



POWER ROAD

de l'innovation à l'action



A quoi sert Power Road ? quelques exemples en France



Power Road : une chaussée thermo active qui permet de

PRODUIRE DE LA CHALEUR

- pour l'habitat
- pour des bâtiments tertiaires

PRODUIRE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

DÉVERGLACER OU DÉNEIGER

CHAUFFER L'EAU DES PISCINES MUNICIPALES



Localisation : Fleury-sur-Orne, Calvados (14) ↻

Les chaussées thermo actives

Reposent sur des technologies maîtrisées



**Des tubes
sous la couche de roulement**



**Un local technique abritant
la pompe à chaleur**



**Un stockage de la chaleur
dans le sous-sol**



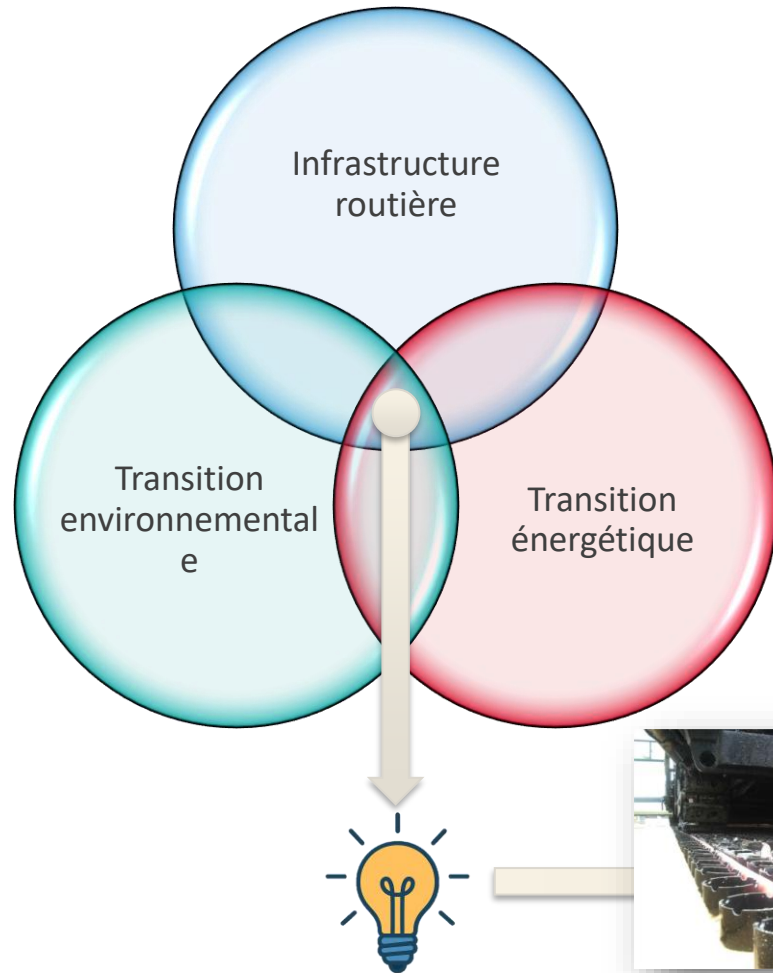
Les chaussées thermo actives

Pas qu'une histoire de technique !

COMMENT EN EST ON ARRIVÉ LÀ ?

- Quels sont les défis techniques
- En quoi un projet de chaussée thermo active est différent ?
- Retour d'expériences : un collectif derrière une solution
- Un bilan sur les premiers chantiers

📍 **Localisation** : Forez Aquatic, Allée du Parc, Feurs (42)

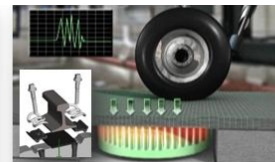


Etat de l'art technologique / type d'énergie compatible avec l'ouvrage route

Thermique



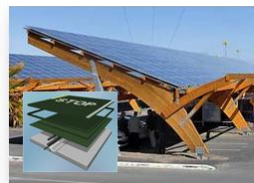
Piézoélectrique



Pneumatique



Solaire



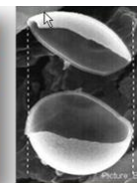
Eolienne



Mécanique



Matériau



Lancement du projet !

**POWER
ROAD**
by Eurovia



Répondre aux enjeux climatiques – en France



- La chaleur représente près de la moitié de la consommation d'énergie en France



- 39% des émissions de CO2 de l'énergie sont imputables à la production de chaud



- Deux tiers de la production de la chaleur est d'origine fossile (gaz naturel et pétrole).



- Objectif pour atteindre la neutralité carbone en 2050 : 38 % de la chaleur d'origine renouvelable en 2030 (SNBC)

Un projet – Des défis technologiques !

2013 – Démonstrateur D0 – Entre avancées et structurations



COMMENT ?

- Concevoir ?
- Construire ?
- Recycler ?

COMBIEN ?

- Quelle énergie capter ?
- Quelle durabilité pour cet ouvrage ?

POURQUOI ?

- Pour quels usages ?



Localisation : Vermot TP, Gilley (25)

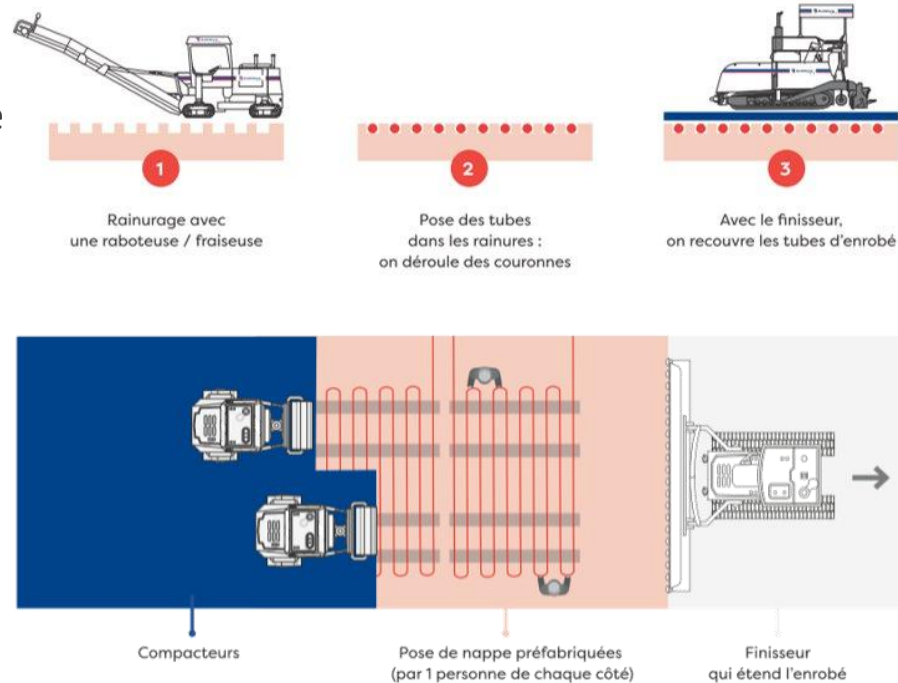
Début de l'accélération

Projet candidat puis Lauréat de l'appel à projet Route du Futur

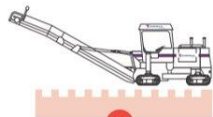


LES PREMIERS VERROUS SONT ADRESSÉS

- 2 méthodes de pose développées et brevetée
- Rainurage | Indentation



Rainurage



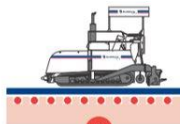
1

Rainurage avec
une raboteuse / fraiseuse



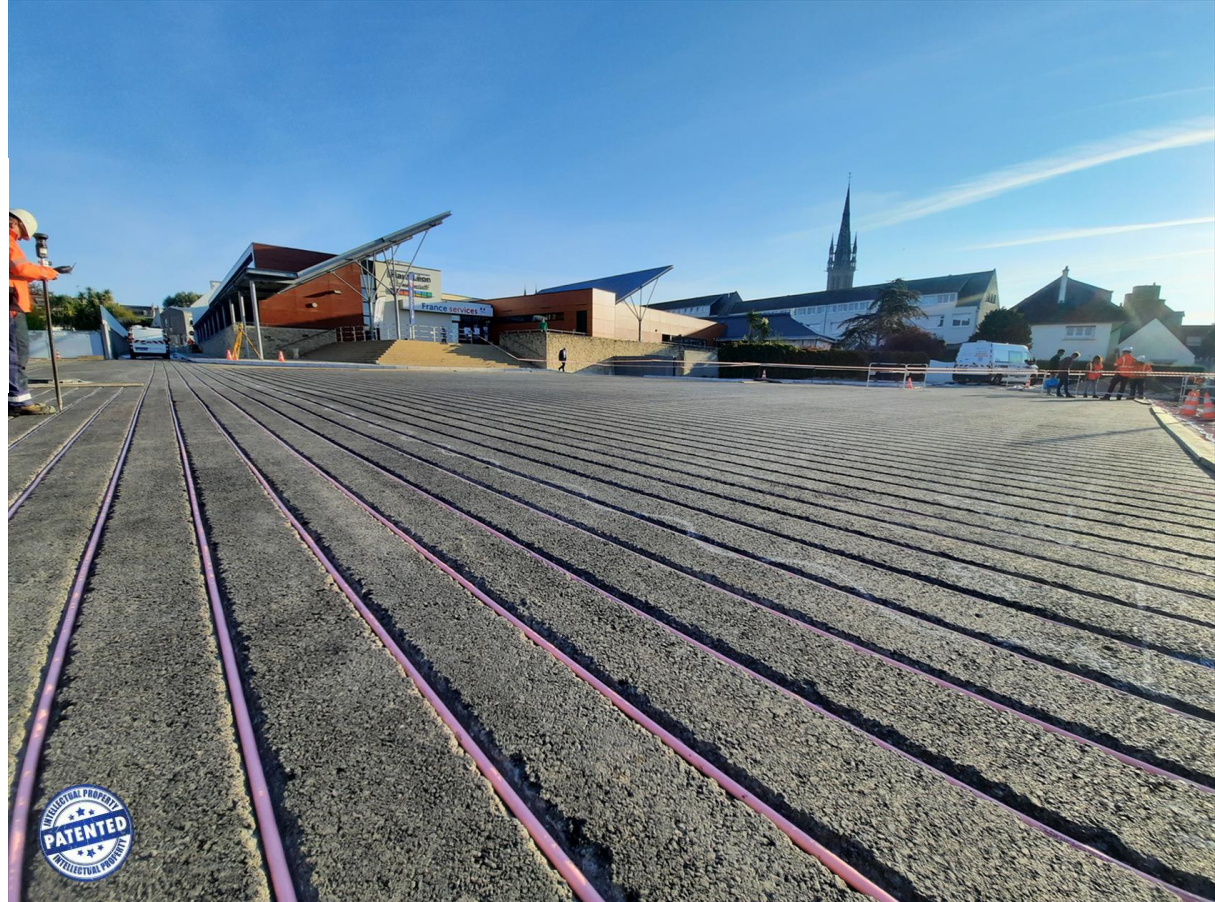
2

Pose des tubes
dans les rainures :
on déroule des couronnes



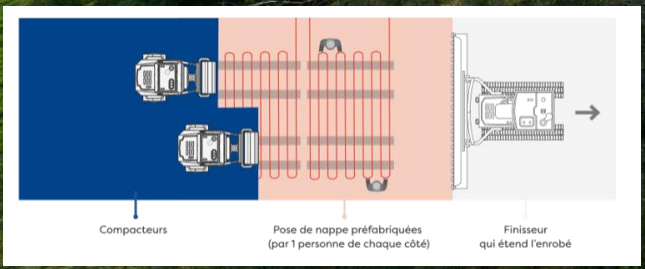
3

Avec le finisseur,
on recouvre les tubes d'enrobé



Localisation : Saint-Pol-de-Léon, Nord-Finistère (29)





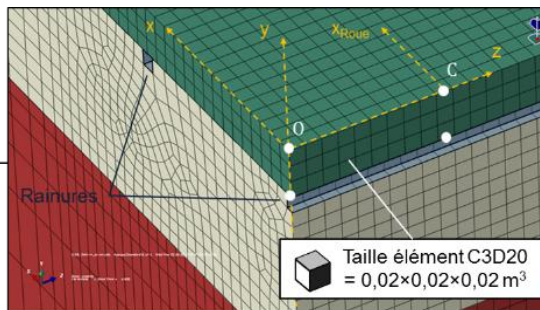
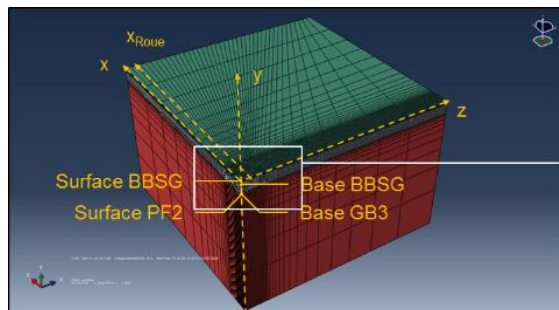
Début de l'accélération

Projet candidat puis Lauréat de l'appel à projet Route du Futur



DURABILITÉ

- [Laboratoire] Pas d'impact sur la tenue à l'orniérage
- [Modélisation] Pas d'impact sur les critères de dimensionnement



Tubes après essais d'orniérage



Capter l'énergie | Valider la durabilité

Premiers chantiers et démonstrateurs



MISE À L'ÉPREUVE DES MÉTHODES DE CONSTRUCTION « INDUSTRIELLES »

→ Chantier pilote : Saint Arnoult

- Mise au point et évaluation des méthodes rainurage et indentation
- Planches d'essai en agence : ajustement des méthodes et formation des équipes
- 500 m² dont 80% équipée  par la méthode d'indentation

→ Chantier pilote : Pontarlier (25)

- Evaluation de la méthode par rainurage
- 3500 m² de chaussée équipée  par rainurage

MISE À L'ÉPREUVE DES MÉTHODES DE CONSTRUCTION « INDUSTRIELLES »

→ Chantier pilote : Saint Arnoult

- Mise au point et évaluation des méthodes rainurage et indentation
- Planches d'essai en agence : ajustement des méthodes et formation des équipes
- 500 m² dont 80% équipée  par la méthode d'indentation

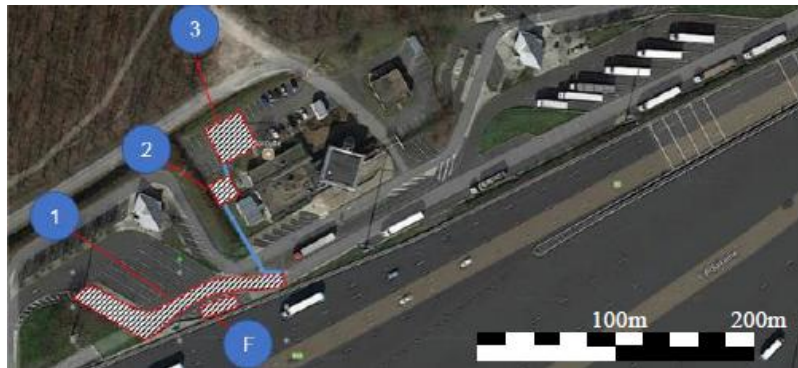
→ Chantier pilote : Pontarlier (25)

- Evaluation de la méthode par rainurage
- 3500 m² de chaussée équipée  par rainurage

Quantifier l'énergie captée | Valider durabilité & constructibilité

2017

Essai de durabilité à échelle 1



Essais de durabilité

Aucune déformation permanente liée à la présence des tubes

Pas de différence de comportement de la structure par rapport à une chaussée conventionnelle

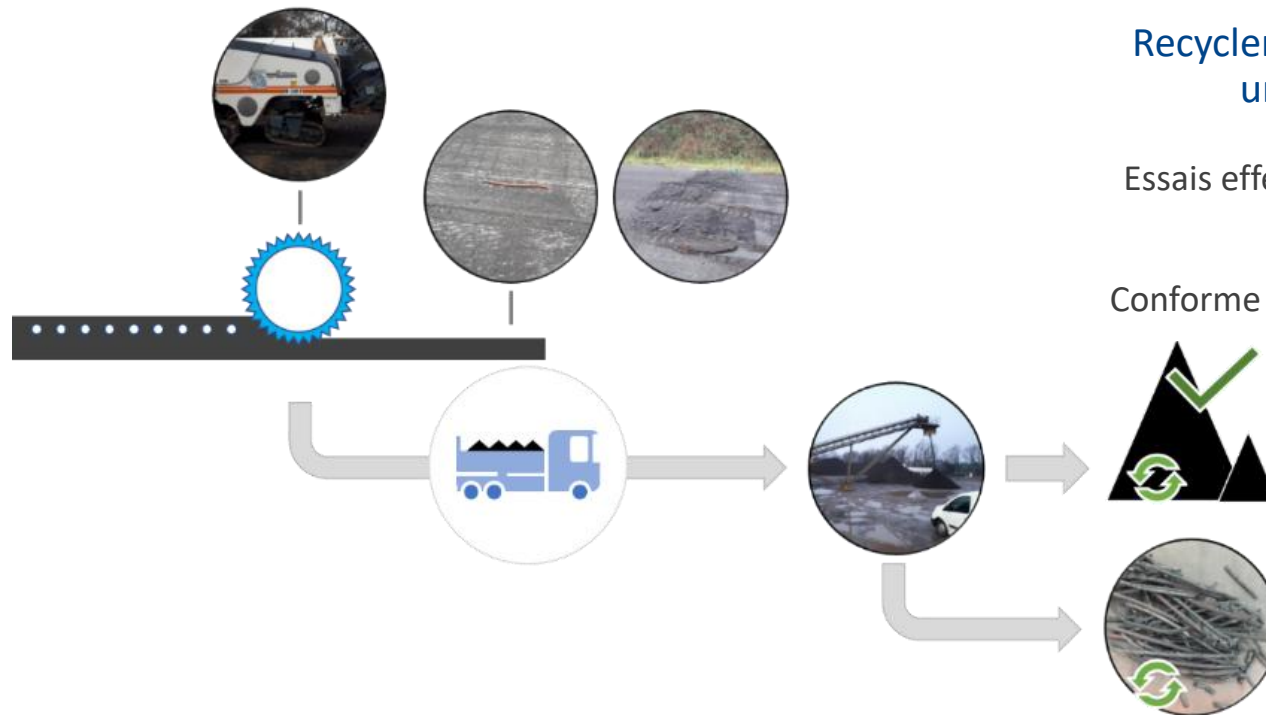


Pouteau, B., Berrada, K., Vergne, S., Nguyen, M.L., Trichet, S., Gouy, T., Hornych, P. **Full Scale Testing of an Energy Harvesting Test Road Integrating Tubes In:** Accelerated Pavement Testing to Transport Infrastructure Innovation, Springer LNCE, vol. 96, 2020, pp. 699–707.

Quantifier l'énergie captée | Valider durabilité & constructibilité

2017

Essai de recyclabilité à échelle 1



Recycler les agrégats d'enrobés pour
une économie circulaire

Essais effectués selon la norme NF EN 933-
11

Conforme au guide BTP et peut être réutilisé
en l'état

Quantifier l'énergie captée | Valider durabilité & constructibilité

2017

Essais de performance énergétique sur échantillon de grande dimension

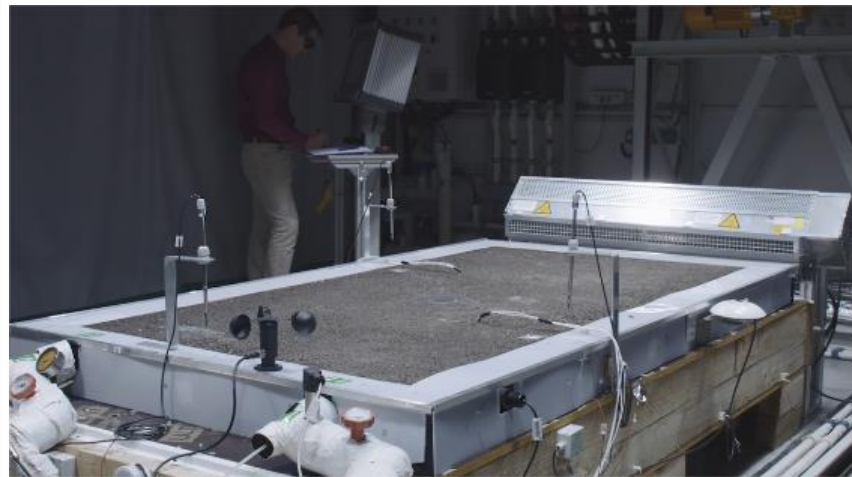
La performance thermique évaluée sur
maquette à l'INES (CEA Tech) sous banc
d'ensoleillement naturel et artificiel

26%
de rendement
énergétique

35%
de rendement
instantané

Campagne n°1 :
régimes fluides
(débit,
température)
stationnaires

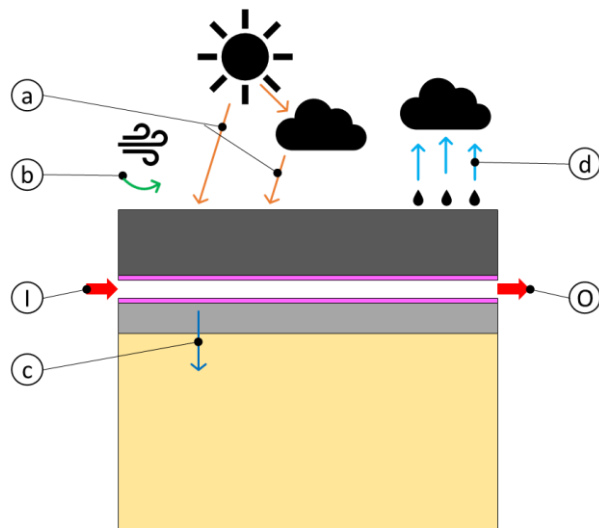
Echantillon : 1 m x 2 m



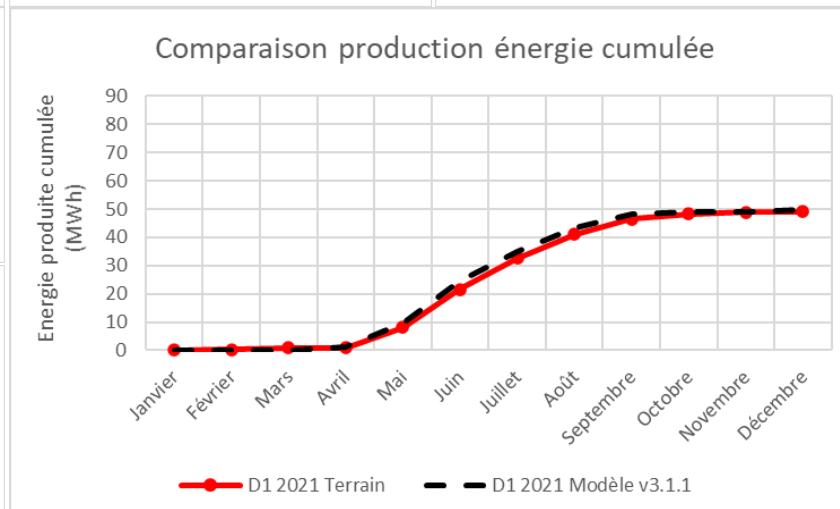
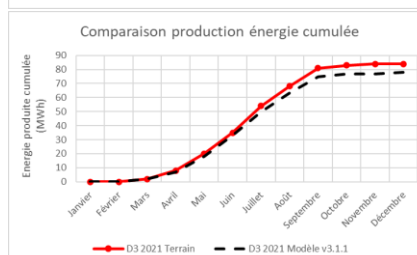
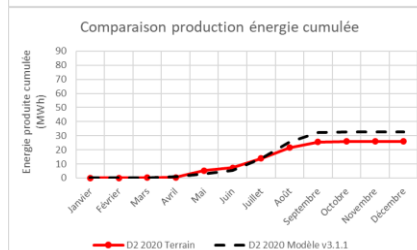
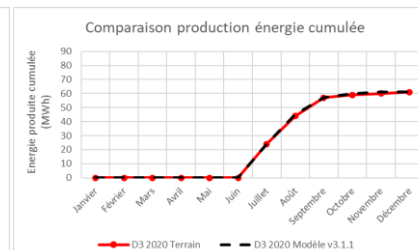
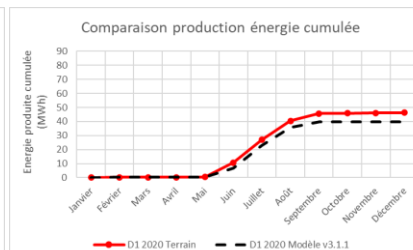
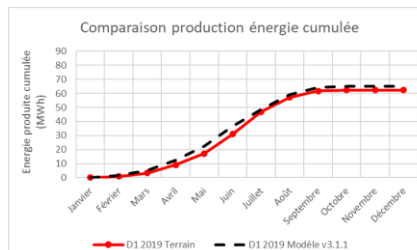
Retour d'expérience positif | Progrès dans le design énergétique

Développement d'un modèle énergétique prédictif et confrontation avec le REX

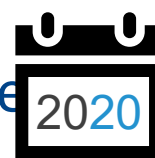
2020



$$\begin{cases} f_1(T_e, T_{out}, \frac{dT_e}{dt}) = k_1 + k_2 \cdot T_e + k_3 \cdot T_e^4 + k_4 \cdot T_{out} + k_5 \cdot \frac{dT_e}{dt} \\ f_2(T_e, T_{out}) = k_6 + k_7 \cdot T_e + k_8 \cdot T_{out} \end{cases}$$



Retour d'expérience positif | Progrès dans le design énergétique

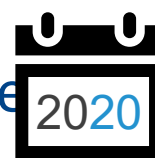


Retour d'expérience chantier après 3 ans

LA TECHNIQUE EST VALIDÉE

- Choix des matériaux
- Dispositions constructives
- Durabilités
- Production d'énergie

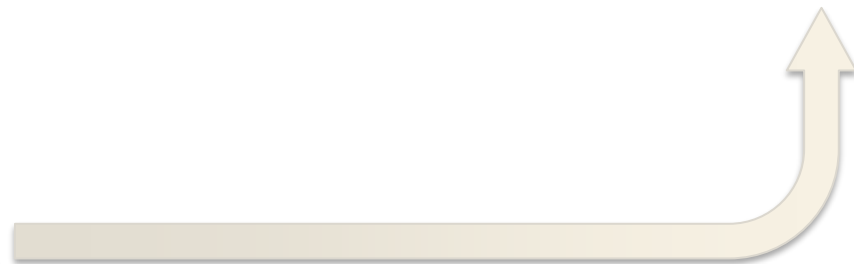
Retour d'expérience positif | Progrès dans le design énergétique



Le marché

RÉALISATIONS

- 4 projets livrés et fonctionnels (3 en France)
- 5 projets en cours de réalisations (3 en France)



FACTEURS LIMITANTS

- La **solution innovante** implique un besoin fort d'accompagnement auprès des parties prenantes
 - Appropriation progressive pour garantir une mise en œuvre cohérente avec les ambitions du projet
 - **Temporalité des chantiers** intégrant un lot énergie non alignée avec celle des chantiers routiers classiques
-
- Contraintes de coordination et de planification spécifiques.

(...)

Une adaptation continue au marché

ECOUTER LE MARCHÉ ET APPORTER DES RÉPONSES TECHNIQUES ÉTAYÉES

- Îlot de chaleur urbain
- Effet de masque : bâtiment végétation / véhicule stationné
- Attentes architecturales : cas des revêtements clair
- Gestion de l'eau : cas des enrobés drainants

RAPPROCHER LES ACTEURS DE L'ÉNERGIE DES CHAUSSÉES THERMOACTIVES

- Développer et diffuser des outils : dll power road – un composant logiciel à intégrer dans les outils de simulations énergétique du bâtiment

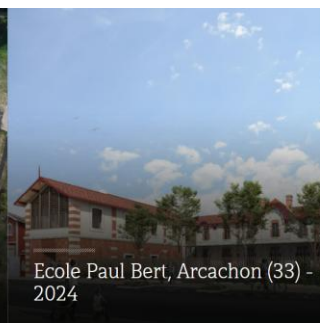


Conclusions

Des réussites - Pas qu'une histoire de technique !



Gymnase Courbiac, Villeneuve-sur-Lot (47) – 2024



Ecole Paul Bert, Arcachon (33) – 2024



Agence EIJ, Les Mureaux (78) – 2024



Piscine Haut-Léon
Communauté, Saint-Pol-de-Léon
(29) – 2023



61 logements, Fleury-sur-Orne
(14) – 2019



Syndicat Départemental
d'Energies de la Manche,
Agneaux (50) – 2023



Centre technique départemental
de l'Hérault, Olonzac (34) – 2019



Parking du siège de la
communauté de communes
Pays d'Uzès, Uzès (30) – 2023



Aire de services VINCI
Autoroutes, Saint-Arnoult-en-
Yvelines (78) – 2018



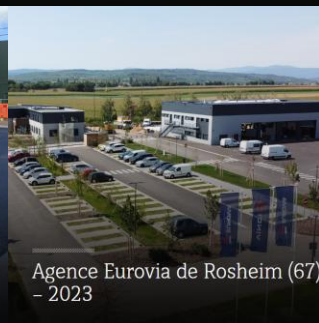
Piscine Forez Aquatic, Feurs (42)
– 2019



Projet pilote RWTH Aachen
University, Aix-la-Chapelle
(Allemagne) – 2023



Central Bedfordshire Council,
Dunstable (Royaume-Uni) –
2020



Agence Eurovia de Rosheim (67)
– 2023



Agence Routière des Pyrénées,
Tarbes (65) – 2022



Centre Technique Municipal,
Andornos-les-Bains (33) – 2024

Conclusions



UNE SOLUTION ÉPROUVÉE

- Aspects « Route » : tout est au « vert » Construction / Durabilité / Recyclabilité
- Aspects « Energie » : la performance est au rendez-vous
 - Un REX > 0
 - Des outils pour la conception

UN MARCHÉ SÉDUIT ... À SON RYTHME

- Un nombre de projets en hausse
- Opportunité de la loi APER : obligation des parkings de plus de 1500 m² d'intégrer une production d'EnR

