



Rencontre de
l'innovation de l'ATEE
Grand Ouest :
 boostez votre
avenir énergétique

12 juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



Merci

au Showroom Smile

pour son accueil



Notre programme:

9h30

L'innovation

Didier MARTINENT | Directeur stratégie Innovation, Dalkia

10h00

4 innovations pour boostez votre avenir énergétique :

Skycooling : Réinventer la Production de froid décarbonée

Soukaina ES SAIDI, Ingénieur Recherche, LAB NANOTECHS & CAPTEURS -
ENGIE Recherche et Innovation

La **chaudière à oxycombustion** bas carbone **Ch0C**

David LE NOC, Responsable du pôle Marketing Produits, GRDF

Transpac : Machine trans-critique PAC à Très Hte Température

Marion PIERROT, Cheffe de projets Décarbonation de l'Industrie, Dalkia France

Equium : pompe à chaleur acoustique

Philippe LOYER Product Marketing Manager, Equium

Mercredi 12 juin 2024

12 juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



L'ATEE Grand Ouest

Olivier BARRAULT

Président ATEE Grand Ouest





- **2 400 adhérents**
- **11 délégations régionales** : un réseau de professionnels de l'énergie mobilisé au service de ses adhérents (*industriels et collectivités*) pour les informer des actualités du secteur et favoriser les échanges entre acteurs locaux (+ de 50 évènements par an).
- **7 domaines d'expertise répartis en 2 pôles** :



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- Département **Maîtrise de l'Énergie** qui anime une **Communauté des Référents Energie**
- Club **C2E** (Certificats d'Economies d'Énergie)
- Club **Cogénération**
- 4 programmes nationaux :
PROREFEI – PRO-SME_n – OSCAR – FEEBAT



ENERGIES RENOUVELABLES

- Club **Biogaz**
- Club **Stockage d'Énergies**
- Club **Power-to-gas**
- Club **Pyrogazéification**



Energie Plus : la revue de la maîtrise de l'énergie

12 Juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



Innovation : Action !

Didier MARTINENT
Directeur de projets
Stratégiques Dalkia



12 juin 2024

Innovation : Action !

Didier Martinent
Directeur de projets stratégiques
Dalkia, Groupe EDF

Ensemble, relevons le défi
climatique

Dalkia, partenaire de Paris
2024



PARTENAIRE
PARALYMPIQUE ET OLYMPIQUE



[DECouvrez NOTRE ACTION](#)

Des solutions sur mesure selon votre activité

Collectivités – Habitat – Industrie – Santé – Tertiaire



Sommaire

Pourquoi?

Comment?

Quoi?

Les devises Shadok

Pourquoi ?



IL VAUT MIEUX POMPER MÊME S'IL NE SE PASSE
RIEN QUE RISQUER QU'IL SE PASSE QUELQUE CHOSE
DE PIRE EN NE POMPANT PAS.

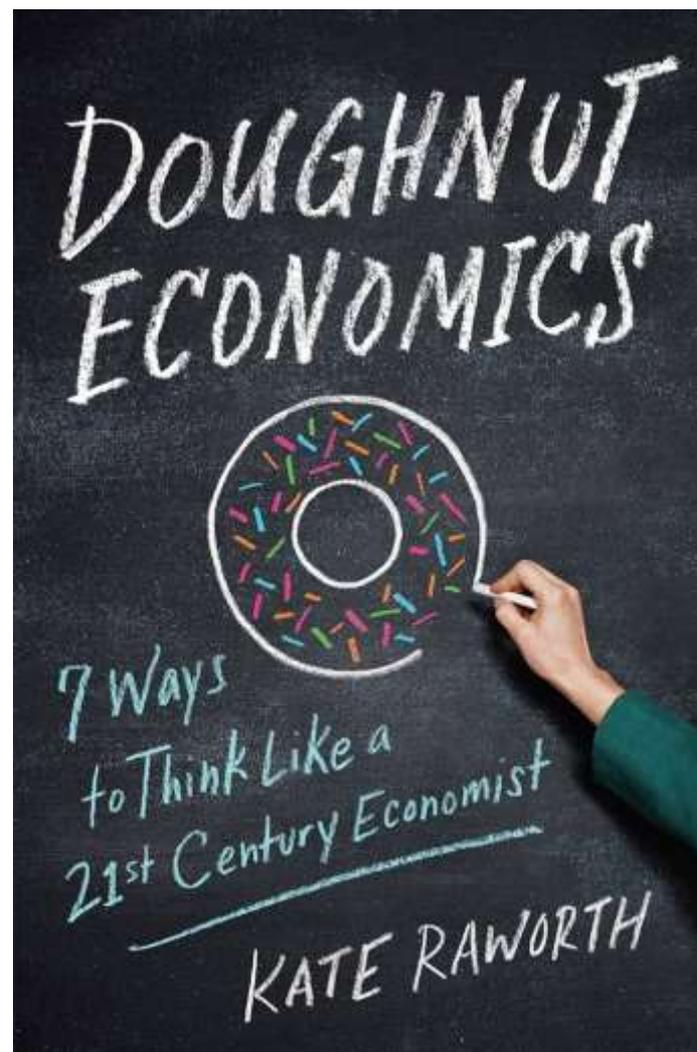
FRANCK AGGERI

L'INNOVATION

**MAIS POUR
QUOI FAIRE ?**

ESSAI SUR UN MYTHE ÉCONOMIQUE,
SOCIAL ET MANAGÉRIAL

SEUIL





**Fashion is none
of our business.**

Construire un avenir énergétique neutre en CO₂, conciliant préservation de la planète, bien-être et développement, grâce à l'électricité et à des solutions et services innovants, **c'est la raison d'être du groupe EDF.**

FORT EN
IMPACT
FAIBLE EN
EMPREINTE

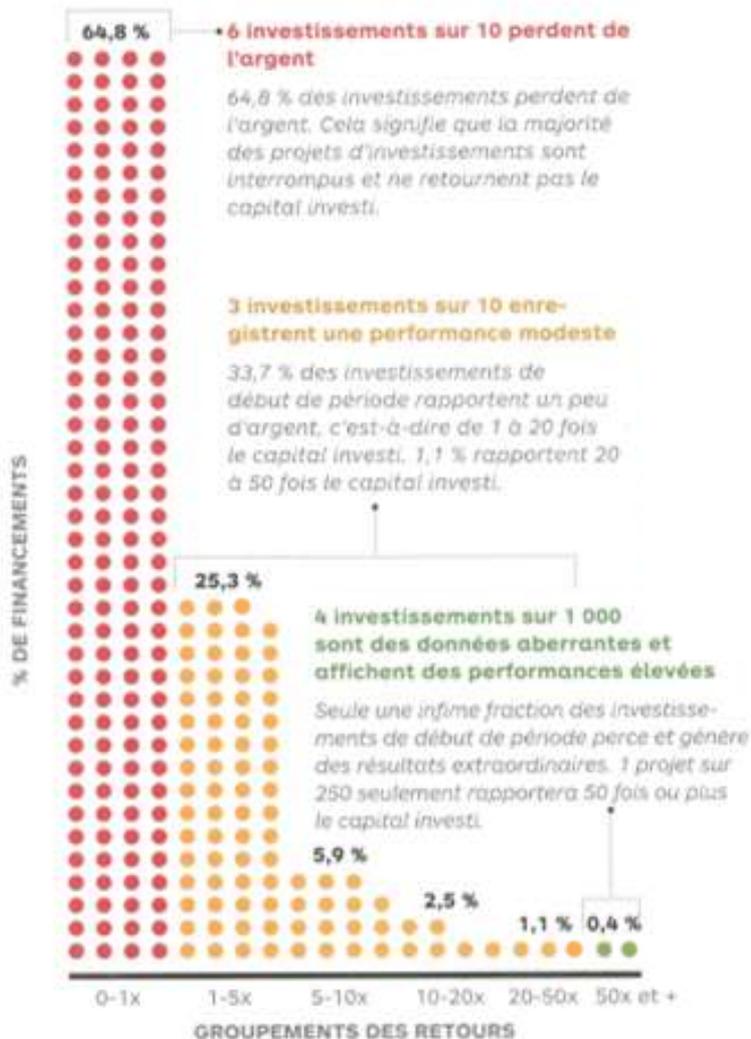


LES MÉTIERS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

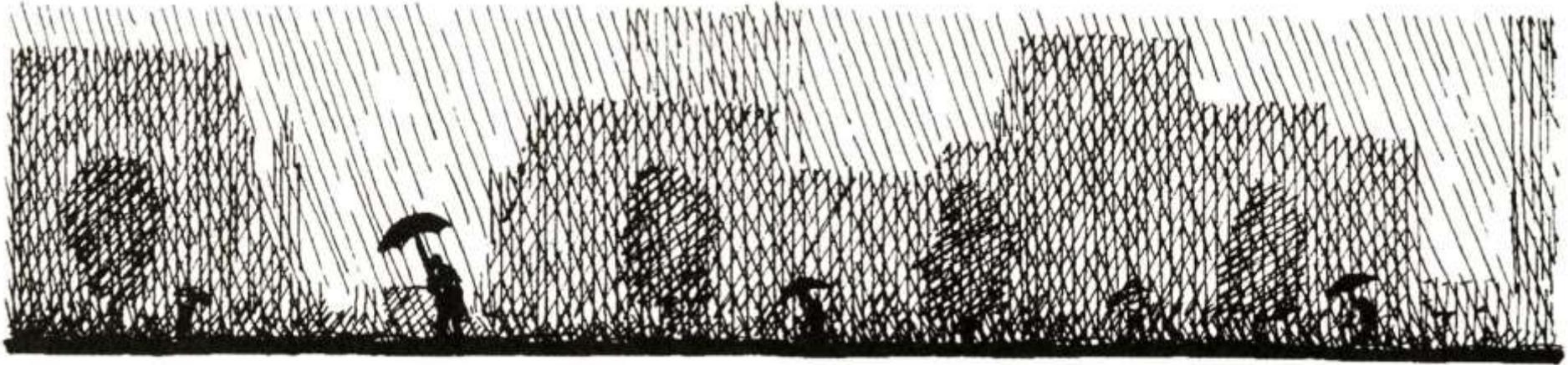
Comment?



Impossible de choisir le gagnant...

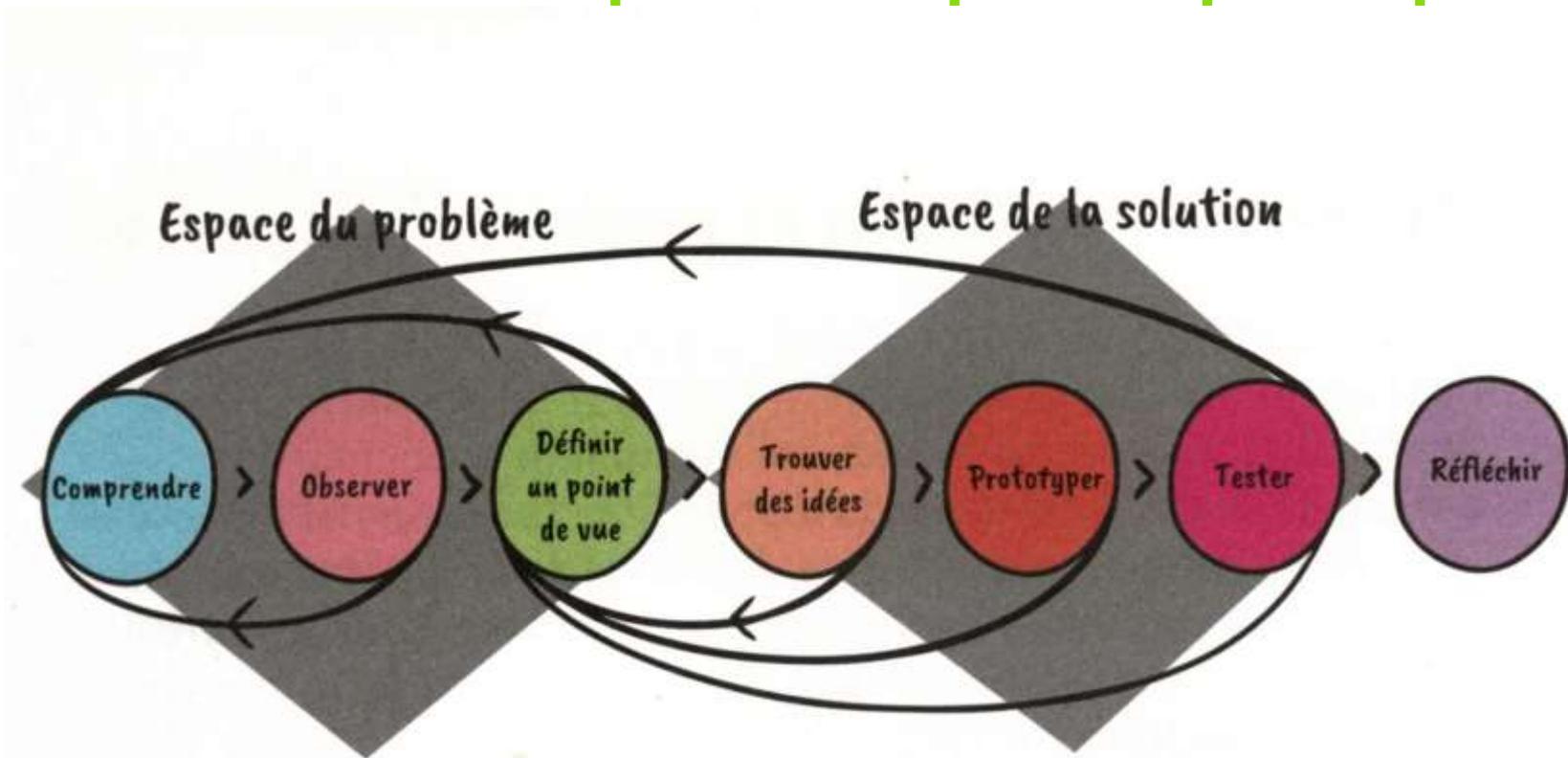


... mais un processus d'innovation...



Matthew Frederick - 101 Things I learned in Architecture School

... qui vous évitera de trouver des solutions
à des problèmes qui ne se posent pas ...



... et vous évitera de gaspiller des ressources en objectivant le degré de preuve pour chaque risque écarté

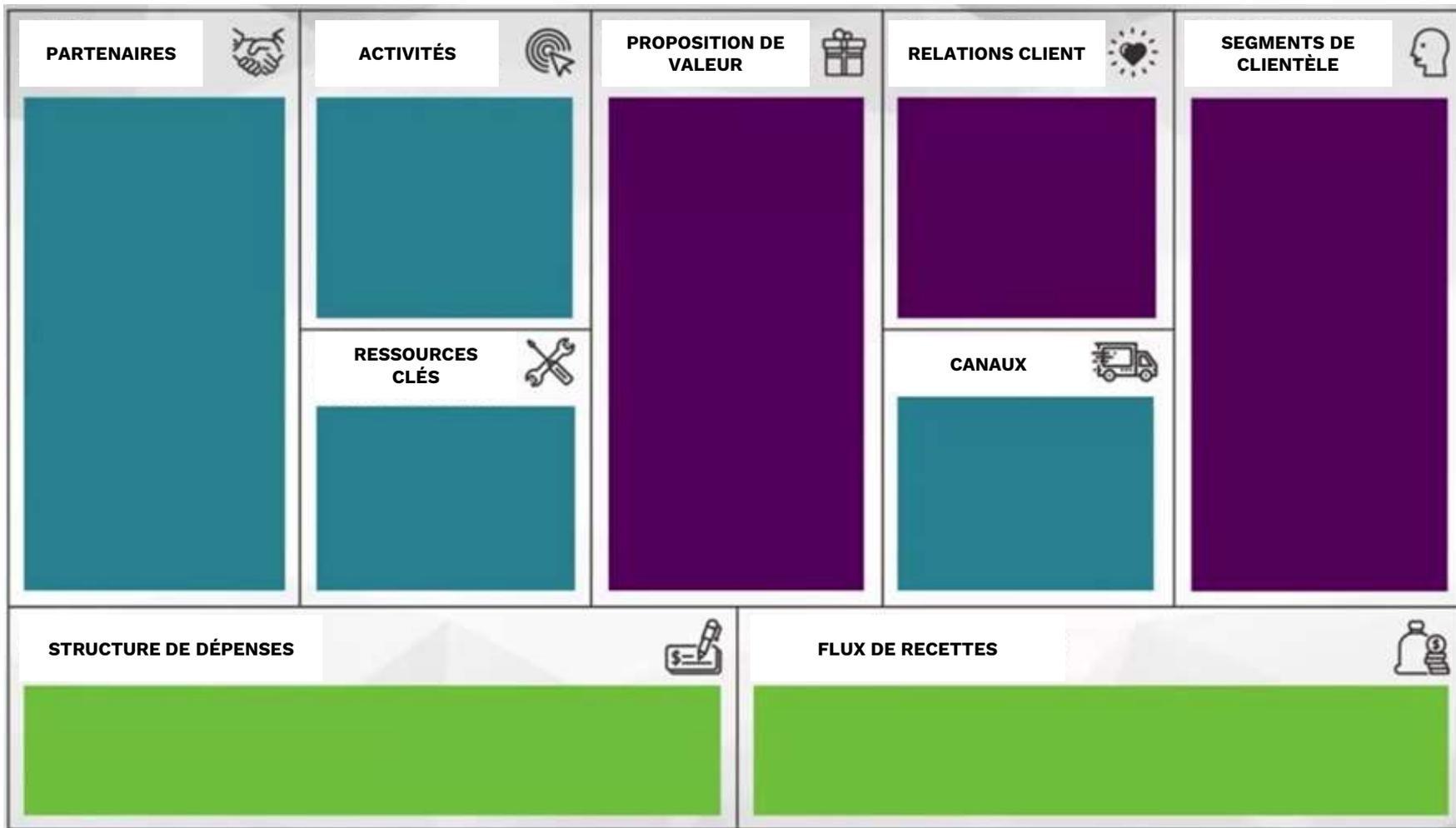
Adéquation stratégique		Alignement				
	IDENTITÉ CORPORATE Notre idée/projet est cohérent avec notre identité d'entreprise (orientation stratégique, culture de l'organisation, image de marque).	nul 0	faible 1	limité 5	fort 9	très fort 10
	PILOTAGE DE L'INNOVATION Notre idée/projet est aligné avec le pilotage de l'innovation de notre entreprise.	0	1	5	9	10
	SOUTIEN DU LEADERSHIP Notre idée/projet a le soutien d'au moins un sponsor clé qui peut l'aider à devenir réalité.	0	1	5	9	10
Opportunité		Valeur				
	Nous comprenons le potentiel financier de notre idée.	0	1	5	9	10
Réduction du risque - Désirabilité		Preuve et confiance				
	SEGMENT DE CLIENTÈLE Nos segments de clients les plus importants ont des aspirations, des problèmes et des bénéfices pertinents pour la vente de notre proposition de valeur.	0	1	5	9	10
	PROPOSITION DE VALEUR Notre proposition de valeur intéresse nos segments de clients les plus importants.	0	1	5	9	10
	CANAUx Nous avons trouvé les meilleurs canaux pour atteindre et vendre à nos segments de clients les plus importants.	0	1	5	9	10
	RELATIONS AVEC LES CLIENTS Nous avons développé des bonnes relations pour fidéliser les clients et gagner de l'argent avec eux de façon répétée.	0	1	5	9	10

Réduction du risque - Faisabilité		Preuve et confiance				
	RESSOURCES CLÉS Nous avons les bonnes technologies et les bonnes ressources pour créer notre proposition de valeur.	nul 0	faible 1	limité 5	fort 9	très fort 10
	ACTIVITÉS CLÉS Nous avons les bonnes capacités pour prendre en charge les activités les plus essentielles pour créer notre proposition de valeur.	0	1	5	9	10
	PARTENAIRES CLÉS Nous avons trouvé les bons partenaires clés qui ont envie de travailler avec nous pour créer et apporter notre proposition de valeur.	0	1	5	9	10
Réduction du risque - Viabilité		Preuve et confiance				
	REVENUS Nous savons combien nos clients sont disposés à nous payer et comment ils nous paieront.	nul 0	faible 1	limité 5	fort 9	très fort 10
	COÛTS Nous connaissons nos coûts pour créer et apporter la proposition de valeur.	0	1	5	9	10
Réduction du risque - Adaptabilité		Preuve et confiance				
	FORCES DU SECTEUR Notre idée/projet est bien positionné pour réussir face aux concurrents en place et aux acteurs émergents.	nul 0	faible 1	limité 5	fort 9	très fort 10
	FORCES DU MARCHÉ Notre idée/projet prend en compte les évolutions connues et émergentes du marché.	0	1	5	9	10
	TENDANCES CLÉS Notre idée/projet est bien positionné pour tirer avantage des tendances technologiques, réglementaires, culturelles et sociétales.	0	1	5	9	10
	FORCES MACROÉCONOMIQUES Notre idée/projet est adapté aux tendances macroéconomiques et d'infrastructure, connues et émergentes.	0	1	5	9	10

et le TRL ?

phase	TRL	Description
Recherche	1	Principes basiques
	2	Formulation du concept et de ses applications
	3	Validation du concept
Développement	4	Prototype expérimental
	5	Démonstrateur
	6	Pilote industriel
Déploiement	7	Première mise en œuvre
	8	Mise en œuvre à plusieurs reprises
	9	Mise en œuvre à grande échelle

et le business model ? 1/2



LES 3 COMPOSANTES D'UN BUSINESS MODEL

LA PROPOSITION DE VALEUR

QUI ? QUOI ?

- > *Clients*
- > *Produits et / ou services*
- > *Prix*



L' ARCHITECTURE DE LA VALEUR

COMMENT ?

- > *Chaîne de valeur*
- > *Ressources*
- > *Compétences*

L' ÉQUATION DU PROFIT

COMBIEN ?

- > *Ventes*
- > *Dépenses*
- > *Capitaux employés*

Quoi ?



“The Airbus A380 Plane Is Making a Comeback”

OK, maintenant, c'est peut-être mieux comme ça ...

Consommation collaborative
Régénération
Gratuité
Business modèle
Engagement des citoyens
Education
Décarbonation
Juste convenable
Fonctionnalité
Limites planétaires
Diversité de talents
Bottom of pyramid

Quelle innovation ?



D'après le "Manuel d'Oslo" (OCDE 2005), il existe 4 types d'innovations

► **Innovation de produit (bien ou service)**

un produit aux nouvelles caractéristiques, ou un produit existant dont l'usage devient différent.

► **Innovation de procédé (production ou distribution)**

de nouvelles méthodes techniques ou logicielles.

► **Innovation de commercialisation**

une nouvelle politique produit, de prix, de distribution ("*place*") et de communication ("*promotion*").

► **Innovation d'organisation**

de nouvelles méthodes dans l'entreprise, une nouvelle organisation du lieu de travail ou des relations extérieures.



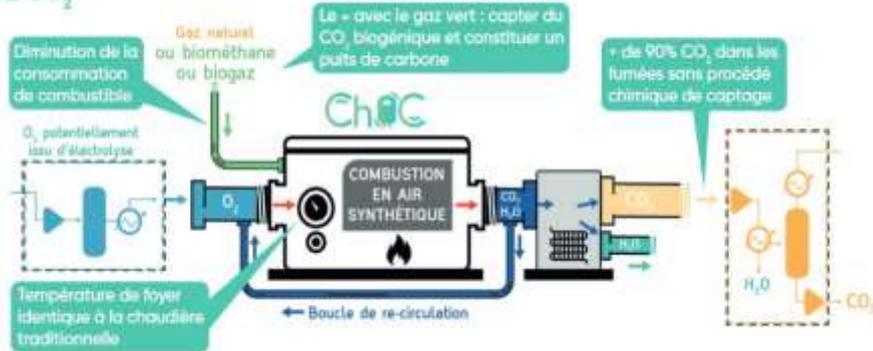
Transpac pompe à chaleur très haute température © EDF



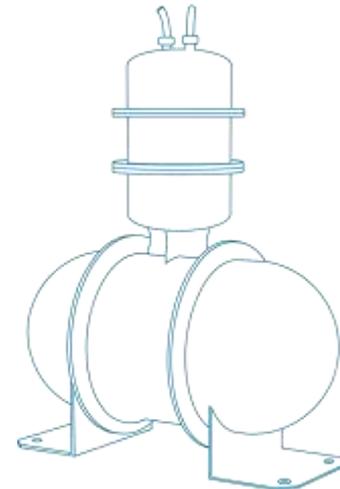
Oasis de fraîcheur ilot frais skycooling © Engie Solutions

Ils ont tout compris !

UNE TECHNOLOGIE PERFORMANTE POUR UNE CAPTURE AISÉE ET EFFICACE DE CO₂



La chaudière à oxycombustion bas carbone CHOC © GRDF



Pompe à chaleur thermo-acoustique © Equium



Merci



12 Juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



Skycooling : Réinventer la Production de froid décarbonée

Soukaina ES SAIDI

Ingénieur Recherche | Engie



SKYCOOLING : RÉINVENTER LA PRODUCTION DE FROID DÉCARBONÉ

12/06/2024



Soukaina ES-SAIDI
Ingénieure de recherche confirmée
soukaina.es-saidi@engie.com



RESTRICTED



INTERNAL



SECRET





| Technologie

- Le 'Skycooling' permet de **décarboner les procédés de production de froid** grâce à un phénomène passif appelé **refroidissement radiatif**.
- Grâce à l'ingénierie des propriétés optiques de surface, **forte réflectivité et forte émissivité (>0.95)**, il est possible d'atteindre **jusqu'à 5°C en dessous de la température ambiante 24/7/365**, même sous ensoleillement direct.
- Les matériaux radiatifs sont à **la surface d'un panneau** dans lequel circule un fluide évacuant la chaleur des circuits **hydrauliques de procédés industriels**.



| Intégration & Performances

- La solution peut être intégrée aux groupes froid existants pour **réduire la consommation d'énergie** (électricité, eau, CO2) et **accroître la capacité frigorifique** sans remplacer le système déjà existant.
- Les panneaux Skycooling s'intègrent du **côté condenseur** d'un groupe froid en **boucle d'eau fermée**, simplement par le rajout d'un échangeur thermique.
- Les **performances dépendent de plusieurs paramètres** : architecture d'intégration, régimes de températures et géographie.



| Segments clients

- Une étude de cas (client industriel) a démontré des économies allant jusqu'à **17 % sur l'électricité, 5 % sur l'eau et jusqu'à 21 % d'augmentation de la capacité frigorifique**.
- Le Skycooling s'applique à **divers segments clients** : Industrie, data centers, supermarchés, entrepôts, etc.



| Maturité technologique

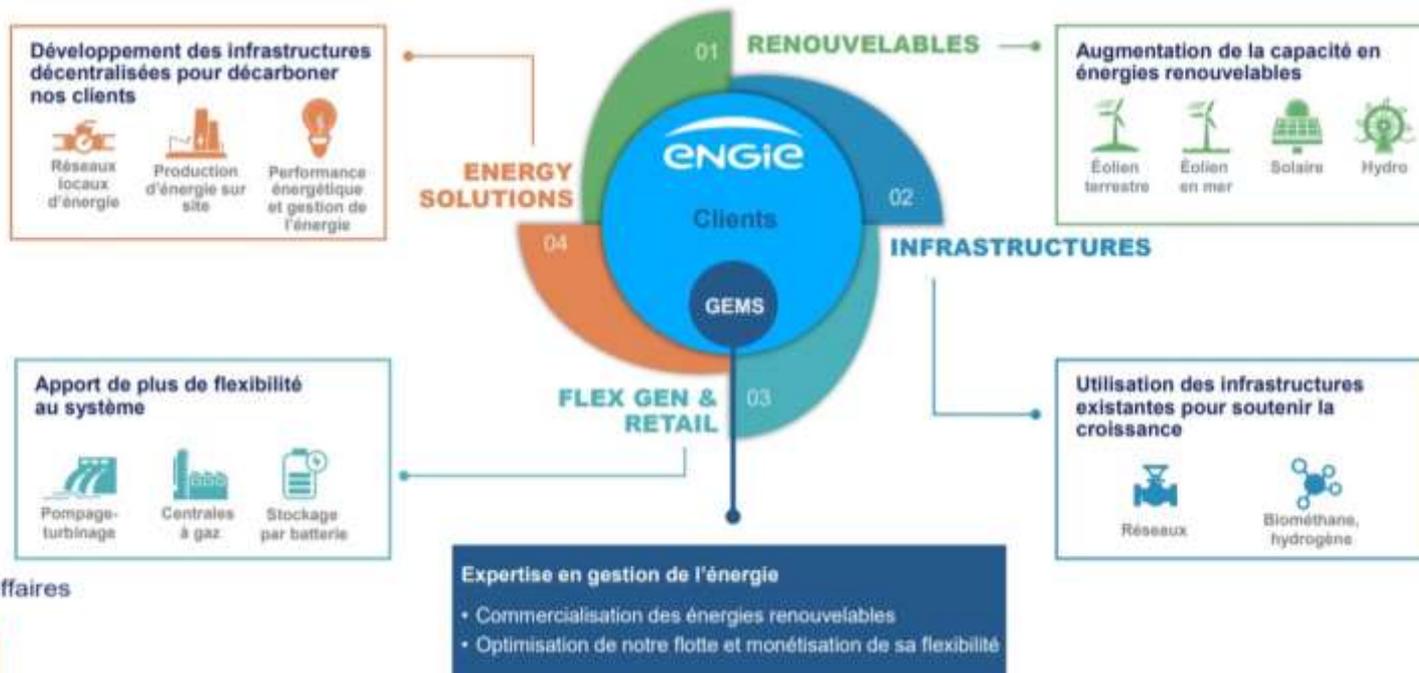
- La technologie est en **TRL 9 aux États-Unis** avec des installations en fonctionnement, mais **TRL 6-7 en France**.
- ENGIE travaille au renforcement de l'expertise, au **déploiement à grande échelle** et est à la recherche d'un **site pour un premier pilote commercial**.



GROUPE ENGIE – Objectif Net 0 Carbone en 2045

Constat : 75 % des émissions de GES proviennent de la combustion d'énergie.

Objectif 2030 : 45Mt CO₂ évitées par an
Objectif 2045 : Net 0 carbone



EN 2023 :

- 97 300 employés
- 82,6 Mds€ de chiffre d'affaires



€35 millions

de chiffre d'affaires

30 pays

97 brevets
en portefeuille

24 Projets
européens

**Des installations
d'essais uniques**
en Europe

Certification
ISO 9001

168

collaborateurs

43 ans

moyenne d'âge

38%   62%

24

nationalités

41 PhD

28 alternants

38 stagiaires

10 Labs

NOUVEAUX GAZ

Biogaz, Biomasse &
Déchets

Liquéfaction

Hydrogène

NOUVEAUX USAGES DE L'ENERGIE

Industrie du Futur

Environnement &
Société

Bâtiment & Ville du Futur

TECHNOLOGIES EMERGENTES

Drones & Robots

Sciences
Informatiques & IA

Nanotech, Capteurs &
Connectivité

ENGIE Lab Singapour

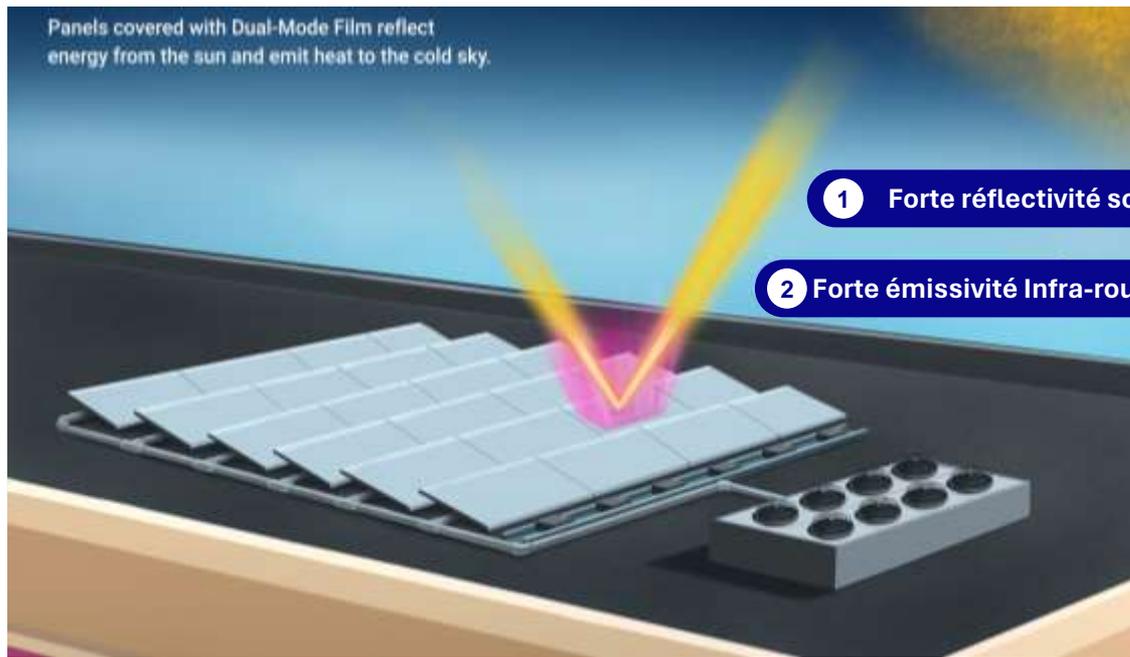


Comment décarboner le froid industriel ?

Comment baisser la part énergétique et hydrique du froid dans un contexte de réchauffement climatique ?



LE 'SKYCOOLING' PERMET DE DÉCARBONER LES PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE FROID GRÂCE À UN PHÉNOMÈNE PASSIF APPELÉ REFROIDISSEMENT RADIATIF



Source : <https://www.skycoolsystems.com>



Phénomène passif permettant d'atteindre des températures jusqu'à 5°C en dessous de la température ambiante sans apport énergétique.

LE PHÉNOMÈNE REPOSE SUR L'INGÉNIERIE DES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DE SURFACE + LA COMBINAISON À UN PANNEAU DANS LEQUEL CIRCULE UN FLUIDE...

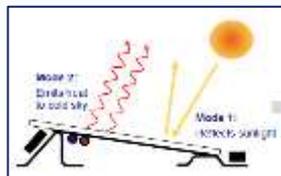
Source images : Skycool Systems



Technologie

Refroidissement passif

- Emissivité sélective à travers la fenêtre de transparence atmosphérique (8-13 μm)
- Forte réflectivité >95% -> réduction du gain solaire
- Épaisseur : $\sim 100 \mu\text{m}$
- Couche de protection contre les UV, couche résistante à la saleté



Produit

Intégration sous forme de panneau

- Un circuit d'eau traverse le panneau en Aluminium et se refroidit. L'eau froide retourne dans le circuit du système de refroidissement.
- Installation en toiture ou au sol



Entrée



Sortie

... QUI PEUT ÊTRE INTÉGRÉE AUX GROUPES FROIDS EXISTANTS POUR RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE (ÉLECTRICITÉ, EAU, CO2) ET ACCROÎTRE LA CAPACITÉ FRIGORIFIQUE SANS REMPLACER LE SYSTÈME EXISTANT

Production et intégration

Production du froid par rayonnement de la chaleur 24/7/365. Jusqu'à -5°C en dessous de la température ambiante.

Fixations et Maintenance similaire au PV

Possibilité d'intégration à des systèmes existants - Intégration d'une boucle fermée via un échangeur



Bénéfices

Économies d'énergie (500-800 kWh/m2/an en moyenne en fonction du cas d'utilisation)

Zéro consommation d'eau. Le système est en boucle fermée.

Évite les pics de consommation et surdimensionnement des systèmes.

Surcoût évité de mise à niveau de l'installation et de maintenance

Aucune nuisance sonore



Source : <https://www.skycoolsystems.com>

LES PANNEAUX SKYCOOLING S'INTÈGRENT DU CÔTÉ CONDENSEUR D'UN GROUPE FROID EN BOUCLE D'EAU FERMÉE, SIMPLEMENT PAR LE RAJOUT D'UN ÉCHANGEUR THERMIQUE.

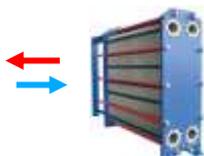
Centrale de froid radiatif



Source : <https://www.skycoolsystems.com>

Boucle d'eau glycolée fermée en circulation dans les panneaux permettant l'évacuation de chaleur

échangeur



Intégration côté condenseur

Equipements du client



Source : <https://www.carrier.com>



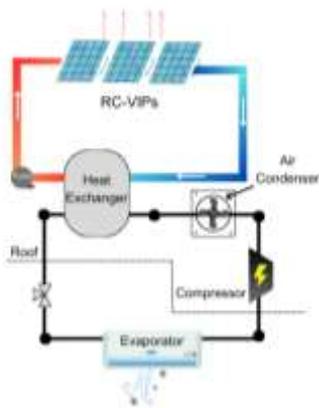
37

- Intégration d'une boucle **fermée** d'eau glycolée via un échangeur (par exp Ammoniac – eau)
- Possibilité de **rétrofit** en cas de problème à l'architecture de référence du client

LES PERFORMANCES DÉPENDENT DE PLUSIEURS PARAMÈTRES : ARCHITECTURE D'INTÉGRATION, RÉGIMES DE TEMPÉRATURES ET GÉOGRAPHIE.

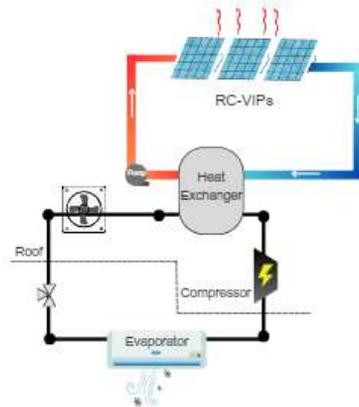
- Performances variables selon les conditions météorologiques => Intégration en **support à un système frigorifique**.
- Performances variables selon **l'architecture d'intégration** et par conséquent **le régime de fonctionnement** : (température d'entrée dans les panneaux, débit, ..)

Sous-refroidissement



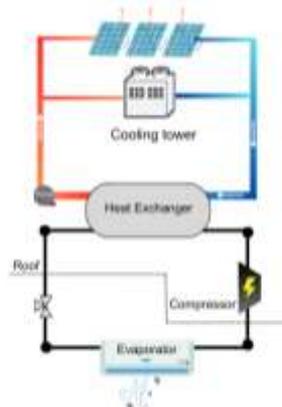
- Réduction de la **consommation électrique** des compresseurs et leur **vieillessement**
- Augmentation de la **capacité frigorifique**

Pré-refroidissement



- Augmentation de la **capacité frigorifique** - différer la mise à niveau des condenseurs
- Réduction de la **consommation hydraulique** des tours

En parallèle



38

- Réduction de la **consommation électrique** des compresseurs et des tours
- Réduction de la **consommation hydraulique** des tours



UN CAS D'ÉTUDE (CLIENT INDUSTRIEL) A DÉMONTRÉ DES ÉCONOMIES POUVANT ATTEINDRE 17% D'ÉLECTRICITÉ, 5% D'EAU ET JUSQU'À 21% D'AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ FRIGORIFIQUE.

Site étudié

Typologie de client : Industriel

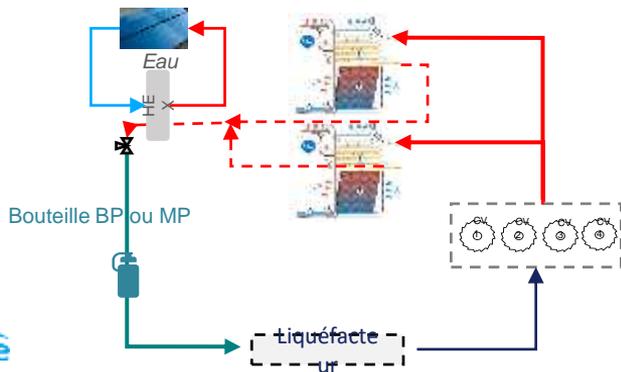
Besoin de froid : 6 GWh froid/an

Régime de température coté évaporateur : $-42^{\circ}\text{C}/-12^{\circ}\text{C}$

Type de condenseurs: Condenseurs évaporatifs

Système : Ammoniac

Schéma d'intégration



Etude de pré-faisabilité : Un dimensionnement avec une installation de 800 panneaux Skycooling soit 2500m² de couverture toiture a permis d'estimer :



Une économie d'électricité de 800-950MWh/an selon l'architecture (~14-17% d'économie) – 30-40 TeqCO₂ économisé /an

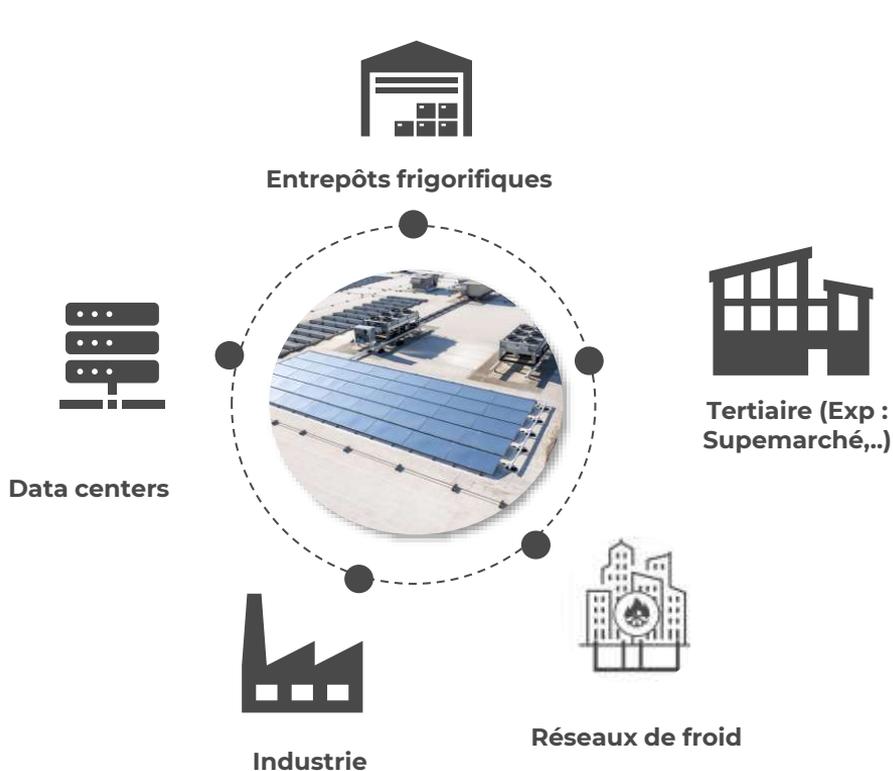


Jusqu'à 950m³/an d'eau économisée (-5% de la consommation du site)



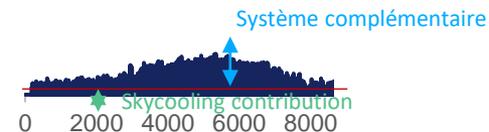
Une augmentation de la capacité frigorifique de 12 à 21% selon les saisons.

LE SKYCOOLING S'APPLIQUE À DIVERS SEGMENTS CLIENTS IDÉALEMENT AVEC UN TALON DE CONSOMMATION ET DES SURFACES DE TOITURES EXPLOITABLES



Typologie de besoin frigorifique cible

Besoin frigorifique de base + besoin saisonnier



- Maximisation du facteur de charge = nombre⁴⁰ d'heures d'utilisation par an
- Applications avec rapport Surface/Besoin frigorifique important

LA TECHNOLOGIE EST TRL 9 AUX ÉTATS-UNIS AVEC DES INSTALLATIONS EN FONCTIONNEMENT POUR DES APPLICATIONS EN SUPERMARCHÉS ...

▪ Solution en TRL 9 : Solution déjà commercialisée aux USA

- Solution complètement intégrée **commercialisée**
- Première installation **datant de 2019**
- Une dizaine d'installations déjà en place (**USA exclusivement**) mais de tailles limitées : maximum 160m²

Références installations



Source : <https://www.skycoolsystems.com>

... MAIS EN TRL 6-7 EN FRANCE. ENGIE TRAVAILLE AU RENFORCEMENT DE L'EXPERTISE ET AU DÉPLOIEMENT À GRANDE ÉCHELLE ..

■ Solution en TRL 6-7 en France

- Technologie validée en banc d'essais
- En recherche de pilot commercial

Banc de tests
Engie Lab Crigen - Stains

Mise en place d'un banc d'essais unique au monde permettant de :

- ✓ Tester les panneaux sous différentes conditions à l'échelle système.
- ✓ Qualifier les fournisseurs

Îlot Frais
La défense - Paris

Déploiement pilote
Singapour

42

...ET EST À LA RECHERCHE D'UN SITE POUR UN PREMIER PILOTE COMMERCIAL



Ambition



Décarboner le froid de nos clients

A la recherche

1

D'un site pour un premier pilot commercial intégrant le Skycooling en Europe

1

Soit une première mondiale en application industrielle

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

QUESTIONS ?



44





12 Juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



La chaudière à oxycombustion bas carbone ChOC

David LE NOC,
Responsable du pôle
Marketing Produits, GRDF



La chaudière industrielle oxycombustion bas carbone Ch0C



Un futur outil pour décarboner les usages vapeur et eau chaude dans l'industrie.

David LE NOC
Direction Prospective et Expertise Usages
Responsable du Pôle Marketing Produits
Tél. : +33 (0) 6 60 99 77 53

Stephan RESSENT
Direction Prospective et Expertise Usages
Responsable de Produits Industrie CO2
Pilote coordination projet Ch0C
Tél. : +33 (0) 6 17 57 07 38

47

1 - Projet Ch0C - chaudière industrielle oxycombustion bas carbone

Contexte :

- ❖ **Enjeux** : le secteur industriel des usages « vapeur et eau chaude » représente **20% des émissions de CO2** en France. Les chaudières émettent **19 Mt CO2/an** - dont **12 Mt CO2 /an** pour le Gaz Naturel.
- ❖ **Solution** : développer une solution de décarbonation pour ce secteur et lancer la fabrication d'un démonstrateur industriel de chaudière bas carbone fonctionnant en **oxycombustion**.
 - *Une réponse sur 2 axes : l'oxycombustion apporte une amélioration de l'efficacité énergétique du procédé et une captation du CO2 facilité par des fumées très concentrées en CO2*
- ❖ **Objectif visé** : **réduire de plus de 90% les émissions de CO2** des chaufferies industrielles, soit une diminution de plus de 4 millions de tonnes des émissions de CO2 en France apportée par le remplacement de 1000 chaudières industrielles.
- ❖ **Organisation et soutien** : création d'un consortium de **16 partenaires** et Lauréat de l'appel à projet **France 2030 DEMIBaC**
- ❖ **Budget** de **3,2 Million d'euros** pour la réalisation du démonstrateur, répartition en
 - 1/3 Partenaires financés – 1/3 Partenaires financeurs – 1/3 Aide ADEME



2 - Projet Phare Ch0C – Les partenaires du consortium et leurs rôles

Entité	Positionnement	Rôle
Naldeo technologies et industries	Leader et partenaire financé	Conception ingénierie et intégrateur
Babcock Wanson	Partenaire financé	Fabricant – apports techniques
Fives Pillard	Partenaire financé	Fabricant – apports techniques
Verdemobil	Partenaire financé	Conditionnement du CO2
Engie Solutions	Partenaire financé	Exploitant + Site
TotalEnergies	Partenaire financeur	Potentiel client final – expertise CCUS et REX intégrateur Lacq
GRTgaz	Partenaire financeur	Facilitateur de filière
GRDF	Coordinateur et partenaire financeur	Coordinateur et Facilitateur de filière
Université de Paris	Observateur	Expertise scientifique et expérimentale
Carboneo	Observateur	valorisation du CO2
Eiffage/MECI	Observateur	comptage du CO2
CCEP	Observateur	Potentiel client final
Agro-mousquetaires	Observateur	Potentiel client final
Agrial	Observateur	Potentiel client final
Bonduelle	Observateur	Potentiel client final
Constellium	Observateur	Potentiel client final – expertise financement

Membres financés



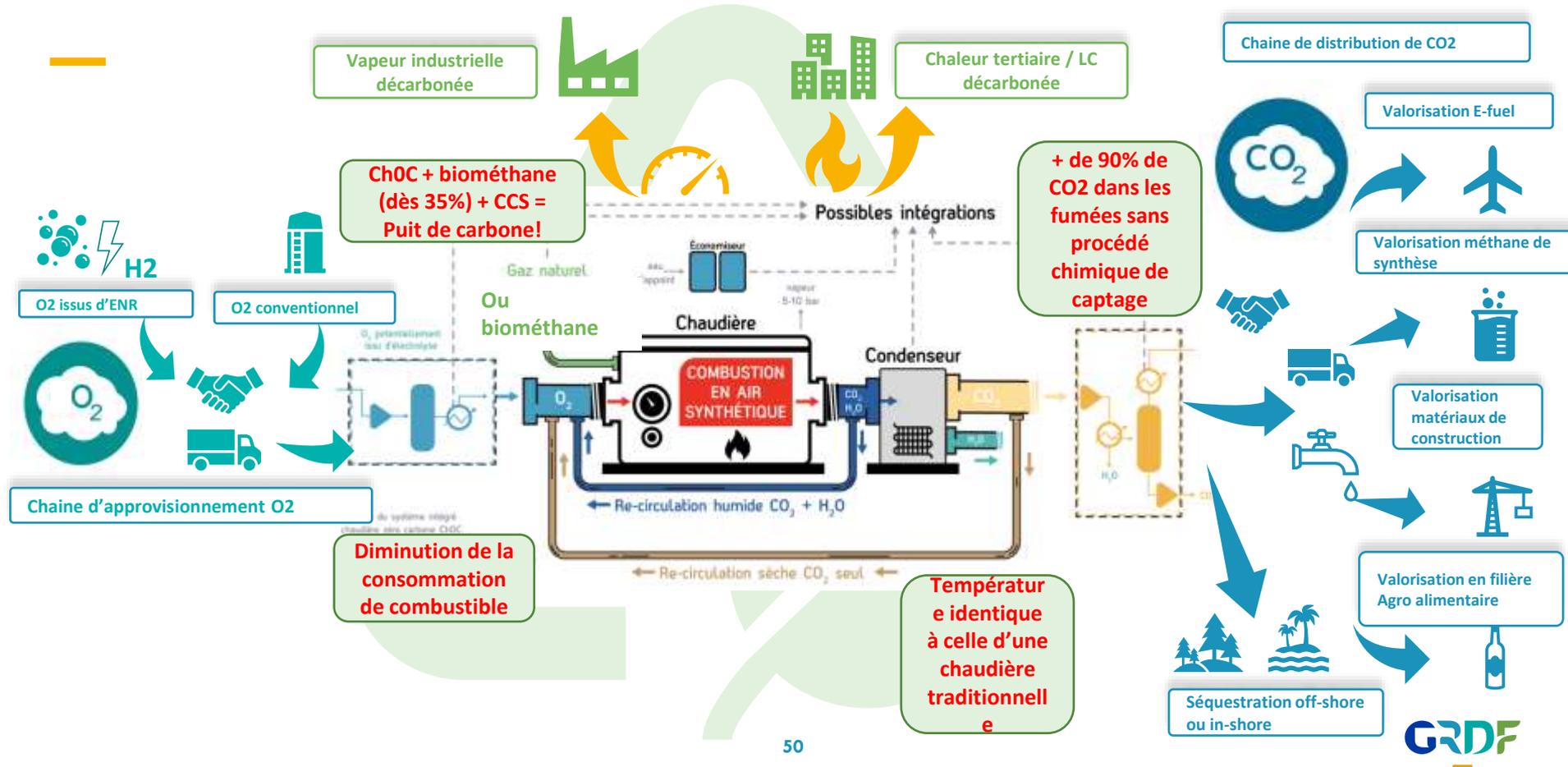
Membres contributeurs non financés



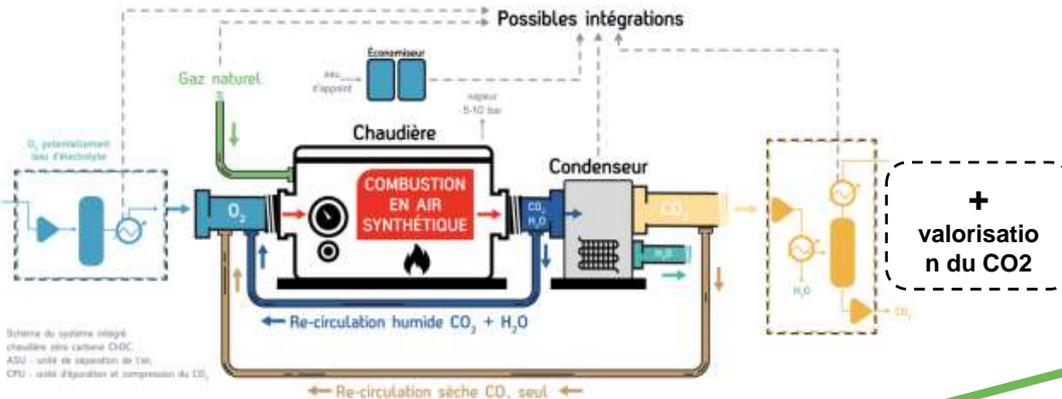
Membres observateurs Utilisateurs solution



3 - Une chaudière parfaitement intégrée au cœur de tout un écosystème



4 - Bénéfices environnementaux et Planning des opérations



Un outil qui divisera par plus de 4 les émissions de CO₂ atmosphérique des chaudières industrielles
 GN : 260 gCO₂ → ChOC : 64 gCO₂ pour 1 kWh vapeur

Une étude ACV en cours
 Chaudière GN, ChOC, Elec, Hybride, biomasse

Avril 2022
 Finalisation NDA + partenaires financés + définition

Mai 2022
 MOU + plan de financement

Juillet 2022
 Soumission AAP ADEME

Septembre 2022
 pré-dépôt officiel AAP ADEME

Octobre 2022
 dépôt officiel AAP ADEME : Seconde levée

Juillet 2023
 Go NO GO suivant retour ADEME

Janvier 2024
 Fabrication de la chaudière avec

Juin 2024
 Fabrication du brûleur oxy et tests

Juillet 2024
 Installation de la CHOC et (intégration du brûleur Fives Pillard sur la

Octobre 2024
 Mise au point sur site

Novembre - Avril 2025
 Essais en continu : Oxycom b. + Biogaz

2025



- chaudière Babcock
- sur site VSPU
- Diffusion Technologie ChOC
- Garantie commerciale à faire émerger
- Prescription

5 - Objectif 2025 : Une nouvelle gamme de chaudières bas carbone

Un business model en cours – avec de nombreuses combinaisons possibles

Amortissement de l'installation ChOC

Périmètre complet :
chaudière + brûleur
+

* liquéfacteur ou
compresseur
* cuve O2 ou ASU

Construction neuve
ou revamping

Financement et Exploitation de l'installation

Installation totalement
financée et exploitée
par un tiers

Installation financée
par le client et
exploitée par un tiers

Installation totalement
financée et exploitée
par le client

Combustible utilisé

Gaz de réseau

Biogaz produit
localement
Biométhane

Mix des deux

Production de l'O2

Approvisionnement
externe (par camion,
« oxyducs », ...)

Production in situ (ASU
ou autre)

Disponibilité sur site ou
non

Destination du CO2

Utilisation dans le
process du
bénéficiaire

Liquéfaction (rotation
de camion) ou
compression
(injection réseau ou
utilisation locale)

CCU : revente par le
bénéficiaire ou par
un tiers

CCS

MERCI



La chaudière industrielle oxycombustion bas carbone ChOC

David LE NOC
Direction Prospective et Expertise Usages
Responsable du Pôle Marketing Produits
Tél. : +33 (0) 6 60 99 77 53

Stephan RESSENT
Direction Prospective et Expertise Usages
Responsable de Produits Industrie CO2
Pilote coordination projet ChOC
Tél. : +33 (0) 6 17 57 07 38

12 Juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



Transpac : Machine trans- critique PAC à Très Hte Température

Marion PIERROT

Cheffe de projets Décarbonation
de l'Industrie, Dalkia France





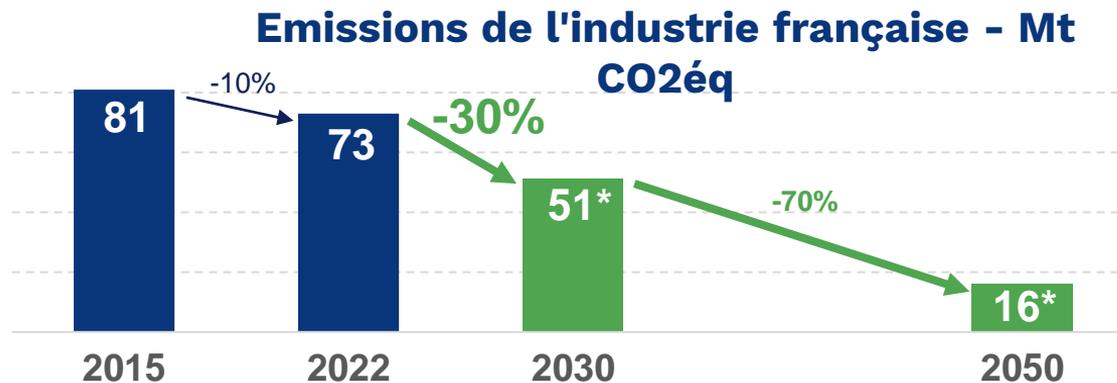
Rendez utiles vos énergies fatales
grâce à **TRANSPAC**,
PAC THT très haute performance

Marion PIERROT
Cheffe de projet décarbonation



*Rencontres Innovation ATEE Grand Ouest
12 juin 2024*

DECARBONER L'INDUSTRIE



*Source: Stratégie Nationale Bas Carbone

Objectif:
Tripler le rythme 2015=>2022 sur 2022=>2030

DALKIA DECARBONATION DES PROCÉDES

Sur vos sites industriels : Dalkia vous accompagne et porte des engagements



EXPLOITATION

Exploiter et maintenir vos utilités industrielles au quotidien en assurant les réglages optimaux pour maîtriser vos consommations



EFFICACITE ENERGETIQUE

Avant de verdir, il faut **réduire...**
les consommations d'énergie et les émissions de carbone :
Récupérer et Valoriser la chaleur fatale
En allant au plus près des procédés de production

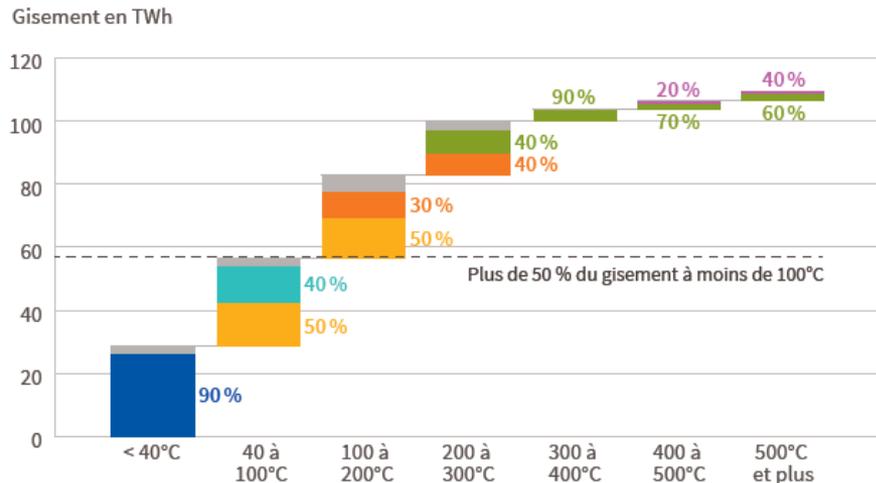


VERDISSEMENT

Substituer vos énergies fossiles par des **énergies renouvelables et/ou par l'électrification**, adaptées à vos usages et vos conditions de fonctionnement

L'énergie fatale : levier majeur et challenge de la décarbonation

109 TWh de Chaleur Fatale disponibles dans l'industrie !



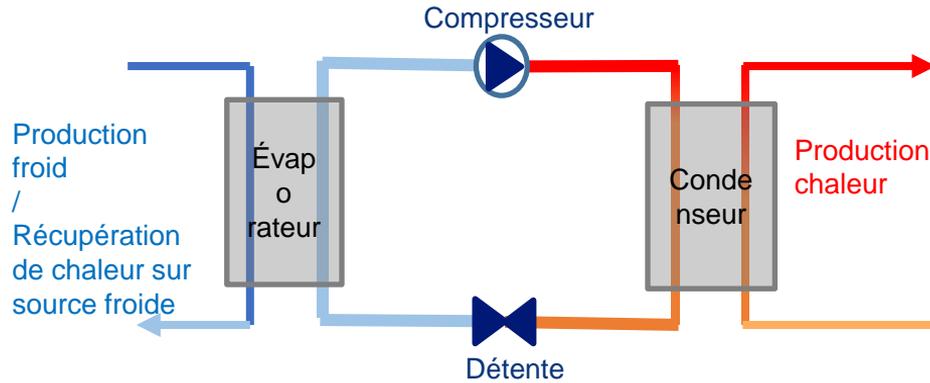
Niveaux de température

Ce gisement provient :

- des fumées de fours,
- des buées de séchoirs,
- des fumées de chaudières,
- de la chaleur sensible des produits en sortie de fours faisant l'objet d'un refroidissement,
- des eaux usées de nettoyage,
- des fluides de refroidissement des compresseurs d'air ou de froid,
- des fluides de refroidissement des systèmes frigorifiques (hors compresseurs).

➔ **Echangeurs**
➔ **Pompes à chaleur**

Principe de fonctionnement d'une PAC



$$COP = \frac{\text{Chaleur livrée}}{\text{Electricité consommée}}$$

COP de 4-4,5 pour un ΔT de 40°C
COP de 2-2,5 pour un ΔT de 70°C

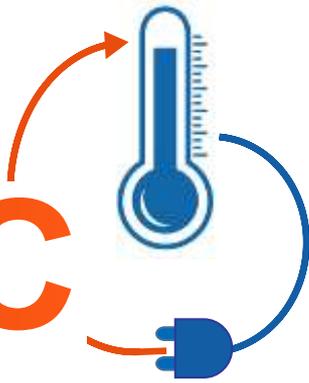
Mais dans l'industrie:

- > Sources de chaleur majoritairement <100°C
- > Besoins de l'industrie majoritairement >100°C

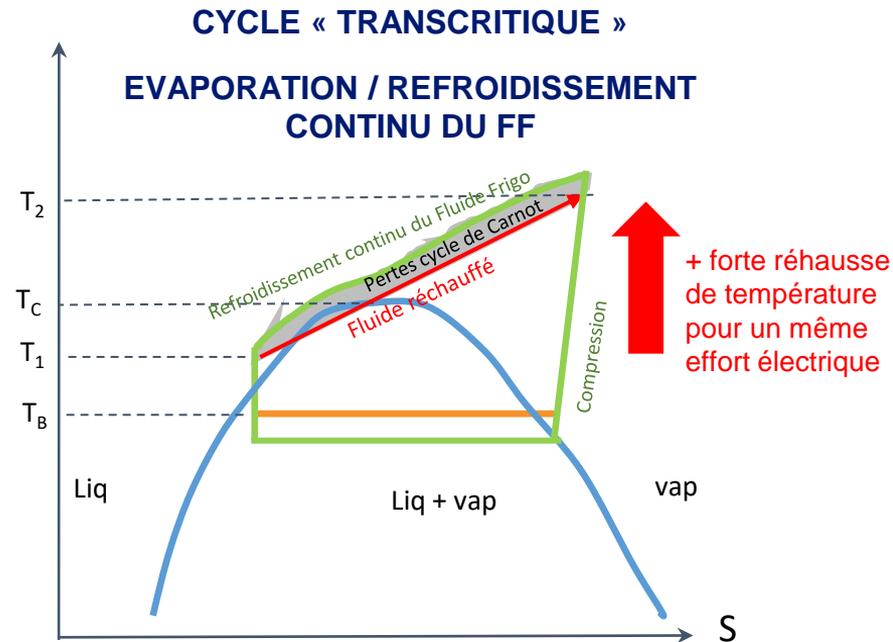
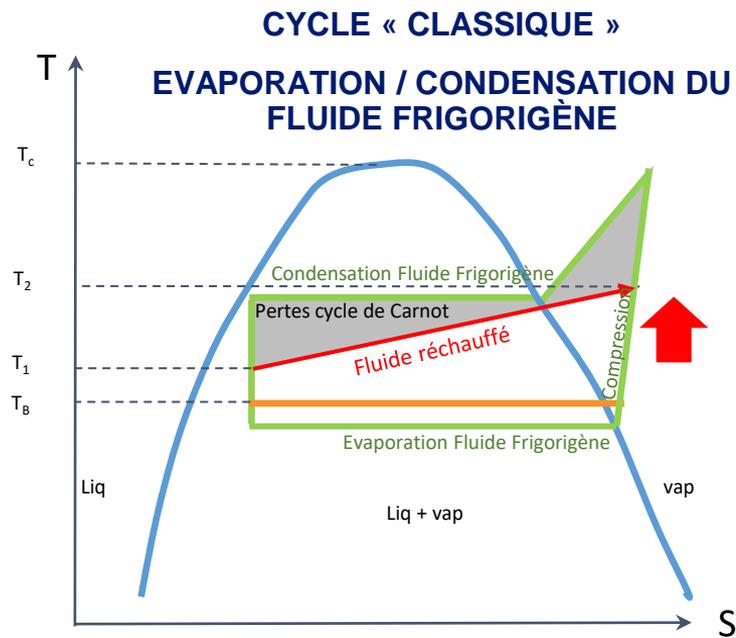


**Comment dépasser les 120°C ?
Avec un COP > 3 ?**

TransPAC



Le transcritique, une idée géniale



➤ **Dépasser les 120°C**
Atteindre un COP > 3,5 avec des ΔT de 70°C

Rendre l'idée concrète



THESE - BREVET - PROTOTYPE

DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

DÉCARBONATION!

2010

2017

2023

2030

Les grands étapes : recherche d'un compresseur et d'échangeurs adaptés, recherche d'un partenaire industriel, signature de la 1^{ère} vente, assemblage de la pompe à chaleur, travaux d'insertion dans le process de Wepa...

Avec le soutien de l'ADEME



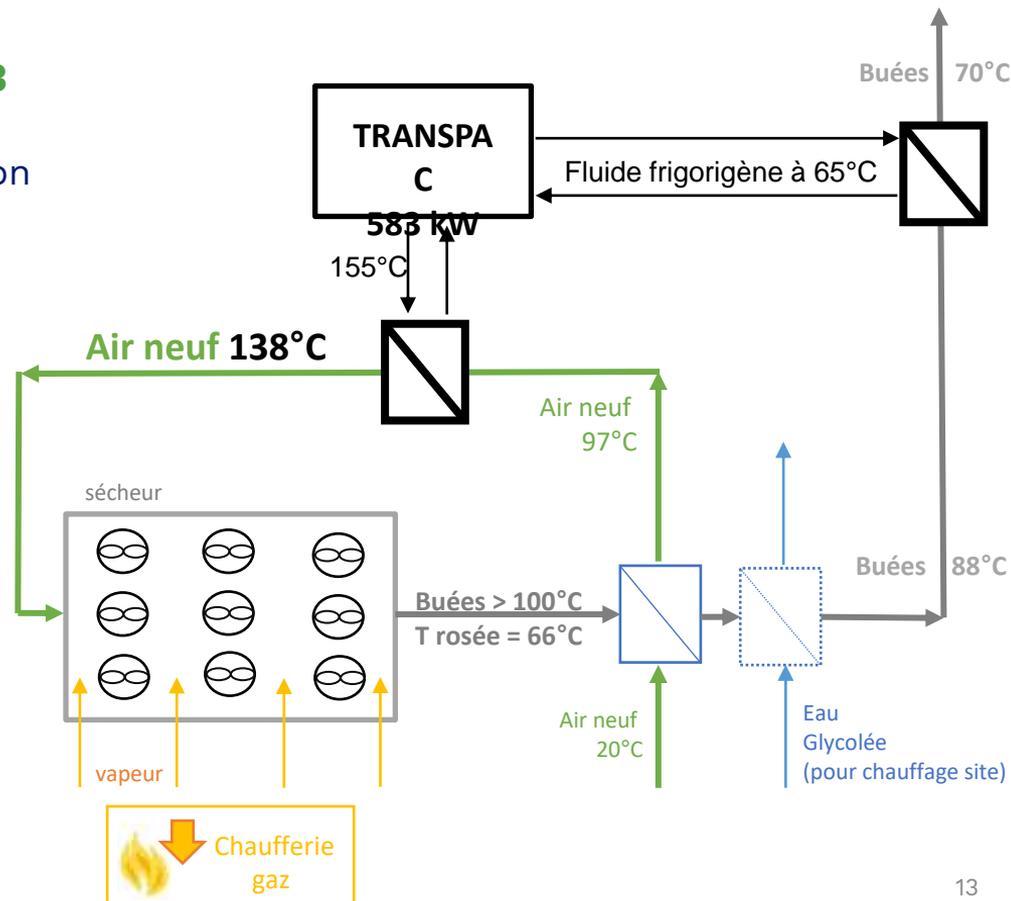
2023: Première vente industrielle

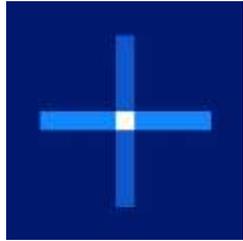
TRANSPAC mise en service en avril 2023 sur un sécheur de pâte à papier

pour chauffer l'air du sécheur en récupération
sur ses buées

**Fonctionne avec un COP > 3,5
pour un ΔT de 70°C**

Emissions de CO2 réduites de 95%





Et maintenant ?
développer à grande
échelle

TRANSPAC, ses plages de température idéales



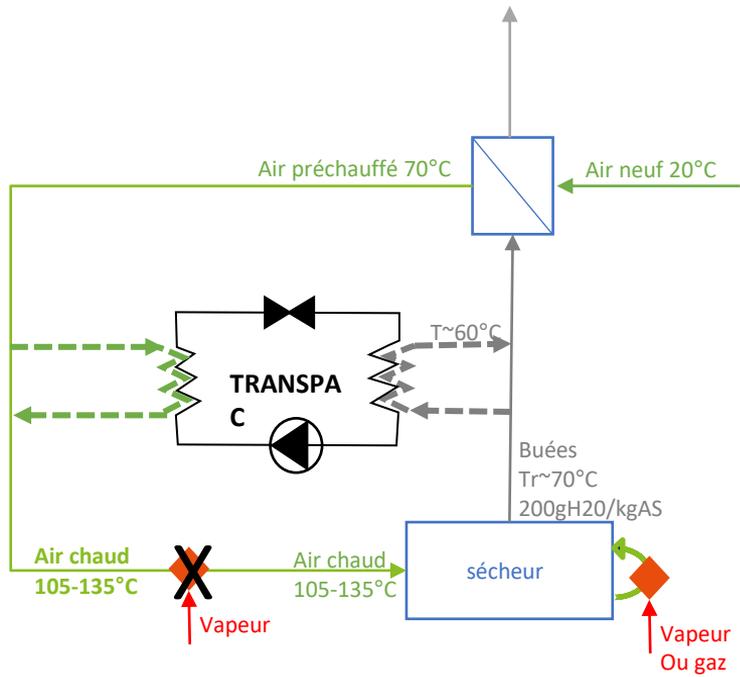
Vous avez des usages thermiques entre 110 et 145°C ? De la chaleur fatale entre 55 et 90°C ? Sécheurs, condenseurs, distillateurs, colonnes de stripping, évapo-concentrateurs,...

TRANSPAC est faite pour vous !



Cible n°1 : sécheurs

Produisez l'air chaud de vos sécheurs grâce à Transpac



En condensant les buées d'un sécheur autour de **60°C**, **TRANSPAC** permet de produire l'air chaud de ce même sécheur, entre **105 à 138°C** avec un **COP > 3,5**.

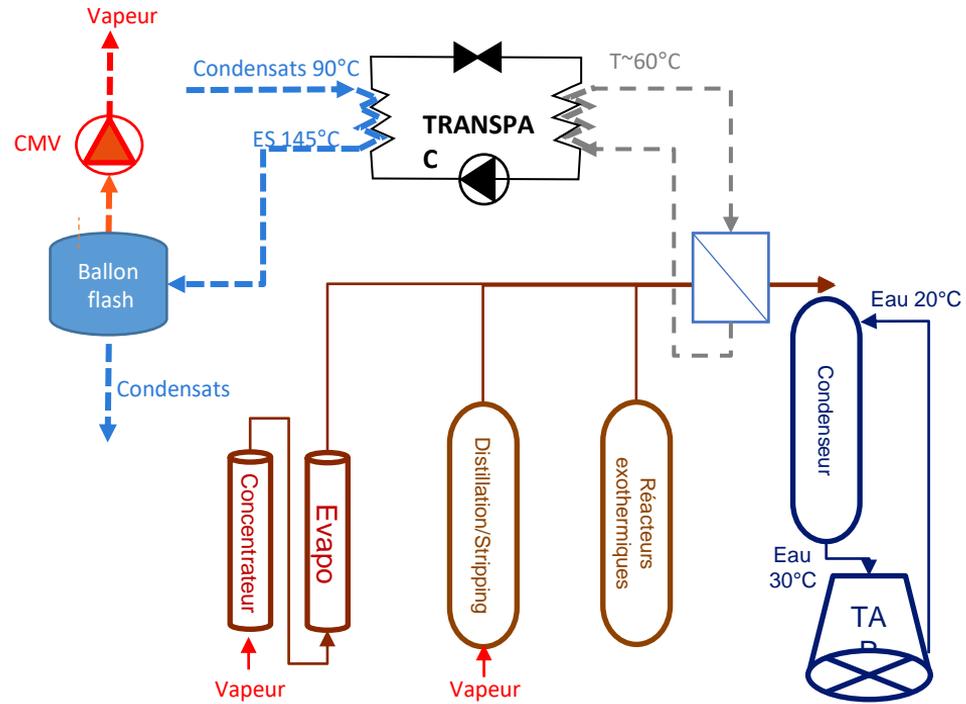
Egalement adapté en préchauffage d'air.

Où trouve-t-on ces sécheurs ?
 Papèterie, plâtre, carbonate de calcium, malterie, levures, ...

- ▶ + de 30 TWh de chaleur fatale
- ▶ 900 sécheurs de plus de 500kW en France

Cible n°2 : Evapo-concentrateur/ distillateurs/ stripping

Produisez de la vapeur avec vos condensats grâce à Transpac



En récupérant sur les vapeurs de distillation ou sur des réactions chimiques exothermiques, **au lieu de dissiper l'énergie dans des condenseurs** vers des tours Aéro-Réfrigérantes, **TRANSPAC** permet de produire de l'eau surchauffée jusqu'à 145°C.

Et effacer de la vapeur par **Flashage et CMV**

Où trouve-t-on ces situations ?
Agroalimentaire, chimie pétrochimie

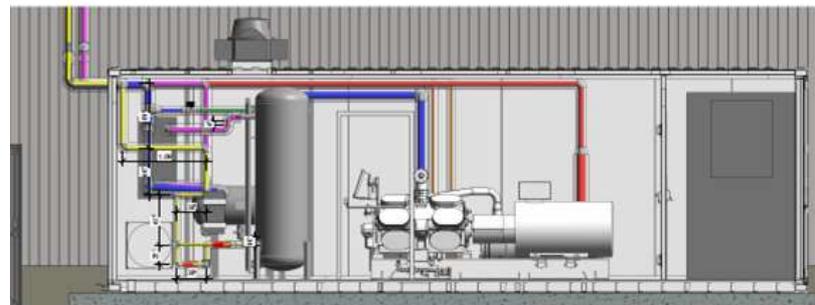
Standardisation de la production

Installée en **container plug & play**
comme ici chez Wepa
(ou salle des machines pour les besoins
grosses puissances)

Module standard : **400 à 700kW**

2 designs : **air/air ou eau/eau**

Et la recherche ne s'arrête pas : on
continue à travailler pour augmenter
la puissance unitaire





TransPAC,

Pompe à chaleur industrielle très haute performance

Pour des températures $>110^{\circ}\text{C}$ et des ΔT élevés

Nous contacter:



marion.pierrot@dalkia.fr

Cheffe de projet décarbonation

Responsable déploiement offre Transpac

06 60 46 48 85

12 Juin 2024

ShowRoom Smile | Rennes & Nantes



Equium : pompe à chaleur acoustique

Philippe LOYER
Product Marketing Manager,
Equium



equium®

LIVING IN RESONANCE

Rencontre de l'innovation de l'ATEE Grand Ouest
12 juin 2024

QUI SOMMES-NOUS?

2017-2020

CRÉATION EQUIUM

- Absorption d'HEKYOM et développement de la thermoacoustique
- Marché BtB sur la récupération de chaleur fatale
- Développement de projets

2020-2022

PIVOT TECHNOLOGIQUE ET MARCHÉ - PAC

- Développement d'un cœur thermoacoustique pour les pompes à chaleur en OEM
- Marché de la décarbonation du confort thermique des logements
- Levée de 5M€



2023-2024

PAC FULL EQUIUM

- Développement de produits PAC made in EQUIUM
- Création de l'Equipe PAC
- Levée de 3 M€



- **16 personnes** réunissant les compétences scientifiques, techniques, industrielles et Mkt
- **Un savoir-faire unique** dans la conception et la mise en œuvre de systèmes thermodynamiques
- **10 brevets** publiés + 6 en cours de dépôts



LE CONFORT THERMIQUE DES BATIMENTS

80%

Energie

20 %

CO₂

UNE FORTE VOLONTEE POLITIQUE SUR DES ENJEUX INDUSTRIELS ET DE DECARBONATION

La décarbonation des bâtiments en 2050



1 millions de pompes à chaleur produites en France en 2027



UNE DIFFICILE ÉQUATION

Pour décarboner l'habitat : la nécessaire adoption massive de la PAC alors que :

- bannissement des fluides frigo (FGaz europe)
- nuisances sonores des PAC aéro pour voisinage
- complexité des PAC classiques pour haute température (usage ECS et chauffage rénovation),
- cyclage (impact robustesse et appels de charge)
- pénurie de frigoristes : roll out installation complexe et surcoût
- coût de maintenance X 3 vs chaudière gaz et fiabilité inférieure
- souveraineté : dépendance française aux filières industrielles asiatiques

La solution :
EQUIUM invente
le chauffage harmonique

LE CHAUFFAGE
HARMONIQUE

La simplicité et la robustesse d'un radiateur électrique C l'efficacité d'une pompe à chaleur



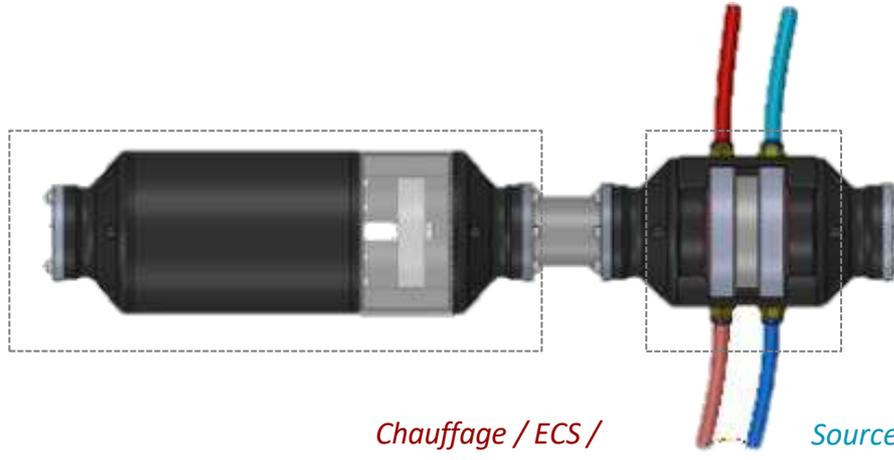
Notre principe actif naturel : l'effet thermique de l'acoustique

Une génération d'ondes
acoustiques à partir
d'électricité

**TRANSDUCTEUR ELECTRO-
ACOUSTIQUE**
Génération d'onde acoustique

qui réalise un **travail de compression
et de détente** (Stirling acoustique)

Afin de générer un **gradient de
température**



CELLULE DE POMPAGE :
2 ECHANGEURS He/EAU

Chauffage / ECS /
Rafraichissement

Sources extérieures de calories
(géothermie / aérothermie ...).

LE CHAUFFAGE HARMONIQUE LÈVE LES VEROUS DU ROLL OUT MASSIF DE LA PAC



CONSOMMATION D'ÉNERGIE OPTIMALE

Gain jusqu'à 20 % grâce au meilleur cycle thermodynamique associée à la modulation acoustique



CONFORT GLOBAL

Silencieux < 30dB
Simplicité de contrôle, sans effet de cyclage



FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTALE

Caz neutre, He, (GWP=0),
compatibilité F-Gas et Reach
Durée de vie doublée



SIMPLICITÉ D'INSTALLATION, DE MAINTENANCE

Installation possible par un plombier/chauffagiste.
Gaz ni inflammable, ni explosif



ROBUSTESSE

Pas de pièces d'usures dans le cœur
Simplicité d'accès à la haute température (>50°C)



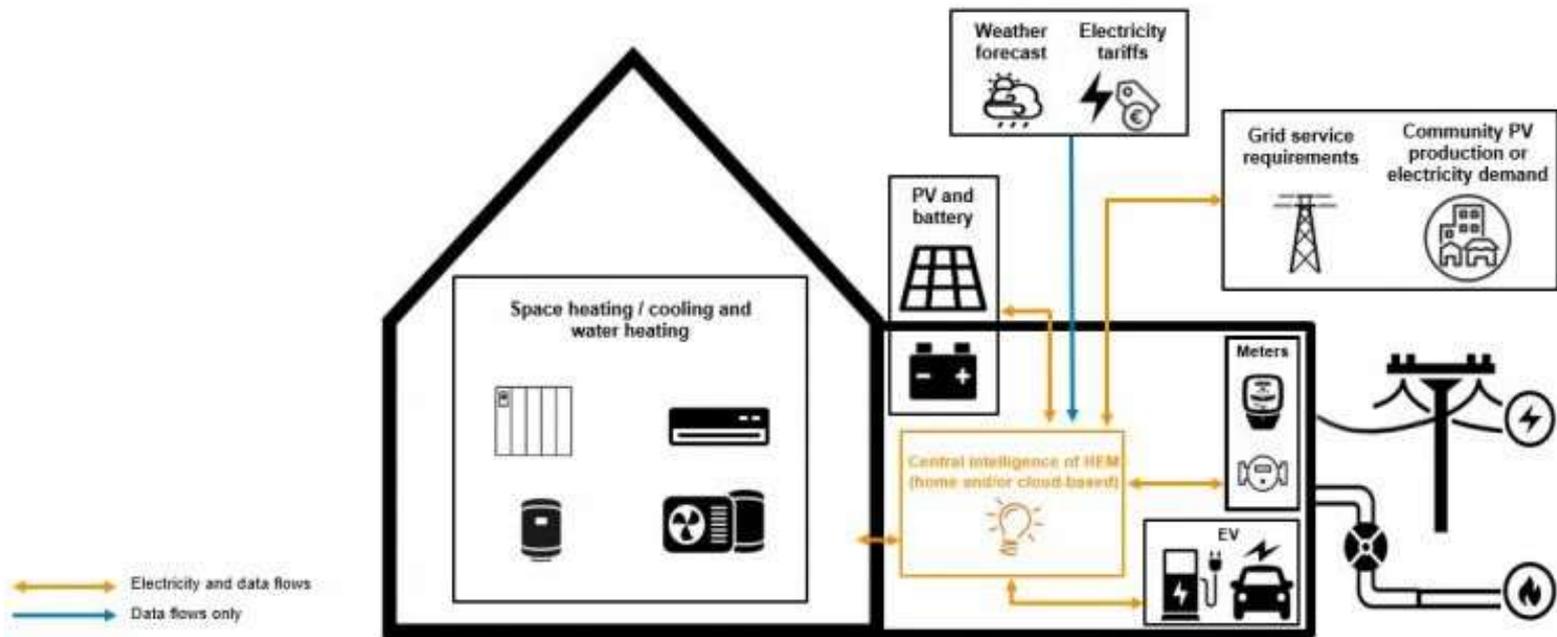
SOUVERAINETÉ INDUSTRIELLE

L'unique pompe à chaleur 100%
made in France a

LE CHAUFFAGE HARMONIQUE LE MAILLON CLE ENTRE SMART GRID / CONFORT THERMIQUE & ENERGY HOME MANAGEMENT



Une flexibilité maximale pour concilier confort thermique et services énergétiques



Source : HEM, LCP DELTA (2023)

PROJET ET GO TO MARKET



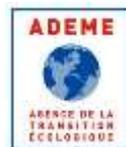
PAC Harmonique présentée lors du SIBCA 2023

Une PAC disponible en deux versions : aérothermique et géothermique



NOS SOUTIENS

bpifrance



**RÉGION
PAYS
DE LA LOIRE**

ATLANPOLE
Land of innovation

NOVABUILD
LECOCONSTRUCTION EST NOTÉE AVOIR

EMC2

S2e2
SMART ELECTRICITY CLUSTER

**LE
COQ
VERT**

**LE
FRENCH
FAB**



ATEQ



enthéos



CSTB
le futur en construction

**IMPULSE
PARTNERS**

Mouvement
**IMPACT
FRANCE**



Philippe LOYER
Responsable Marketing Produit
Philippe.loyer@equium.fr
06 24 35 24 00



MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION

