needs to better gauge energy trends for rapidly evolving systems like data centres, increased use of social media and influence of consumption and choices, AI, blockchain; and implications of digital divides among social groups and countries on well-being. Governance decisions on AI, indirectly fostering either climate harming or climate mitigating activities remain unexplored. Better integration of mitigation models and consequential lifecycle analysis is needed for assessing how digitalisation, shared economy and circular economy change material and energy demand.

### 1. Interaction entre échelles



### 2. Sobriété et “sufficiency”



### 3. Transition juste



C.5.2 Adaptation and mitigation actions that prioritise equity, social justice, climate justice, rights-based approaches, and inclusivity, lead to more sustainable outcomes, reduce trade-offs, support transformative change and advance climate resilient development. Redistributive policies across sectors and regions that shield the poor and vulnerable, social safety nets, equity, inclusion and just transitions, at all scales can enable deeper societal ambitions and resolve trade-offs with sustainable development goals. Attention to equity and broad and meaningful participation of all relevant actors in decision making at all scales can build social trust which builds on equitable sharing of benefits and burdens of mitigation that deepen and widen support for transformative changes. *(high confidence)* {4.4}

# Options d'atténuation dans les zones urbaines

## Relations avec les Objectifs de Développement Durable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17
Aménagement du territoire	+	•	+	+	+	+	+	+	+	•	+	•	•	•	+	
Electrification des systèmes énergétiques	+	•	+	+	+	+	+	+	+	+	+	•	+	•	+	
Réseaux de chauffage et de refroidissement urbains	+	-	+				+	+	+		+	+		+	+	
Infrastructure urbaine verte et bleue	+	+	+	+		+	+	+	+	•	+	+	+	+	+	
Prévention, réduction et gestion des déchets	+	+	•			+		•	+		+	•	+	+	+	
Intégrer les secteurs, stratégies et innovations	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Type of relations:

- + Synergies
- Trade-offs
- Both synergies and trade-offs<sup>4</sup>
- Blanks represent no assessment<sup>5</sup>

Confidence level:

- High confidence
- Medium confidence
- Low confidence

Related Sustainable Development Goals:

- 1 No poverty
- 2 Zero hunger
- 3 Good health and wellbeing
- 4 Quality education
- 5 Gender equality
- 6 Clean water and sanitation
- 7 Affordable and clean energy
- 8 Decent work and economic growth
- 9 Industry, innovation and infrastructure
- 10 Reduced inequalities
- 11 Sustainable cities and communities
- 12 Responsible consumption and production
- 13 Climate action
- 14 Life below water
- 15 Life on land
- 16 Peace, justice and strong institutions
- 17 Partnership for the goals



Quelles recherches mener ? quand on sait que :

*“Sans mesures d’atténuation et d’adaptation urgentes, efficaces et équitables, le changement climatique menacera de plus en plus les écosystèmes, la biodiversité, ainsi que les moyens de subsistance, la santé et le bien-être des générations actuelles et futures. (niveau de confiance élevé)”*

(GIEC, 2023, Rapport de Synthèse)

Céline Guivarch, CIREC, Ecole des Ponts



# UNIVERSITÉ 2023

De la recherche aux solutions



# Mobilités durables

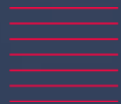
 Ecole des Ponts ParisTech

 VINCI Autoroutes

# Vers des mobilités plus durables

Bilan et perspectives des recherches menées  
par l'École des Ponts ParisTech & ses partenaires

Nicolas COULOMBEL



# SOMMAIRE

- 1 La place de l'École des Ponts ParisTech au sein du Lab
- 2 Bilan des travaux menés lors de la 3<sup>ème</sup> séquence (2018-2023)
- 3 Perspectives pour la 4<sup>ème</sup> séquence (2023-2028)

# La place de l'École des Ponts ParisTech au sein du Lab

# La place de l'École des Ponts au sein du Lab

## Écoconception

- des infrastructures et des bâtiments
- des systèmes de mobilité

## 3 axes de recherche sur les systèmes de mobilité

- analyse des comportements pour la conception de services/politiques de mobilité durable
- modélisation multi-agents
- évaluation : socioéconomique et environnementale

# Travaux menés lors de la 3<sup>ème</sup> séquence (2018-2023)



# Production scientifique

## ≡ Bilan sur la période 2018-2023

5 masters, 3 thèses, 5 post-doctorats

24 publications dans des revues internationales

24 communications à des conférences internationales

12 communications professionnelles (articles, conférences...)

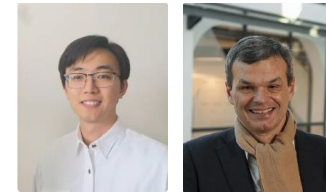
# Quels apports de l'IA pour l'écoconception des mobilités ?

## Modélisation

- améliorer la qualité des modèles
  - alternative aux modèles économétriques traditionnels
  - (re-)calibration de chaînes de modélisation
- réduire le temps de calcul des modèles
  - méta-modélisation

## Conception

- faciliter et améliorer le diagnostic territorial
  - mieux comprendre les comportements de mobilité sur un territoire (→ modélisation)
  - identifier les potentiels pour différentes solutions de mobilité
- aider la prise de décisions
  - optimisation de la conception de mesures & de bouquets de mesures



# IA & analyse des mobilités

## Thèse de Danyang Sun

- Objectif : analyser les mobilités par la fouille de données de trajectoires
- Thématiques de recherche à 2 échelles: individu & territoire

### Analyse des *patterns* de mobilité

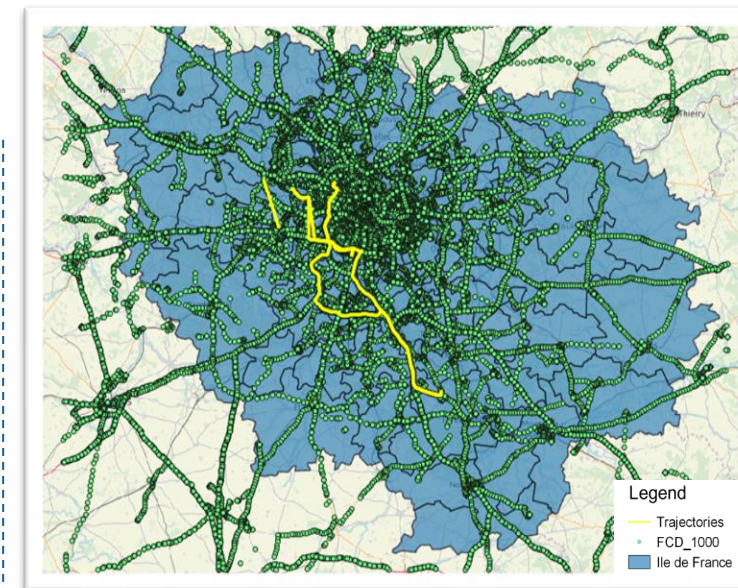
Niveau  
individuel

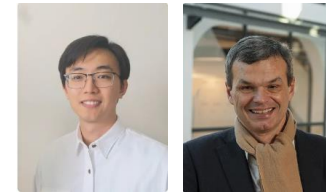


Niveau  
territorial

- Profils d'utilisation des véhicules (déplacements)
  - segmentation des usagers
- Régularité des mobilités (activités)
  - lieux d'ancrage (ex: résidence, lieu de travail)
- Estimation des temps de parcours (prédiction)
- Zones fonctionnelles (intra-)
  - usage du sol (ex: commercial vs résidentiel)
- Organisation spatiale (inter-)
  - pôles d'emploi et aires d'influence
- Interactions spatiales (inter-)
  - flux de déplacements Origine-Destination

*Exemple de traces FCD*

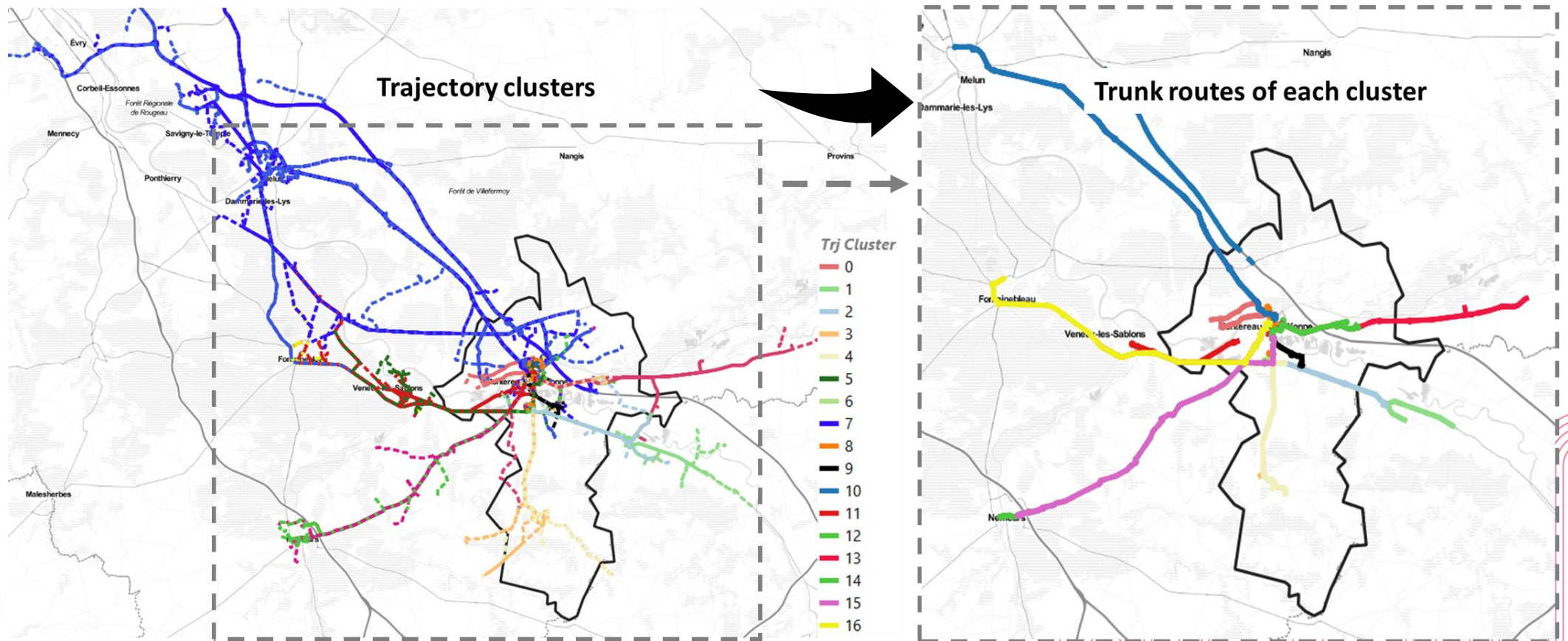




# IA & conception: lignes de covoiturage

## Post-doctorat de Danyang Sun

- Objectif : mobiliser les méthodes IA développées en thèse pour analyser les mobilités en zone de faible densité et concevoir des lignes de covoiturage.





# Modélisation des mobilités

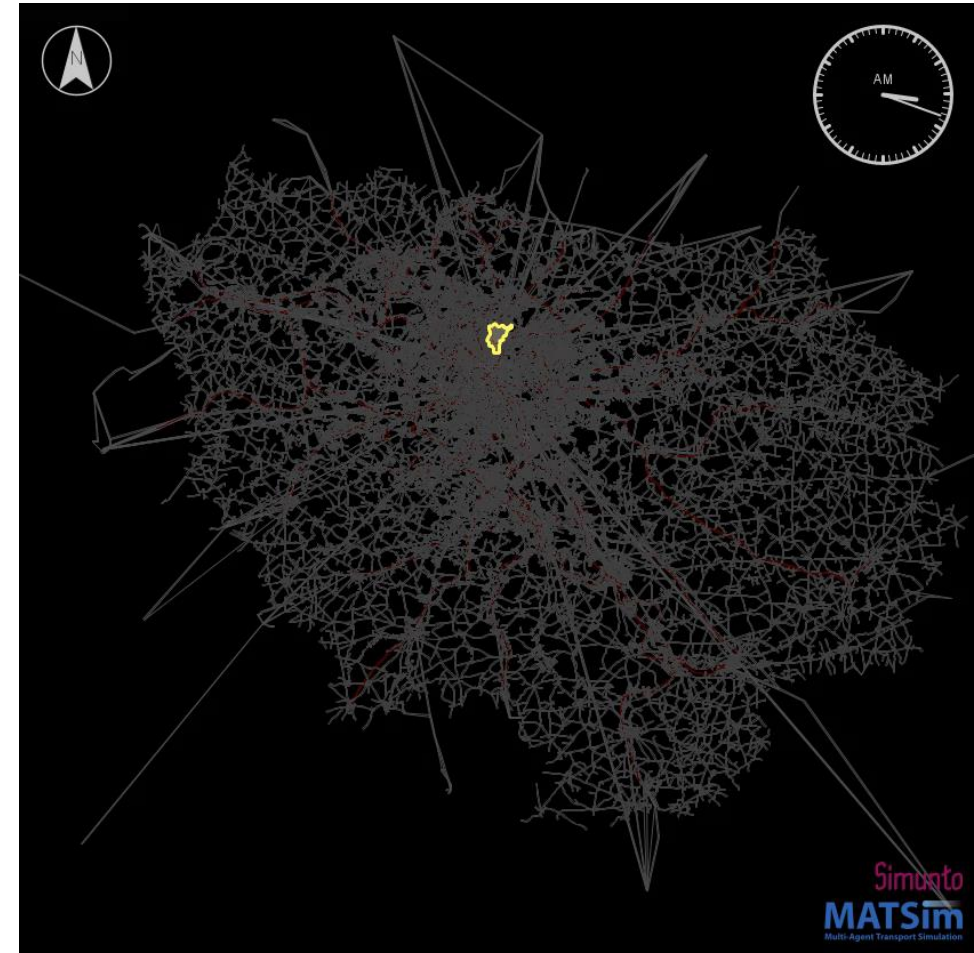
## Post-doctorat de Liu Liu, Biao Yin, Tatiana Seregina

Objectif: représenter la mobilité à l'échelle d'un territoire (de la région jusqu'au quartier) et modéliser l'influence des caractéristiques locales

- prendre en compte les programmes d'activités
- intégrer les contraintes individuelles (équipement, handicap...)
- aider à la conception et évaluation de mesures locales

### ⇒ modélisation multi-agents: MATSim

- de riches possibilités en termes d'analyse
  - thèse aspects sociaux
- mais des verrous scientifiques importants
  - calibration & validation, temps de calcul





# Cas d'études: zone à trafic limité

## Comparaison de scénarii de restriction de la circulation

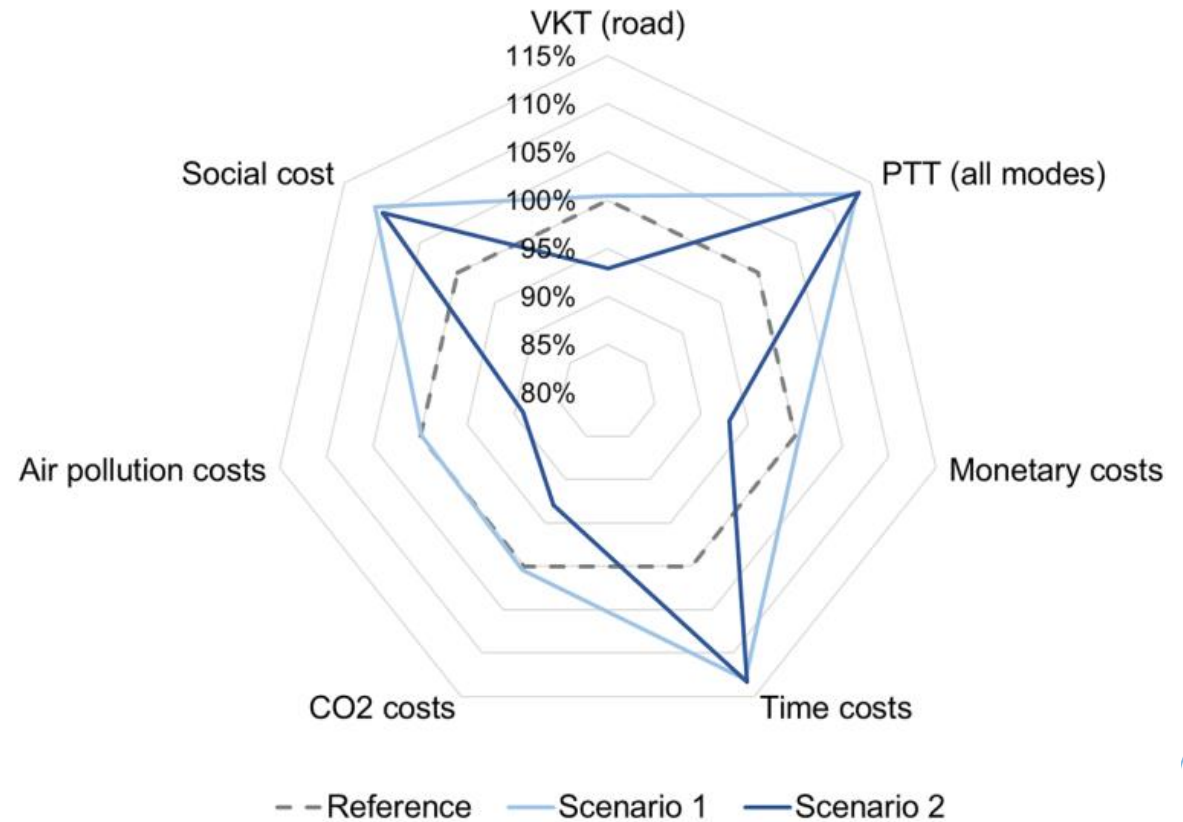
2 échelles pour la mesure

- scénario 1: centre de Paris
  - arrondissements 1 à 4
- scénario 2: Paris intra-muros

Règle: trafic limité aux résidents de la zone

Modélisation de l'intermodalité

- voiture – marche
- voiture – transports en commun





# Évaluation environnementale

## Post-doctorat de Cyrille François

Un terrain d'application, Les Lumières (Saint Denis)

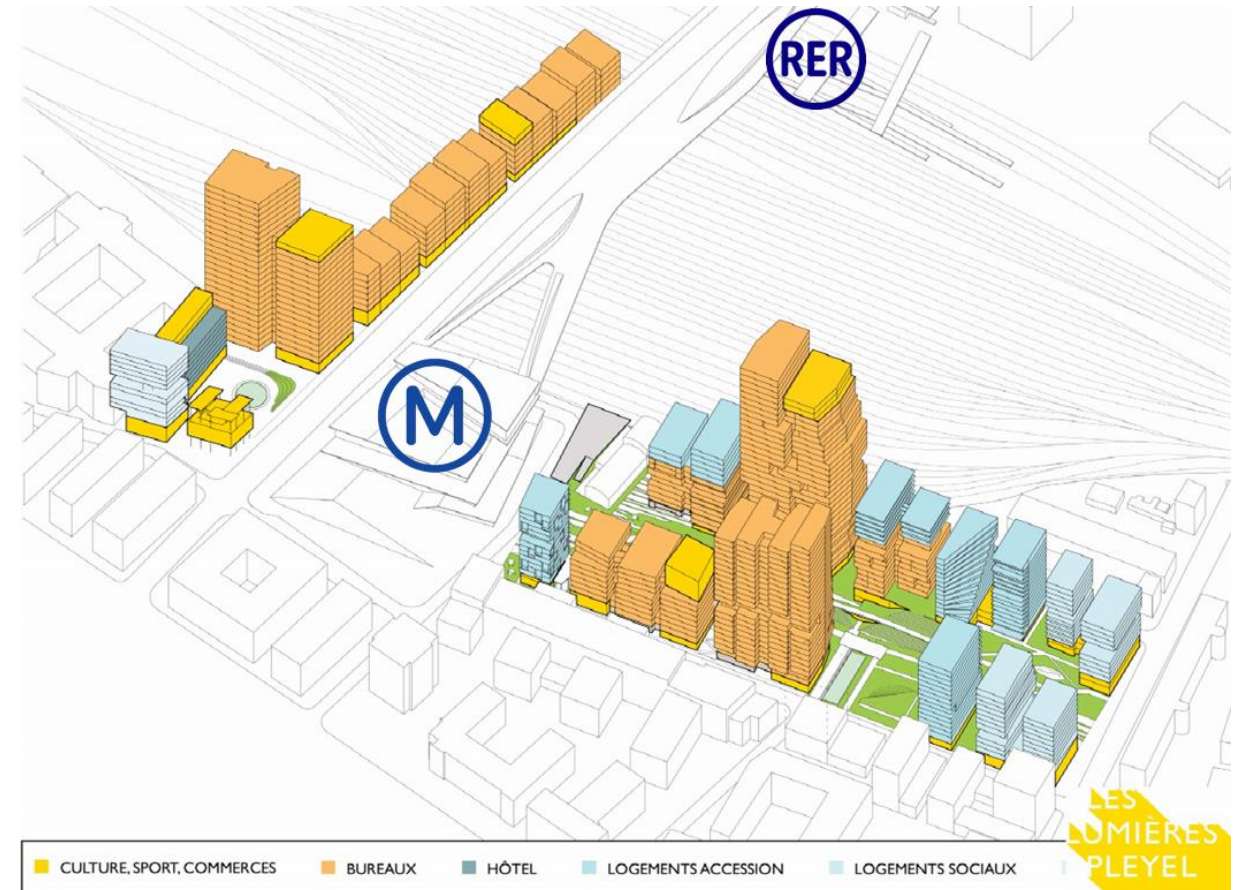
- fortement tertiaire
- très bien desservi en transports en commun

Double défi :

- réaliser un diagnostic cohérent du quartier
- intégrer des paramètres locaux à l'évaluation

Méthodologie → croiser:

- **Analyse de Cycle de Vie (ACV)**
- **modélisation désagrégée** de la mobilité





# Les Lumières : résultats

519 logements  
1,44 t CO<sub>2</sub>-eq

10,76 t CO<sub>2</sub>-eq / jour ouvré soit

10,5 kg CO<sub>2</sub>-eq / m<sup>2</sup> / an

et 120 000m<sup>2</sup> de bureaux  
et 9,32 t CO<sub>2</sub>-eq

par jour ouvré

17,6 kg CO<sub>2</sub>-eq / m<sup>2</sup> / an

et 19,6 kg CO<sub>2</sub>-eq / m<sup>2</sup> / an

## Analyse de sensibilité :

Taille des logements : passer de 67m<sup>2</sup> à 81m<sup>2</sup>

-> **+8%** de GES résidentiel et **+5%** par individu

Influence du parking résidentiel :

+25% de parking -> **+9%** de GES résidentiel

-25% de parking -> **-7%** de GES résidentiel

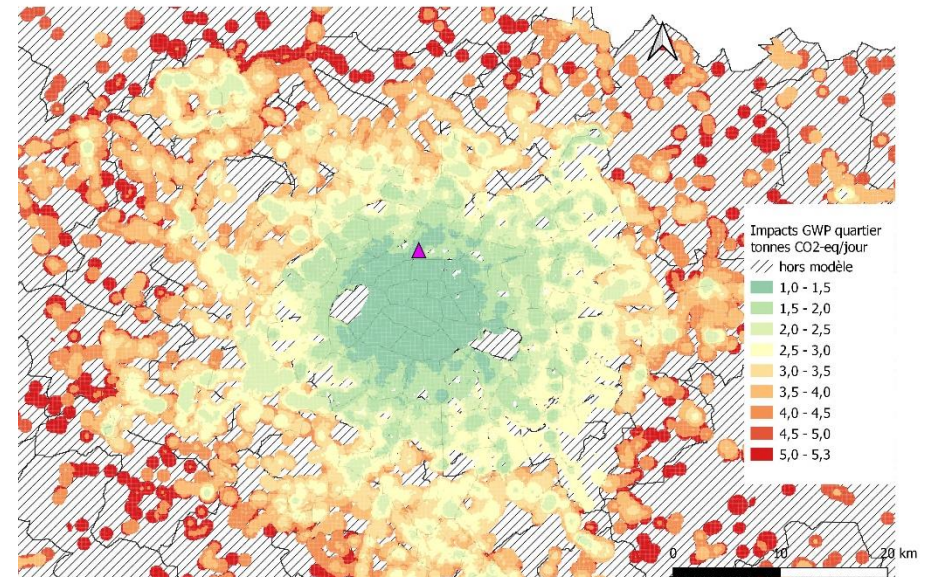
Influence du parking employé :

+25% de parking -> **+4%** de GES employé

-25% de parking -> **-4%** de GES employé

## Influence de la localisation

Émission de GES résidentiel







# Evaluation & équité

## Thèse de Rayane Al Amir Dache

Objectif : comment mieux intégrer les enjeux sociaux dans l'évaluation des projets de transport

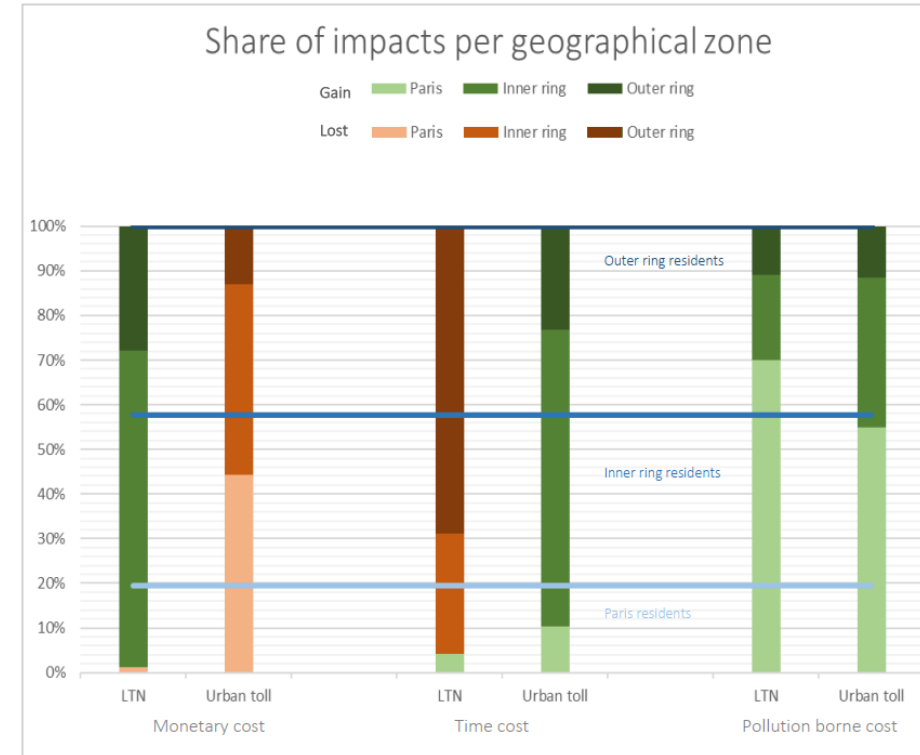
- focus sur les effets redistributifs et les enjeux d'équité...
- et sur l'intégration (ou non) dans l'analyse coûts-bénéfices

Cas d'application :

- diagnostic actuel de la région Île-de-France
- Comparaison scénario zone à trafic limité vs. péage urbain

Méthodologie

- état de l'art sur évaluation & équité
- mobilisation de la modélisation multi-agents pour une évaluation fine





# Économie circulaire: potentiel de réemploi

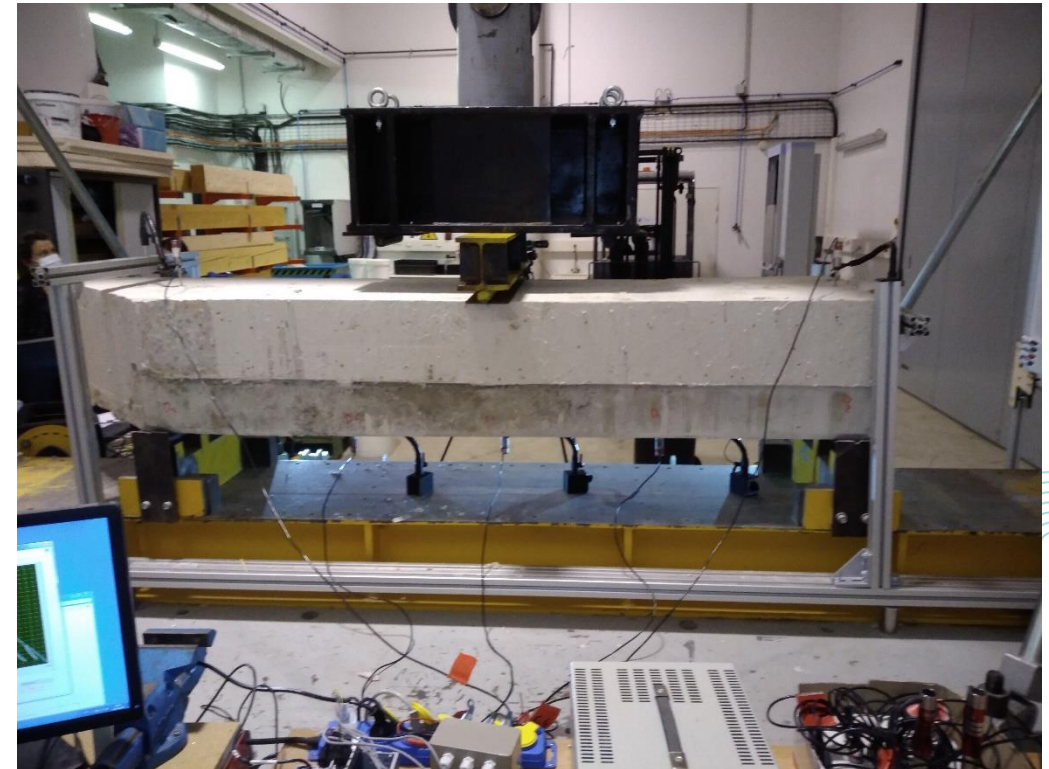
## Thèse d'Ambroise Lachat

**Objectif:** à partir d'une étude sur la démolition de bâtiments, mettre en place des stratégies d'évaluation environnementale qualitatives et quantitatives des méthodes de valorisation des déchets structuraux.

- Etude sur la démolition classique → constat
- Indicateurs (circularité, ACV, ...)
  - méthodes d'évaluation environnementale
- Méthodes de valorisation → objets à évaluer

Exemple de résultats:

- Développement d'un **indicateur de réemploi**
- Développement d'un **indicateur de circularité**



# Perspectives pour la 4<sup>ème</sup> séquence (2023-2028)

## Proposer des scénarios de mobilité durable

- pour les quartiers
  - diffusion du véhicule électrique : thèse, coopération internationale
  - régulation locale, mobilité partagée : post-doctorat
- pour les grands équipements
  - aéroport: projet « Recherche & Solutions » sur Lyon en coopération avec le LAET
- pour les infrastructures : autoroutes
  - voyageurs : voies réservées, VE... → thèse
  - marchandises: VE, autoroute électrique (ERS) → projet « Recherche & Solutions » en coopération avec SPLOTT

## Promouvoir l'économie circulaire

- prolongement des travaux sur le réemploi : thèse
  - passage de l'élément structurel à la structure
  - amélioration & généralisation de l'indicateur de circularité
  - étude du réemploi pour le second œuvre

Merci de  
votre attention

Merci à VINCI pour  
son soutien durable

 **Nicolas Coulombel**  
nicolas.coulombel@enpc.fr



# Louis du Pasquier

Directeur des mobilités décarbonées  
VINCI Autoroutes

## DÉCARBONER LA ROUTE : UNE URGENCE ÉCOLOGIQUE

30/11/2023

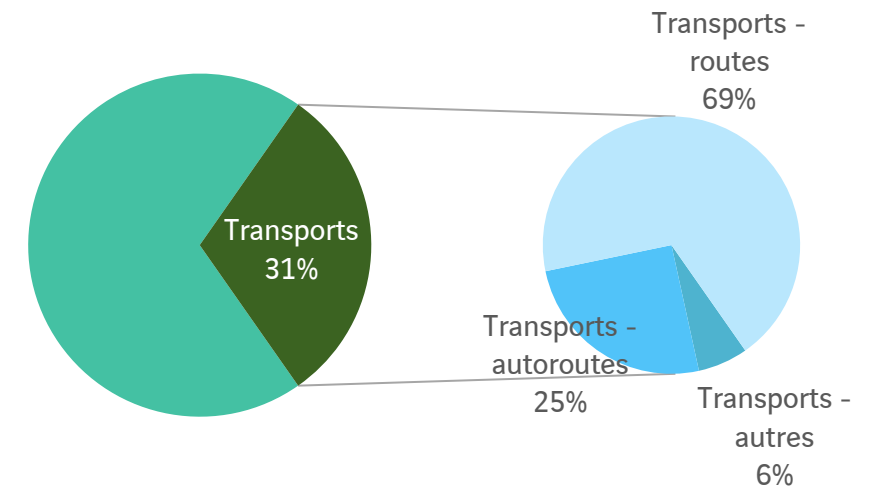


Université du lab recherche  
environnement

## Décarboner l'autoroute, une priorité

- En France, la route assure **88%** du transport de marchandises<sup>1</sup> et **81%** du transport de voyageurs<sup>2</sup>
- A terme, même si les objectifs affichés de report modal étaient atteints, la part modale de la route restera très largement majoritaire
- Le secteur des transports est responsable de **31%** des émissions nationales. La route représente **94%** de ces émissions<sup>3</sup>.
- Les autoroutes représentent **1%** du réseau routier français (12 379 km, dont 9 158 km concédés). Elles concentrent **25%** des émissions des transports, soit **7 %** des émissions nationales
- **45%** des émissions autoroutières proviennent des poids lourds, qui représentent environ **15%** du trafic
- Pour respecter l'objectif de -40% de réduction en 2030 (par rapport à 1990) fixé par la France, la dernière SNBC prévoit une réduction de 28% pour les transports. Les 55% de réduction de FIT for 55 (par rapport à 1990) nous impose de prévoir **un plan de transformation ambitieux pour l'autoroute.**

### Répartition des émissions GES France



<sup>1</sup> en % des tonnes-kilomètres en 2019. Chiffres clés de transports, CGDD

<sup>2</sup> en % des voyageurs-kilomètres en 2019. Chiffres clés de transports, CGDD

<sup>3</sup> ASFA, 2019



## Messages-clés

*La décarbonation des autoroutes est un investissement tout à la fois incontournable, urgent et massif*

1

**Incontournable**

- Même avec des perspectives de report modal vers le rail et les modes doux, il n’y aura **pas de neutralité carbone sans décarbonation de la route, et pas de décarbonation de la route sans autoroute bas carbone**

2

**Urgent**

- Face à l’urgence écologique, **la décennie 2020** sera cruciale pour atteindre les objectifs de l’Accord de Paris
- La décarbonation de la route, et de l’autoroute, ne peut être reportée plus longtemps

3

**Massif**

- La transformation de l’autoroute passe par un **effort massif d’investissement**, qu’il est possible d’estimer, **pour un tronçon-type de 1000 km, entre 5 et 6 Mds€, soit, à l’échelle du réseau autoroutier concédé, entre 60 et 70 Mds€**

## Les 5 leviers de la transformation de l'autoroute

**1 Développer les services de mobilité partagée**

**2 Accueillir les véhicules décarbonés**

**3 Faire de l'autoroute un centre de production d'énergie verte**

**4 Fluidifier le trafic par l'innovation**

**5 Renforcer la résilience de l'autoroute et son intégration dans les milieux naturels**



## 1- Développer les services de mobilité partagée



~1 Mds €

Potentiel  
d'investissements  
sur le réseau VA



→ **Mettre plus de personnes  
dans moins de véhicules**

- **Pôles d'échanges multimodaux**
- **Parkings de covoiturage**
- **Voies réservées aux transports en commun**

## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (VL) - 1

### 93% des utilisateurs de véhicules électriques effectuent leur recharge principale à domicile ou sur leur lieu de travail<sup>1</sup>

- Recharge lente (une journée de travail ou une nuit)
- Recharge peu chère à domicile (en général au tarif électricité des particuliers, ~17 cts€/kWh, soit environ 3 fois moins cher que l'équivalent en essence/diesel)
- Peu de modifications du réseau électrique (CAPEX très faible)

### Pour les recharges en itinérance (principalement lors de déplacements longue distance), il faut une offre de recharge ultra rapide (recharger 2 heures d'autonomie lors d'une pause de 20 à 30 minutes)

- Sans une offre de recharge sur les grands axes qui soit fiable, accessible, dense et à un coût acceptable, les ménages resteront propriétaires d'au moins un véhicule thermique pour les déplacements longue distance et continueront à utiliser ce véhicule émetteur de CO2 pour les trajets du quotidien

### Tarif moyen des opérateurs de recharge sur les aires de service de VINCI Autoroutes pour une recharge ultrarapide (> 150 KW) :

**~0,65 €/kWh (0,59 à 0,79 €/kWh)**

### Tarif équivalent diesel :

**0,42 €/kWh pour un diesel à 1,5 €/L**

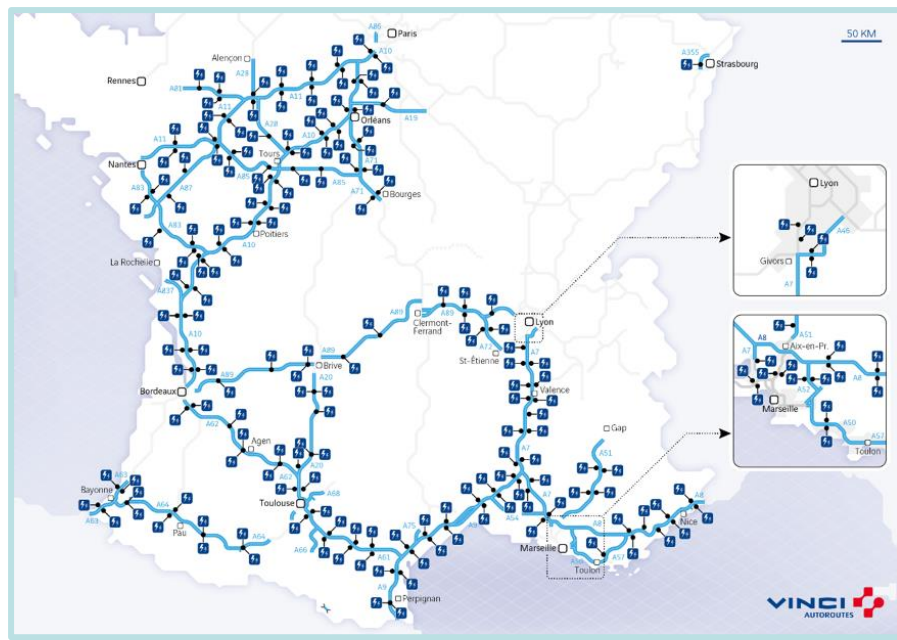
**0,56€/kWh pour un diesel à 2 €/L**

**L'implantation d'un réseau de bornes à très haute puissance qui anticipe la croissance des véhicules électriques, à un tarif compétitif avec le thermique, est une condition nécessaire à l'essor du véhicule électrique**

<sup>1</sup> source : étude comportementale auprès des possesseurs de véhicules électriques Enedis octobre 2022

## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (VL) - 2

→ Été 2023 : 100% des 180 aires de service du réseau VINCI Autoroutes proposent une solution de recharge pour les véhicules électriques: environ 1500 points de recharge rapides et ultra rapides



Exemples de stations en cours de déploiement

En moyenne 8-10 points de recharge par aire de service, à haute (50 kW) et très haute (>150 kW) puissance  
1 à 2 MW de raccordement  
Coût d'investissement moyen 1 M€



## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (VL) - 3

2023



~ **9** Pts de charge  
≥ 50 KW / site

**x7**

Risques de saturation  
aux pics d'été

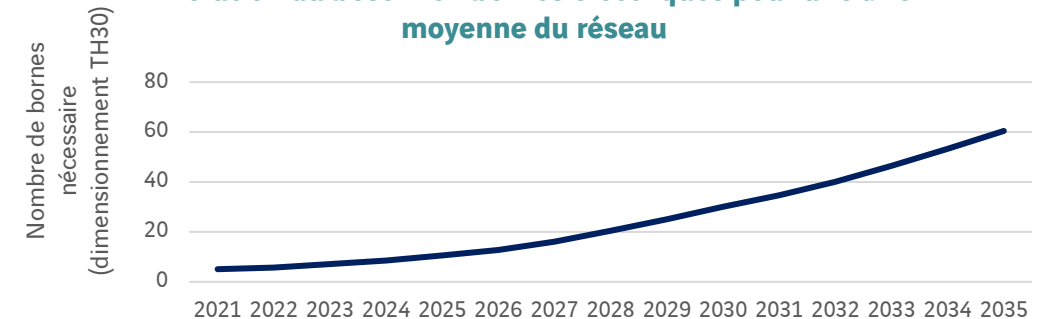
### D'ici 2035

- **44%** Baisse des émissions des VL
- ~ **70+** Pts de charge / site
- 9 MW** Puissance / site
- 2 Mds€** Investissements à partager entre les acteurs sur VA

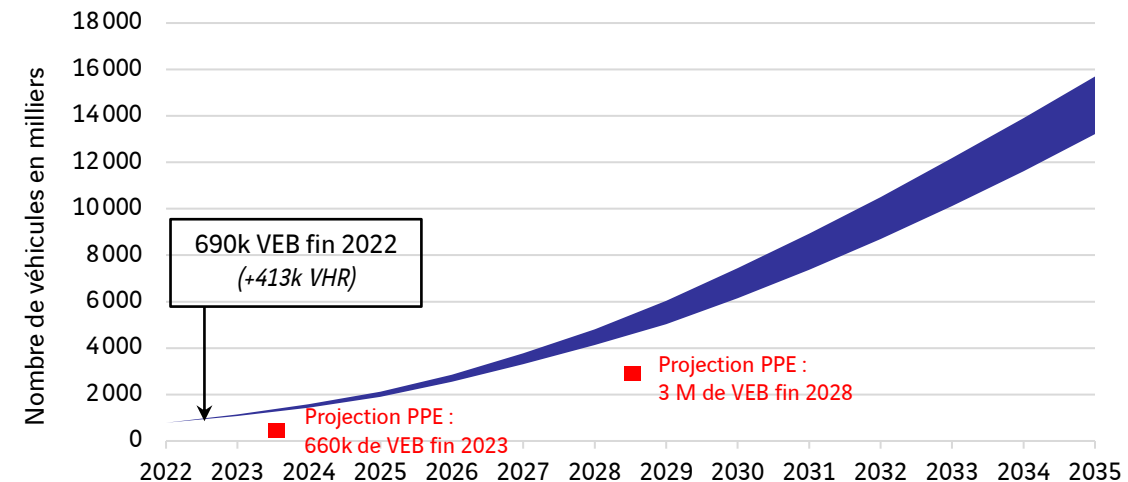
### Enjeux : anticipation des pics, modèle opérateurs et tarifs



### Evolution du besoin en bornes électriques pour une aire moyenne du réseau



### Hypothèse d'évolution du parc des véhicules électriques à batterie (VEB)



## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (PL)

### BIOCARBURANTS LIQUIDES ET BIOGAZ : solutions transitoires/complémentaires

**Intérêts :** Réduit les émissions de CO2 sur le cycle de vie de la production

**Défis :** Disponibilité de la biomasse, concurrence d'usage (chauffage, autres transports...), problème de fuite de méthane sur la chaîne production-transport-distribution-consommation, qui annulerait la réduction de CO2 par rapport au diesel

### HYDROGÈNE

**Intérêts :** Autonomie, remplissage rapide des réservoirs

**Défis :** utilisation concurrentielle sur une ressource rare et donc encore chère (H2 zéro carbone), priorité aux secteurs sans alternatives de décarbonation (industrie, marine, aviation ?)

### CAMIONS ÉLECTRIQUES À BATTERIE AVEC RECHARGE STATIQUE

**Intérêts :** comparables aux véhicules légers, déjà matures pour les camions courte et moyenne portée

**Défis :** poids et taille de la batterie impactant la charge utile, infrastructure de charge massive nécessaire : points de charge à très haute puissance sur toutes les aires de service et de repos sur les principales autoroutes d'Europe

### « ELECTRIC ROAD SYSTEMS » ERS

**Intérêts :** réduit massivement la taille de la batterie et donc les coûts pour les camions, supprime les contraintes d'autonomie et d'arrêt de charge

**Défis :** report des coûts du PL et de la recharge sur l'infrastructure routière, harmonisation européenne

## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (PL)

Hypothèses VINCI Autoroutes :

- A court terme, les **biocarburants** et le **bioGNV** vont contribuer à accompagner la transition vers les énergies décarbonées
  - A moyen terme, les flottes de PL vont basculer vers **l'électrique à batterie**, en particulier pour la moyenne distance (inférieure à 800 km/j)
  - Puis, à la fin de la décennie 2020, des **PL à hydrogène** vont faire leur apparition sur la longue distance ou certains cas d'usages spécifiques, notamment les transports très lourds (convois exceptionnels)
  
  - La recharge des PL se fera pendant les pauses réglementaires du chauffeur (4h30 de conduite + 45 minutes de pause déjeuner + 4h30 de conduite puis minimum 9h de pause nocturne)
- L'infrastructure devra donc recharger les PL avec soit :
- 4h30 d'autonomie en 45 minutes (pause « déjeuner ») : bornes de **750 kW à 1 MW voire au-delà**
  - 4h30 d'autonomie en 8h/9h. (pause « nocturne ») : bornes de **100 kW**
- 
- **Quelle place pour l'ERS ?**



## 2- Focus sur les PL électriques à batterie à recharge statique

Les principaux constructeurs de camions ont sélectionné, pour les années 2020, la technologie électrique à batterie à recharge statique :

**Volvo (Volvo Trucks, Renault Trucks), Daimler Trucks (Mercedes), Traton (MAN, Scania) : camions électriques longue distance à commercialiser d'ici 2024 ;**

**50 à 60% de ventes en BEV en 2030**

- + Recharge lors des arrêts réglementaires : modèle normé MCS pour la recharge > 350 kW
- + Les mêmes entreprises ont créé une coentreprise avec un budget de 500 M€ pour déployer 1 700 chargeurs pour camions dans toute l'Europe : MILENCE
- + H2 pas avant la fin de la décennie 2020, pour certains cas d'utilisation spécifiques



**AFIR (version finale) :**

- + 2025 : 1,4 MW sur 15% du RTE-T core, 2027: 2,8 MW sur 50% du core et 1,4 MW sur 50% du comprehensive, 2030 : une station de 3,6 MW sur le core et une station de 2,8 MW tous les 100 km sur le comprehensive. Chargeurs de 350 kW. Exigences sur nœuds urbains (0,9 MW en 2025 et 1,8 MW en 2030) et PPLS (2 bornes 100 kW par PPLS)

**Besoins estimés par VA, ENEDIS et TotalEnergies :**

- + En 2035, pour 12,5% de PL électriques longue distance, 10 000 bornes nocturnes en France et 2 200 bornes « méga rapides » pour les pauses de 45 minutes

## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (PL) - 2

- La recharge dynamique (**Electric Road Systems**) permet de transmettre l'énergie au PL en roulant, trois technologies sont envisagées :
  - Par caténares
  - Par rails
  - Par induction
  
- La puissance à installer est de **2 MW par km** (*rapport 2021 du MTE sur l'autoroute électrique*)
  
- Par rapport à la recharge statique, ces technologies présentent plusieurs avantages :
  - Limiter la taille des batteries embarquées
  - Supprimer les temps d'immobilisation pour la recharge
  - Répartir les besoins en puissance
  
- Accélérer la décarbonation du transport de marchandises : **Decarbonation as a Service**



**~2 à 13 Mds €** d'investissements pour les PL à partager entre les acteurs sur VA

## 2- Accueillir les véhicules décarbonés (PL)



Axes des réseaux VINCI Autoroutes désignés pour être équipés en ERS en 2030 et 2035 dans le rapport sur l'ERS du ministère des transports

Emplacement potentiel des premières plateformes et couloirs de décarbonation

### Expérimentation à venir : Charge As You Drive :

2 km rail (Elonroad) et 2 km induction (Electreon - Hutchinson) sur tronç commun A10 sens 1, avec Eurovia, le CEREMA, l'Université Gustave Eiffel

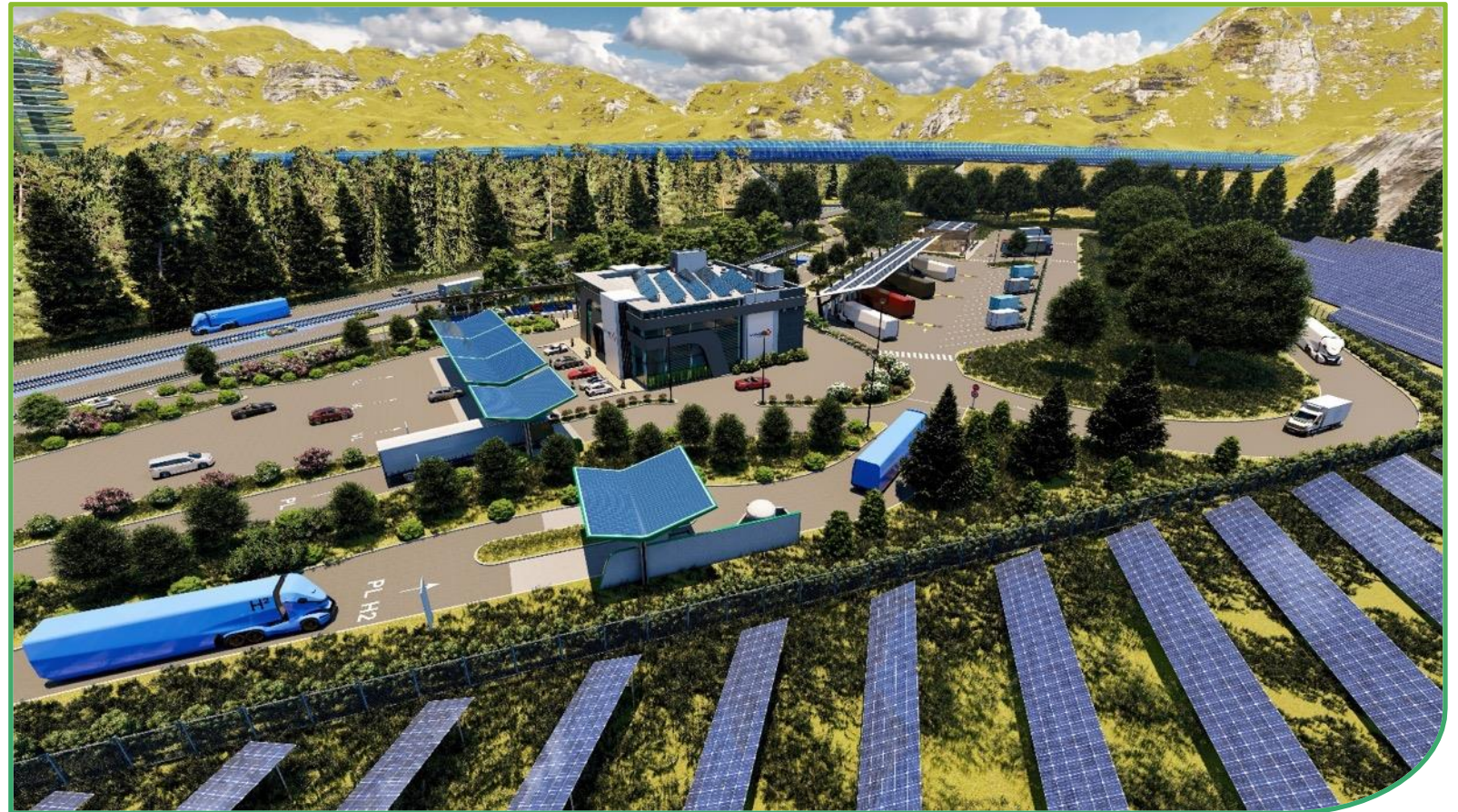
Tests préalables sur piste fermée du CEREMA à Rouen

**Objectif à terme :** déployer ensuite un premier tronçon avec un service commercial, par exemple entre Paris et Orléans

### 3- Faire de l'autoroute un centre de production d'énergie verte

Estimation du potentiel de production : **1 GW** pour  
VA **~1Mds € d'investissements**

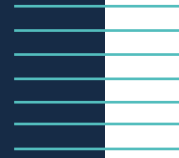
- Délaissés
- Ombrières de parkings
- La production électrique issue de ces installations photovoltaïques correspondrait au besoin de recharge des véhicules électriques circulant sur le réseau autoroutier concédé en 2030
- Développer un écosystème électrique sur l'autoroute : production solaire, stockage, consommation sur les bornes/V2G, smart grids, alimentation d'électrolyseurs...





VINCI  
AUTOMOBILES  
BILAN CARBONE  
20 - 05 - 2050  
0.1 TCO<sub>2</sub>

Merci de  
votre attention



Des questions ?

