

# At the Same Time

At the Same Time, le projet qui décarbone le monde en produisant plus avec presque rien !

Comment ?

- Grâce à une énergie quasi-gratuite :
  - Collectée en préservant les sols,
  - Transformée pour alimenter plusieurs procédés décarbonés.
- Avec des déchets recyclés dans une nouvelle génération de méthaniseurs, qui permet de produire :
  - Deux fois plus de méthane, sans odeur,
  - Des engrais améliorés réduisant les émissions de méthane de 90 % dans l'atmosphère.

Mais ce n'est pas tout : on peut aussi produire des biocarburants et des produits essentiels à la chimie !

En option, un stockage thermique, en synergie avec les plasmas froids, couvre davantage de besoins.

Tout cela grâce à une approche qui maîtrise tous les coûts, At the Same Time.

**effitech** : des **tech**nologies **effi**caces pour décarboner le monde tout en augmentant vos revenus, **AT THE SAME TIME**

# At the Same Time

Pour changer de monde

## Le monde d'hier pour produire :

De l'électricité



De la chimie (engrais...)



Des métaux



Du ciment



Du papier



Les usines fonctionnant aux **énergies fossiles** sont **très polluantes**, nécessitent **d'importantes infrastructures** et opèrent **en continu**. Souvent **délocalisées** (notamment en Chine ou en Inde) et dédiées à des **usages spécifiques**, elles engendrent également une **forte pollution liée au transport** des marchandises ainsi produites.

## Le monde de demain :



## Comment ? Avec **les plasmas froids** !

On remplace l'agitation thermique due à la combustion d'énergies fossiles par la seule accélération des électrons.

Le **milieu** reste **froid**. Cette approche produit les **mêmes effets**, mais avec **moins d'énergie** et **sans émissions de carbone**.

**"At The Same Time"** propose d'intégrer ces **procédés décarbonés** sur des **infrastructures légères**, capables de **fonctionner de manière intermittente** et d'être adaptées aux **besoins locaux**. Ainsi, **tous types de demandes** peuvent être satisfaits. Concernant le **transport**, At The Same Time offre également plusieurs **bio-carburants** permettant des **solutions de transport décarbonées**.

# At the Same Time

Pour produire tout, en même temps, à partir de presque rien !

## Pour produire TOUT

### Produire presque tout:

Electricité, chaleur, H<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH, fertilisants, noir de carbone

### Gaspiller moins :

Conservation alimentaire, emballage, séchage

### Produire plus :

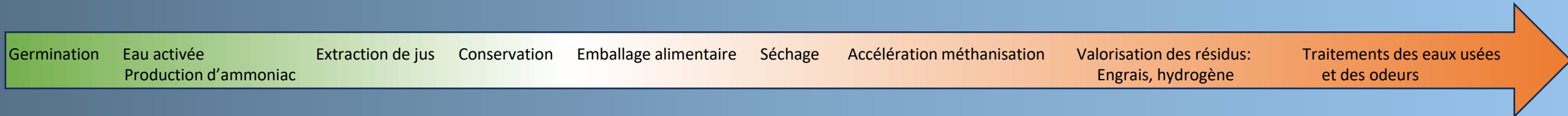
Accélérations : germination des graines, méthanisation

### Polluer moins :

Traitement des eaux usées et des odeurs, décarbonation nette ou négative

## à partir de RIEN :

**RIEN** : De l'air, de l'eau, du soleil, des déchets agricoles



## Et en même temps !:

- **Produire de l'énergie** tout en **préservant les sols** pour l'agriculture et l'élevage
- **Augmenter les revenus** des agriculteurs en **décarbonant** leurs procédés
- **Investir** efficacement dans tous les procédés avec une **base commune unique**
- **Optimiser** chaque procédé tout en **l'industrialisant**
- **Diminuer tous les coûts** (de développement, CAPEX et OPEX )

# Pourquoi le solaire en autoconsommation ?

Pour une énergie quasi-gratuite



## 2,9 €/MWh (\*)

(hors installation)



**3740 € HT**  
**20 kWc**  
Free delivery

## VS



## 420 t

de CO2 en plus (\*)

## 95 fois

plus cher (\*)

Investissement conversion  
thermique/électrique à prévoir en sus

## VS



## 60 fois

plus cher (\*)

Coût de raccordement à prévoir en sus

\* : base: 1000 h d'éclairement/an.

10 kWh thermique/litre pour le mazout

4 kWh électrique/litre ( $\eta = 40\%$ )

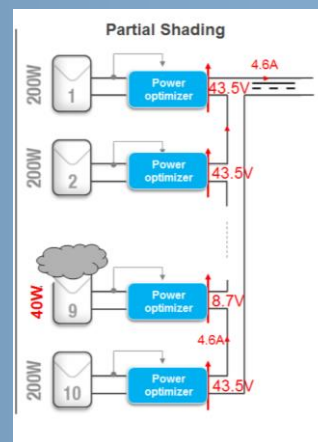
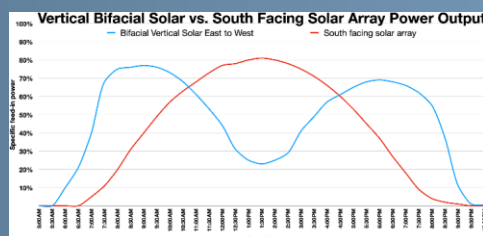
prime 100 € /kWc jusqu'à 100 kWc

1100 €/m3 pour le mazout

Raccordement réseau : prix spot sur le marché de gros : 173 €/MWh (hors coût raccordement)

# Passage à 1 kW DC

Pour collecter l'énergie du soleil tout en préservant les sols pour l'agriculture et l'élevage



## Montage en vertical des panneaux:

- Empreinte au sol négligeable: **Permet agriculture et élevage**
- Orientés est/ouest : **plage horaire journalière étendue**
- Résilient par rapport à la grêle et à la neige
- **Installation aisée** ~ pose de clôture
- **Travaux à réaliser**
  - Etude de l'installation électrique
  - Etude de l'installation mécanique (Kits et procédure d'installation)
  - Formation RGE à prévoir
  - Formalité: Dossier de déclaration préalable et contrôle de conformité (Consuel)
  - Déploiement:
    - Kit d'installation livré en container
    - Montage: Sous-traitance à des artisans locaux
    - Connexion électrique/Recette : EFFITECH

## Mise en série :

- Jusqu'à 1500 V à vide
- Puissance maximale (13,8 kWc) à 1000 V avec 24 panneaux
- Longueur linéaire des 24 panneaux ~ 40 m
- Pertes joule réduite par la mise en série
- **Pour 200 kWc** il faudrait ~ 14 rangées
- Si 4 m entre chaque rangée → 52 m
- Soit à peine **0,2 ha** et **182 piquets** à planter !

## Avantages de l'autoconsommation

- Formalités, coût et délais associés supprimés ou fortement réduits
- **Plus besoin d'un convertisseur AC/DC**
- Pas de contrainte de réjection réseau
- **Plus sûr** : pas d'énergie stockée
- Compatible des procédés plasma

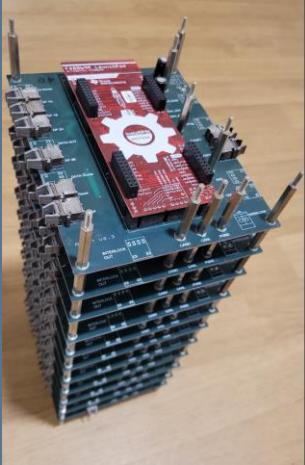


# Passage 1 kV DC $\rightarrow$ 10 kV DC (@ 200 kW)

Nous disposons des briques et du savoir-faire pour y parvenir à moindre coût. Deux voies possibles : le boost ou le LLC

## Technologies communes aux deux convertisseurs

### Commande/contrôle



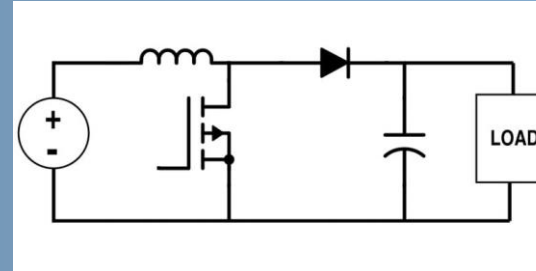
- Jusqu'à 16 modules empilables synchronisés
- Contrôle complet de 4 commutateurs par module (par pas de 10 ns)
- Acquisition de données 16 bits, 1MHz
- Liaison par fibre optique
- Interlock et information de défauts

### Inductance/transformateurs



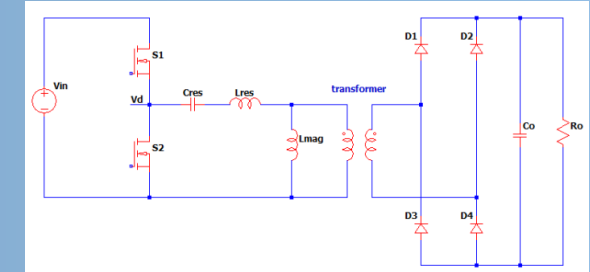
- Toroïdal, sans noyau
- 2 brevets
- Jusqu'à 320 kW
- Rendement > 99%

## Convertisseur Boost



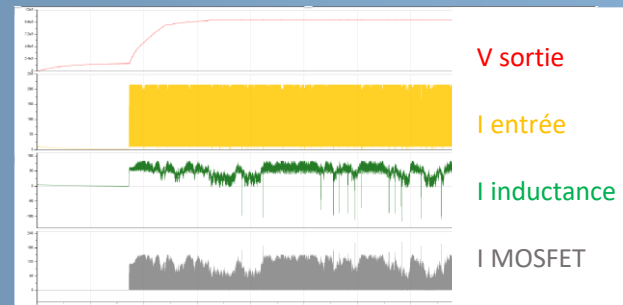
Simple  
Non isolé  
Pertes par commutation  
Coût réduit

## Convertisseur LLC

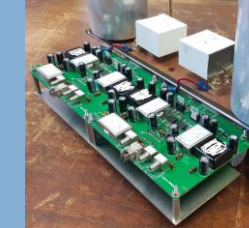


Plus complexe  
Isolé (transformateur 1:10)  
Pas de perte en commutation  
Coût plus élevé

## Commutateur 10 kV - 1 MW crête -300 kW moyenne

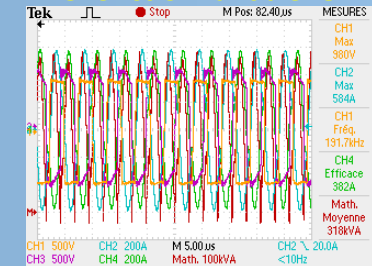


## Pont Semi-conducteur 320 kW



- 4 MOSFET 1200V 300 A
- Driver isolé par fibre optique
- Commande via liaison optique
- Fonctionnement jusqu'à 200 kHz
- Refroidissement par eau intégré

## LLC fonctionnant à 318 kW

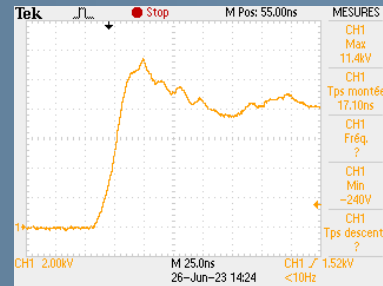


# Passage 10 kV DC → 10 kV pulsés

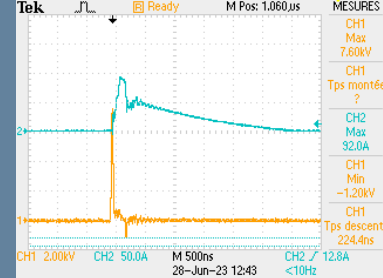
Déjà en TRL 7 avec nos 20 ans de savoir faire dans les générateurs pour plasmas froids



10kV, front 17 ns



Mise en sécurité automatique sur CC



## Points Clés :

 **Modulaire** : Maintenance facile, adaptation rapide

## ⚡ Très forte puissance

- Puissance crête : 1 MW (10 kV, 100 A)
- Puissance interne : jusqu'à 4 kW dissipés
- Puissance sur charge : Dizaines de kW

## Architecture optimisée

- MOSFET en série (fiable, bas coût)
- Mode bipolaire pour décharges symétriques
- Fronts raides pour meilleurs plasmas
- Faible impédance pour transfert d'énergie optimal

## Refroidissement & protections

- Refroidissement par air
- Protections: thermique et courant max

## Contrôle

- Contrôle local : PC intégré
- Contrôle distant : MODBUS

## Flexibilité

- Paramètres réglables : Tension, courant moyen, courant crête, fréquence de répétition (jusqu'à 200 kHz), durée d'impulsion : 100 ns à continu.

## Adaptabilité

- Compatible avec charges capacitatives, inductives, résistives

# Les réacteurs pour plasmas froids

Tous peuvent être mis en parallèle et alimentés avec un seul de nos générateurs

## Décharge à Barrière Diélectrique (DBD) 📄

- Traitement très homogène possible sous certaines conditions
- Excellent contrôle de la décharge grâce au diélectrique

## Décharge Corona ⚡

- Permet de plus grandes distances inter-électrodes
- Plasma localisé dans des zones d'arborescence
- Traitement moins homogène que la DBD

## Arc Glissant (Glidarc) 🔥

- Température du gaz entre 1000K et 5000K
- Combine effets plasma et thermiques
- Décharge soufflée par le gaz à traiter
- A fort niveau, contrôle précis nécessaire pour éviter le régime d'arc
- Champ électrique plus faible que la DBD

## Compatibilité totale avec nos générateurs pulsés

**Fronts raides (~20 ns)** pour produire des électrons énergétiques

**Fort courant (100 A)** pour les produire en grande quantité

**Durée d'impulsion (100 ns → DC)** pour ajuster l'énergie injectée

**Cadence de répétition (jusqu'à 200 kHz)** ajustable en fonction des besoins

**Basse impédance** pour transférer l'essentiel de la puissance sur la charge

**Protégé contre les courts-circuits** pour assurer la fiabilité en toute circonstance

**Pilotage local et distant** pour l'intégration dans une chaîne globale

**Bien refroidi** : jusqu'à 4 kW évacués par un refroidissement par air

**Bipolaire** s'il faut symétriser les décharges ou doubler la tension (DBD)



DBD avec injection de gaz



Trois DBD en parallèle



Deux arcs glissants en parallèle



Plasma froid 3D confiné dans un tube

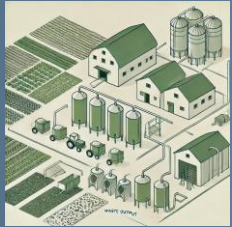
**Impression 3D céramique pour passer facilement d'une idée de géométrie à des réalisations industrielles**



# Le méthaniseur 2.0

Il produit plus, tout en étant respectueux de l'environnement

Les déchets agricoles



sont prédigérés,



puis transformés en  
méthane et CO2



Le CO2 est transformé en  
méthane, méthanol ou  
syngas



Séparation et injection dans les  
réseaux gaz (biogaz, CO2, H2)



Le méthane est  
transformé en  
hydrogène



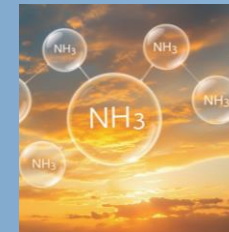
Les digestats sont  
traités



Pour supprimer les  
mauvaises odeurs



Pour créer de  
meilleurs fertilisants



Pour moins émettre  
d'ammoniac dans  
l'atmosphère



# Prétraitement des déchets agricoles

Pour produire plus, plus vite

**Principe :** ⚡ L'électroporation utilise des champs électriques intenses pour perturber les membranes cellulaires et favoriser la digestion anaérobie des déchets agricoles. 🌱

## 🚀 Augmentation de la production de méthane :

- L'électroporation facilite la dégradation des structures complexes (comme la lignocellulose), rendant les substrats plus accessibles aux microorganismes.

## 🕒 Réduction des délais de digestion :

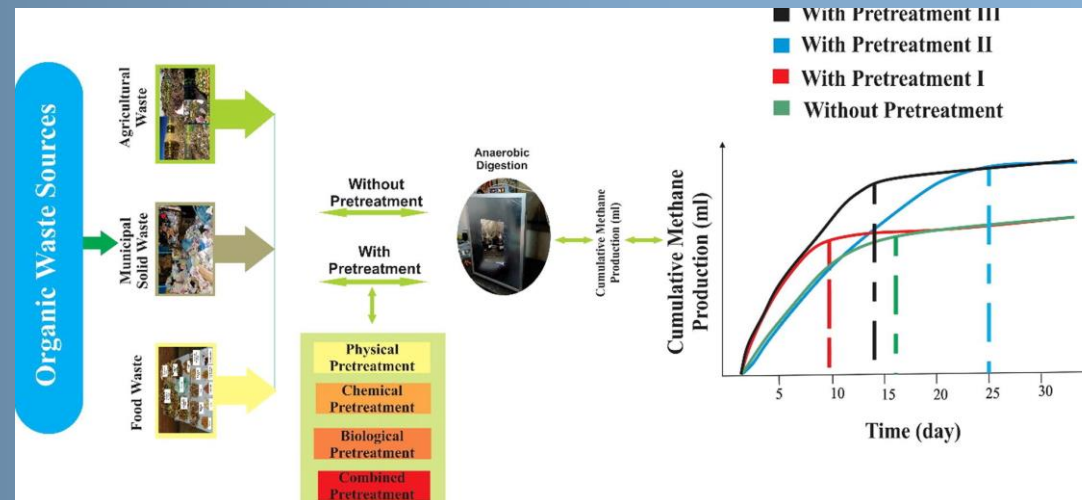
- En accélérant les étapes d'hydrolyse et d'acidogenèse, l'électroporation réduit le temps de rétention hydraulique (HRT) dans les digesteurs.

## Etat de l'art

- Sur boues activées :
  - 34 kWh·m<sup>-3</sup> → +33% de biogaz
- Sur du lisier de porc :
  - 10,5 kWh·m<sup>-3</sup> → + 100% de biogaz
- Sur biomasse algale :
  - 35 kWh·m<sup>-3</sup> → +110% du potentiel méthanogène.

**Production**

**\* 2 !**



# Traitement des digestats

Pour produire de meilleurs engrais, se débarrasser des odeurs et moins polluer



## ⚡ Principe

- 💧 **Le lisier/digestat est pompé dans l'unité de traitement**
- 💡 **L'air ambiant est utilisé** : L'air est dirigé dans un arc électrique ⚡, qui casse les molécules d'air pour produire l'oxyde d'azote (NO).
- 🔄 **Mélange du gaz et du lisier** : Ce gaz est mélangé au lisier dans l'unité.
- 🧪 **Transformation chimique** :
  - Le gaz (NO) est absorbé dans le lisier liquide. Cela stabilise l'azote et empêche la perte d'ammoniac dans l'atmosphère.
  - L'azote est transformé en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) qui est un fertilisant.
- 🔑 **Acidification** : Le processus rend le lisier légèrement acide (pH 5-6 au lieu de 7-8), ce qui favorise la formation d'ammonium (NH<sub>4</sub>) au lieu d'ammoniac (NH<sub>3</sub>).
- 🌱 **Azote disponible pour les plantes** :

Le lisier contient maintenant trois formes d'azote utiles : nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et ammonium (NH<sub>4</sub>). Ces formes nourrissent les microbes du sol et les cultures à différents moments.
- 🌍 **Résultat** : Le lisier devient un engrais plus efficace, avec moins de pertes d'ammoniac dans l'air (moins de pollution) et plus de nutriments pour les plantes. 🌱

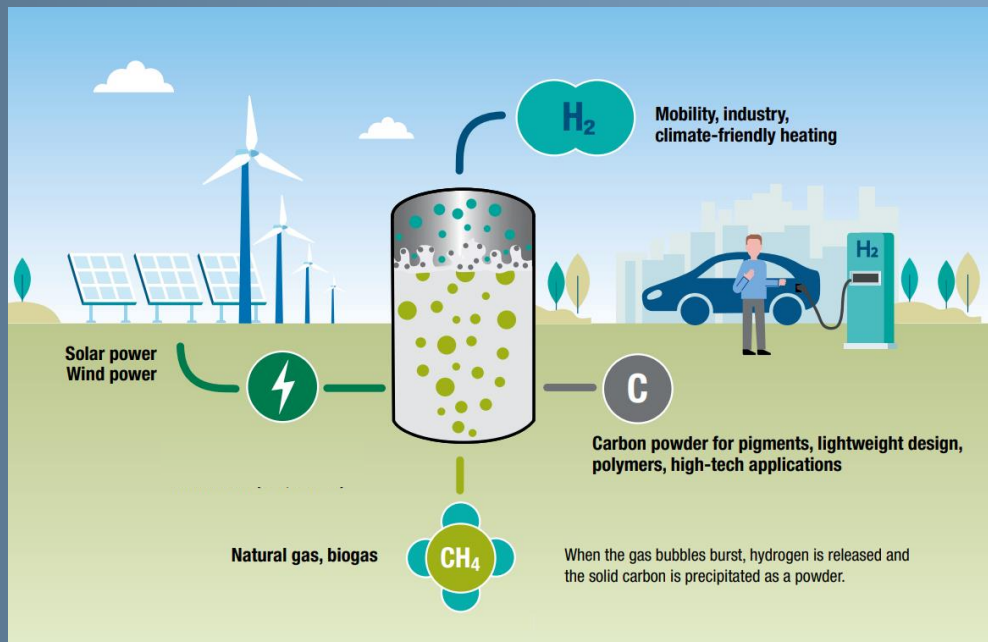
## 📊 Résultats obtenus (ferme de George Bingham)

- 🌱 Grâce au digestat traité, **les cultures poussent mieux et produisent plus**
- 🌱 ✨ **Les performances sont comparables**, voire supérieures, à celles des engrais chimiques: Une meilleure efficacité de l'azote permet de **réduire les doses nécessaires**.
- 📦 **Bénéfices environnementaux** :
  - **Réduction des émissions d'ammoniac jusqu'à 90 %**, limitant la pollution de l'air.
  - **Moins d'odeurs désagréables** lors du stockage et de l'épandage.
  - **Réduction de l'empreinte carbone** grâce à une moindre dépendance aux engrais chimiques.
- 💰 **Impacts économiques** :
  - **Réduction des coûts** liés à l'achat d'engrais chimiques.
  - **Production** d'un engrais liquide de haute qualité directement **sur place**.
- Conclusion** : La technologie plasma améliore la valorisation des déchets organiques, augmente les rendements, réduit les impacts environnementaux et offre une alternative économique aux engrais chimiques. 🌱

# Hydrogène à partir du méthane

Pour produire et vendre un carburant décarboné très rentable

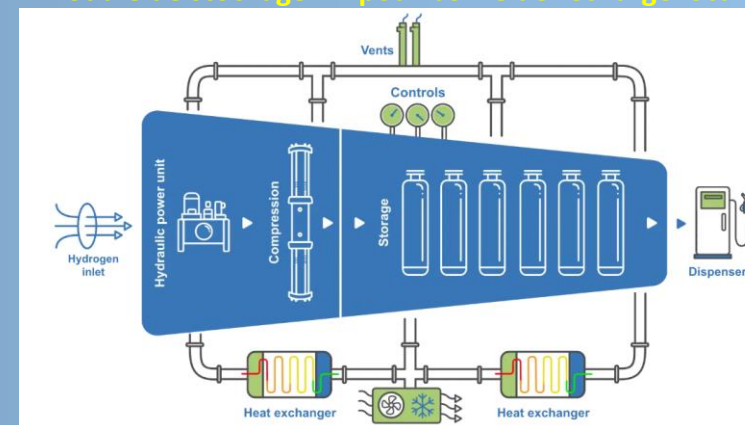
La pyrolyse du méthane décompose le  $\text{CH}_4$  en hydrogène ( $\text{H}_2$ ) et carbone solide, sans émission directe de  $\text{CO}_2$ .



L'hydrogène est un carburant:

- A forte densité massique
- Qui brûle sans émission de  $\text{CO}_2$

Module de stockage  $\text{H}_2$  pour borne de recharge locale



## Valorisation sur place

- Coût pour 1 kg d' $\text{H}_2$  : 5 €/kg
    - Electricité → 1 € (@ 10 kWh/kg , 0,1 €/kWh)
    - Méthane → 4 € (@1 €/kg)
  - **prix moyen à la pompe : 15 €/kg**
  - **Bénéfice annuel** avec 200 MWh électrique
    - 20 tonnes  $\text{H}_2$  produites
    - 20 000 kg \* (15 € - 5 €) = **200 k€**
- (hors valorisation noir de carbone)



# Du bio-méthanol à partir du biogaz

Un produit utile pour la chimie et facilement stockable



## Reformage



## Conversion en méthanol



## Cas idéal:



- Ce ratio  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  plus élevé que celui habituellement observé en sortie de méthaniseur (mais la prédigestion des déchets devrait améliorer le ratio)

## Production par plasma froid de bio-méthanol :

- Energo a levé **16,5 millions d'€** en 2024 pour la mise en œuvre de cette technologie. A priori sa technologie n'est pas la plus performante (réacteur DBD alimenté par un générateur sinus)
- Son objectif de prix : **60 €/MWh** , soit 330 € la tonne
- Sur la base de (\*) on pourrait produire 200 tonnes de méthanol pour 20 k€, soit 100 €/tonne avec du méthane produit localement
- Le prix du marché est de l'ordre de **500 € la tonne**, soit un **ROI de 80 k€ annuel**

(\*) Base:

- Installation de 200 kWc
- 1000 h d'ensoleillement annuel
- 100 €/ MWh
- $\Delta H$  réaction (1) = 58,24 kJ/mol ou 506 Wh/kg
- Rendement du réacteur plasma froid pour la mise en œuvre de la réaction (1) : 50%

## Pilote Energo



# Fixation de l'azote

Pour fertiliser les cultures et fournir un carburant décarboné

## Une production traditionnelle très polluante



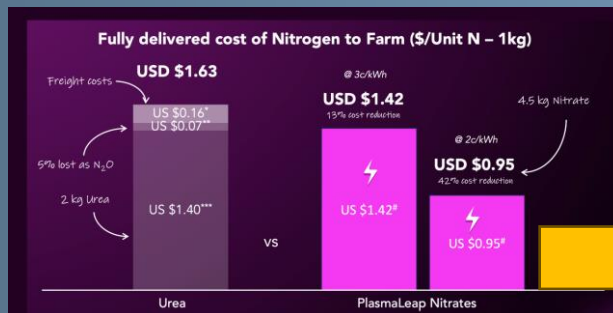
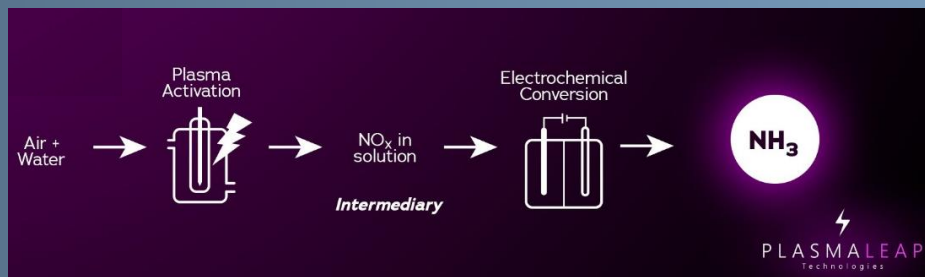
Ammonia synthesis is the biggest chemical contributor to global carbon emissions

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>157m tons of Ammonia</b><br>Produced annually | <b>451m tons of CO<sub>2</sub></b><br>Emitted annually | <b>1.9% of Global CO<sub>2</sub> Emissions</b> |
|--|--|--|

## Un carburant facilement stockable

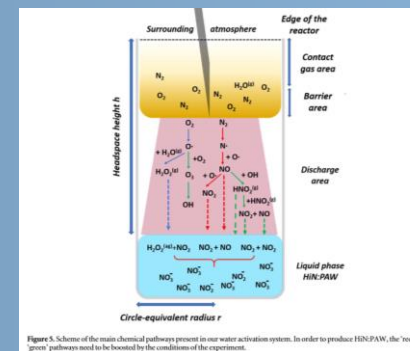


## Notre vision d'une production décarbonée et bas coût

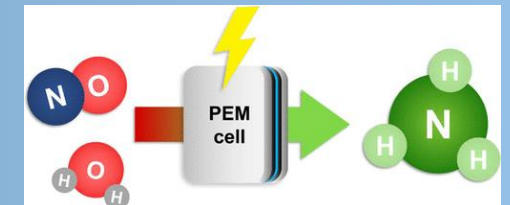


Notre objectif:  
1c/kWh

## Eau activée par plasma pour fertiliser mieux



## Transformé en ammoniac pour la mobilité



## Transformé en hydrogène par cracking et avec Materia Nova

# Nos 3 priorités : le coût, le coût, le coût !

## Pour un transition énergétique soutenable



### Minimiser le coût jusqu'à la mise sur le marché

Bien choisir ses priorités:

- Partenariats avec GRTGaz et l'écosystème

Bien choisir ses technologies:

- Bas coût, matures, fiables, rustiques, modulaires, maîtrisées

Bien choisir ses partenaires:

- Laboratoires de recherche
- Partenaires ingénierie
- Partenaires déploiement
- Partenaires financiers & utilisateurs finaux

Bien encadré les thèses pour aboutir à un TRL 7 :

- Mise à disposition d'un générateur EFFITECH pour chaque thèse (pour étude paramétrique, compatible tout type de réacteur, compatible pilote 200 kW)
- Soutien aux doctorants pour plus de productivité et pour l'industrialisation (impression 3D, jumeau numérique, CAO 3D, IA)
- Un pilote fort niveau en tronc commun disponible pour essais fin de thèse

### Pour un CAPEX minimal

Conception à coût objectif :

- 100 €/MWh pour la chaîne de puissance pulsée
- Maximiser le tronc commun
- Technologies rustiques pour un amortissement sur des temps longs

Fonctionnement en autoconsommation et en multiprocédé

Recherche de subventions pour les procédés décarbonés

Architecture modulaire pour une adaptation simplifiée

Automatisation de la fabrication série

- Impression 3D céramique des réacteurs
- Possibilité de mise en parallèle des réacteurs

Déploiement en container

- Simplifie la phase de fabrication
- Pas de permis de construire
- Réduit les contraintes d'installation

### Pour un OPEX minimal

Partenariat via licence

Automatiser la mise en œuvre

Minimiser la maintenance

- Technologies rustiques
- Retour d'expérience positif (nos générateurs: 15 ans sans panne )

Valorisation des déchets

Optimiser les ressources

- Stockage thermique
- Jumeaux numériques
- Veille sur les thermophotovoltaic panels

# Pourquoi le stockage thermique en option ?

Un stockage bon marché complémentaire des plasmas froids



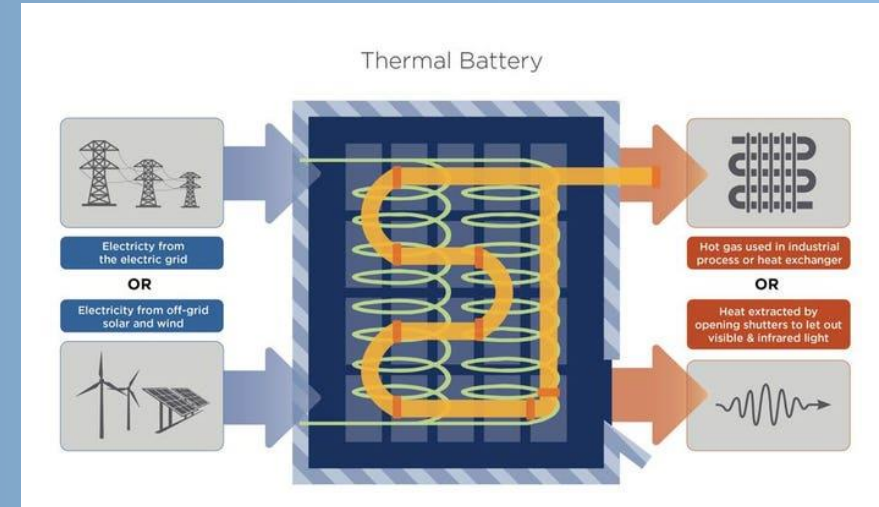
## Principe:

Chauffage du sable \* à 500-1000°C avec excédent d'électricité renouvelable pour stockage thermique.

## Avantages Clés :

- Permet le stockage de l'énergie solaire
  - Efficacité jusqu'à 95 %
  - Modulaire
  - Stockage long terme (plusieurs mois)
- Technologie mature, rustique, décarbonée
  - A base de sable (30 €/tonne)
- Très faibles CAPEX, OPEX
  - Coût objectif: 10 k€/MWh (vs 135 k€/MWh pour lithium-ion)
  - Amortissable sur 10 ans
  - Durée de vie de plusieurs décennies
- Couvre les besoins thermiques non couverts par les plasmas froids
  - 25% des besoins en énergie dans le domaine agricole sont thermiques
- Permet d'optimiser ou de compléter les procédés plasmas froids
  - Production d'éthanol à partir de syngas @300°C, 20 bars
- En potentiel : conversion thermique → électrique par panneau photovoltaïque thermique (TPV)
  - Conversion efficace de la chaleur stockée
  - Faible maintenance : pas de composants chimiques complexes ou de cycles de charge/décharge sensibles, ce qui réduit les besoins en entretien

(\*) Une alternative au sable est de valoriser le noir de carbone produit par la plasmalysation du méthane



## Exemples de solution clef en main

Besoins énergétiques quotidiens :

- Chauffage : 15 kWh/jour
- Électricité : 10 kWh/jour

50 €/MWh si amortie sur 30 ans

Li-Ion : 350 000 USD/MWh

Énergie nécessaire pour 4 jours sans soleil :

- Chauffage : 60 kWh
- Électricité (rendement 40%) : 100 kWh



200 kWh 12 500 € HT

230 fois plus cher



20 MWh 30 000 USD  
(installation incluse)