

Les travaux de l'AIE PCT HPT Heat Pumping Technologies



Michèle MONDOT – Pierre PARDO



POURQUOI CE WEBINAIRE ?

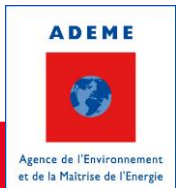
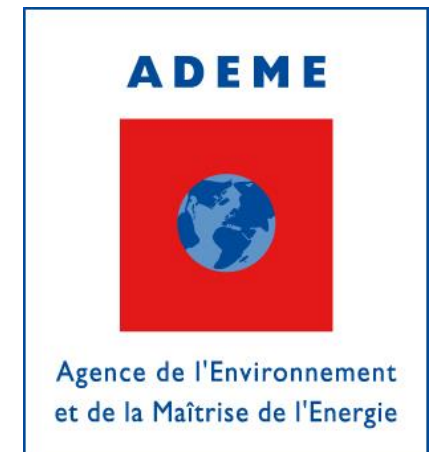
- La France est membre de l'AIE et participe au PCT « Heat Pumping Technologies »

- **Représentant légal : ADEME – Paul KAAIJK**

- <https://www.ademe.fr/collaboration-lagence-internationale-lenergie>

- Missions confiées par l'ADEME au CETIAT

- **Assurer la représentation de la France au HPT**
 - **Valoriser les activités du HPT auprès de la filière professionnelle française**
 - **Promouvoir une participation active aux travaux du HPT, en particulier les Annexes**

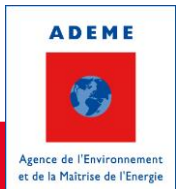


SOMMAIRE DU WEBINAIRE

- Fonctionnement et activités de l'AIE PCT HPT
- Annexe 42 : Les PAC dans les smart grids
 - **Objectifs de l'Annexe**
 - **Principaux résultats**
- Lancement de l'Annexe 54 : PAC avec fluides frigorigènes à faible GWP
 - **Objectifs de l'Annexe**
 - **Programme et participation**

Fonctionnement et activités de l'AIE PCT HPT

- AIE : Agence Internationale de l'Energie
 - **Structure accueillante pour projets internationaux sur les EnR et l'EE : les *Programmes de Collaboration Technologique (PCT)***
- HPT: Heat Pumping Technologies
 - **Application de la technologie de la pompe à chaleur dans tous domaines (résidentiel, industriel, chauffage / climatisation / ECS, réfrigération, PAC électrique ou gaz, ...)**
- 16 pays participants
 - **AT, BE, CH, DE, DK, FI, FR, IT, NL, NO, SE, UK**
 - **USA, CDN, JPN, SKR**
 - **Chine ?**



AIE PCT HPT

- Le HPT permet de travailler et d'échanger avec les acteurs internationaux
 - **Mettre en réseau des acteurs internationaux d'excellence**
 - **Optimiser les orientations de recherche nationale et internationale**
 - **Gagner en efficacité par la mise en commun des fonds et des capacités**
 - **Définir la recherche commune sur les besoins partagés**
 - **Anticiper de façon partagée les futures évolutions et les recherches à venir**
 - **Profiter de la compétitivité internationale**

AIE TCP HPT

- HPC: Heat Pump Centre
 - **Organe de dissémination et de diffusion des informations du HPT**
 - **Secrétariat du Comité Exécutif du HPT**
 - **Confié à RISE (SE)**

www.heatpumpingtechnologies.org

Compte  [@HeatPumpingTech](https://twitter.com/HeatPumpingTech)

Compte  **Linked in**



LES TRAVAUX COLLABORATIFS : « ANNEXES »

- Idées émanant de réunions annuelles de brainstorming : National experts meetings
- Rédaction d'un Legal Text décrivant
 - **Les objectifs, le programme de travail (Tasks)**
 - **Les livrables (rapports), durée et planning**
- Adoption d'une nouvelle Annexe
 - **Pilotage par un Operating Agent**
 - **Participation de 2 pays mini.**
 - **Par le Comité Exécutif**

LES TRAVAUX COLLABORATIFS : « ANNEXES »

- Principe de collaboration
 - **Autofinancement des contributions techniques des participants dans une ou plusieurs tâches**
 - **Participation financière aux frais de coordination de l'Annexe par l'Operating Agent**
 - De 3000 € à 7000 € / an selon nombre de pays participants
 - **Rédaction d'articles pour les différents supports d'information du HPT**
- Site internet pour chaque Annexe
 - <http://heatpumpingtechnologies.org/annex50/>
- Depuis 1978, 54 Annexes ont été réalisées dans tous les domaines relatifs aux PAC

LES TRAVAUX COLLABORATIFS : « ANNEXES »

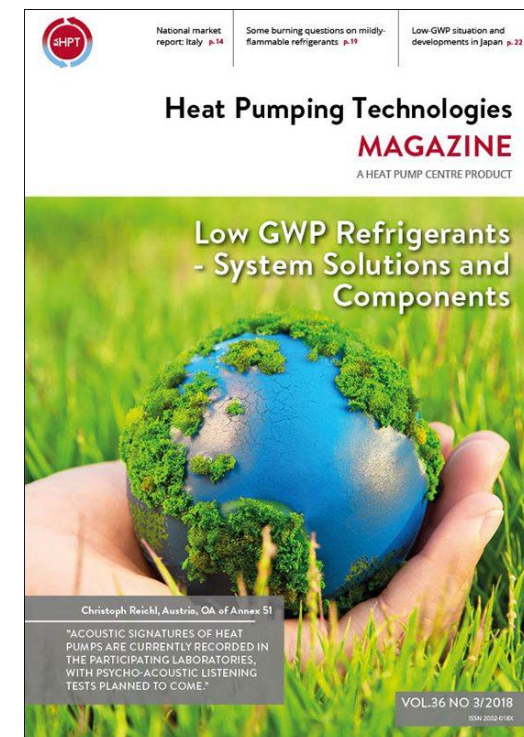
- Programme de travail type : définition des Tasks
 - **Donnés marché, État de l'art**
 - **Description des systèmes / concepts**
 - **Modélisation / développement outils**
 - **Développement de solutions / systèmes**
 - **Développement de prototypes et monitoring**
 - **Projets exemplaires**
 - **Communication et Dissémination**
- Le rapport final doit être approuvé par l'ExCo pour clôturer une Annexe

LES TRAVAUX COLLABORATIFS : « ANNEXES »

Heat pump systems with low GWP refrigerants	54	US JPN, IT, SKR, SE	17 January 2019 31 December 2021
Advanced Cooling/Refrigeration Technologies Development	53	US DE, SKR, SE	12 October 2018 31 July 2020
Long term performance measurement of GSHP Systems serving commercial, institutional and multi-family buildings	52	SE FI, NL, US, UK	1 January 2018 31 December 2021
Acoustic Signature of Heat Pumps	51	AT FR , IT, SE, DE	1 April 2017 31 March 2020
Heat Pumps in Multi-Family Buildings for space heating and DHW	50	DE AT, FR , IT, NL	1 January 2017 31 May 2020
Design and integration of heat pumps for nZEB	49	CH AT, BE, DE, NO, SE, US	1 October 2016 30 November 2019
Industrial Heat Pumps, Second Phase	48	DE FR , JPN, CH, UK, AT	1 April 2016 31 March 2019
Domestic Hot Water Heat Pumps	46	NL CDN, FR , JPN, SKR, UK, CH, US	1 January 2016 30 September 2019

LES ACTIVITES DE DISSÉMINATION ET DIFFUSION DES INFORMATIONS

- Rapport d'activités annuel
- HPT Magazine (3 n°/an)
 - Infos marchés / Articles techniques
 - Point avancement sur les Annexes en cours
 - Lecture en ligne possible
 - Téléchargement gratuit de tous les numéros



LES ACTIVITÉS DE DISSÉMINATION ET DIFFUSION DES INFORMATIONS

- Conférences

- **12ème édition : 15-18 mai 2017, Rotterdam (NL)**
- **13ème édition : 11-14 mai 2020, Jeju Island (SKR)**
 - Call for papers : Janvier – 15 mai 2019
 - Soumission des articles : Novembre 2019
 - www.hpc2020.org



The 13th International Energy Agency
HEAT PUMP CONFERENCE

MAY 11-14, 2020
RAMADA PLAZA HOTEL JEJU, JEJU, KOREA

LES ACTIVITES DE DISSÉMINATION ET DIFFUSION DES INFORMATIONS

- Publications disponibles sur le site
 - **Proceedings des conférences (→2014)**
 - **Rapports / résumés des Annexes**
 - **Articles du HPT Magazine**
 - **Proceedings des workshops**
 - **Données marché / travaux R&D par pays**

[Contact us](#)[News](#)[Activities](#)[Market & technology](#)[Member login](#)[Disclaimer](#)[Cookies](#)

About

About HPT TCP, HPC, IEA and our conference

Projects

All ongoing and completed projects/annexes

Publications

The results and publications within HPT TCP

HPT Magazine

Our Magazine about technology, markets and development

Conference

Heat pump conference 2020 in Jeju, South Korea

Les travaux de l'AIE PCT HPT Heat Pumping Technologies

Questions / Réponses

AIE PCT HPT

Annexe 42 : Les PACs dans les réseaux intelligents

Pierre PARDO

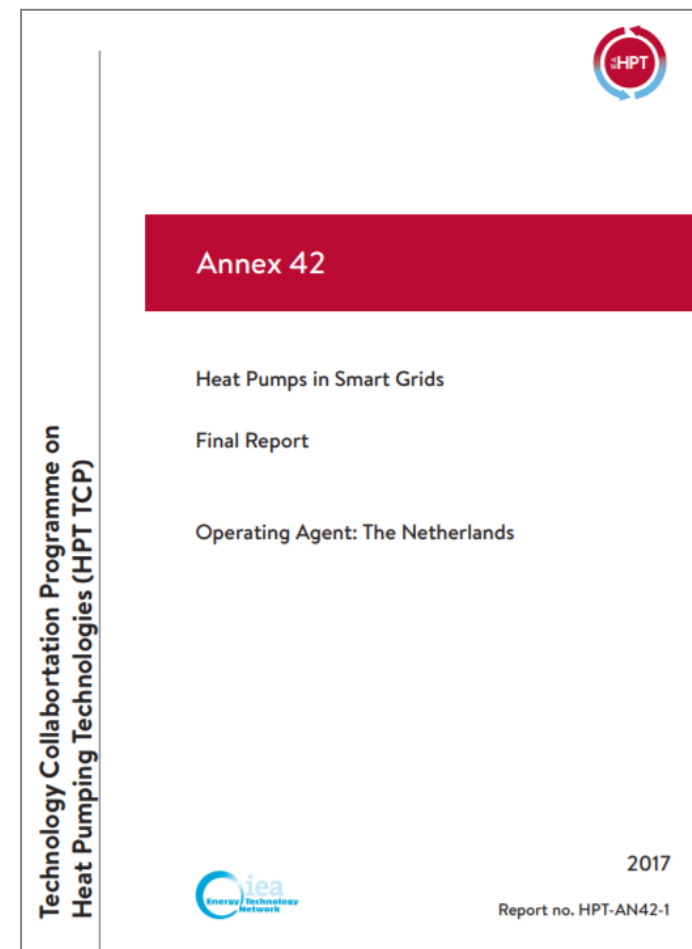
Présentation de l'Annexe 42

Titre : Heat Pumps in Smart Grids

9 pays participants : Pays-Bas (NL) (Operating Agent), Autriche (AT), Suisse (CH), Allemagne (DE), Danemark (DK), **France (FR)**, Corée du Sud (KR), Angleterre (UK), États-Unis (US)

Date de début : Mai 2013

Date de fin : Janvier 2017



Présentation de l'Annexe 42

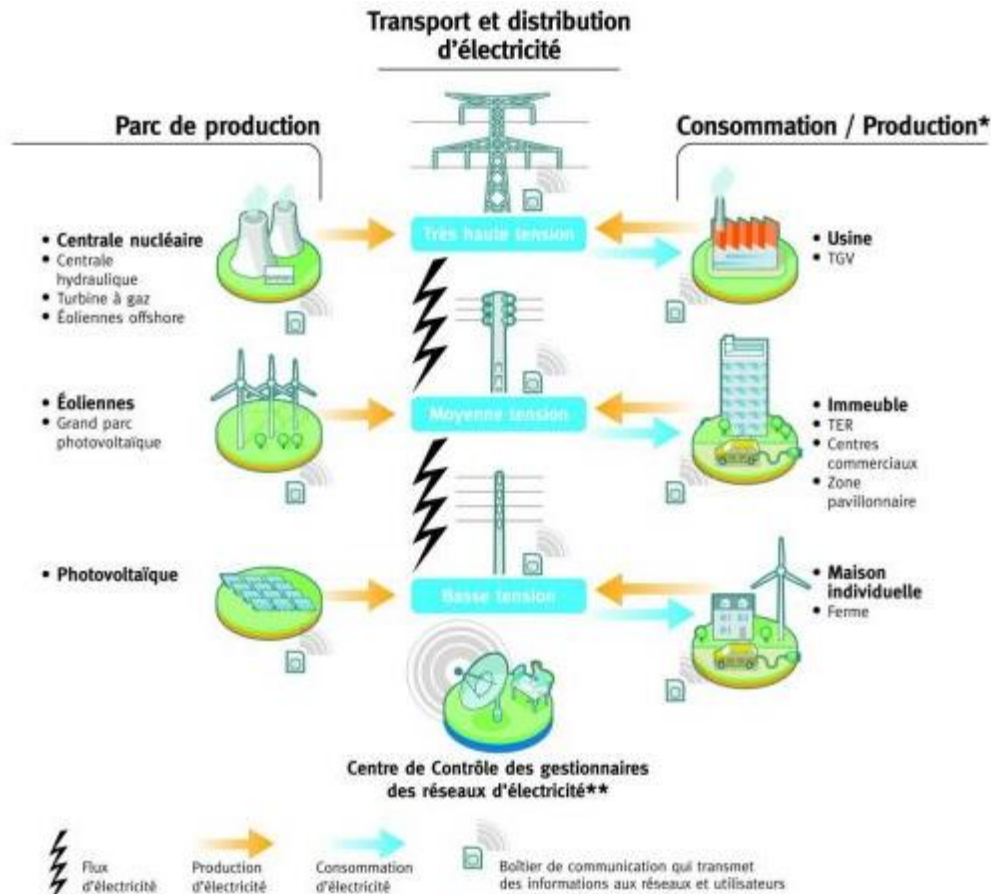
- AT : Austrian Institute of Technology, TU Graz
- CH : Hochschule Luzern
- DE : Fraunhofer ISE
- DK : Danish Technology Institute
- FR : EDF
- KR : Korea Institute of Energy Research
- NL : BDH, Alliander, TNO
- UK : Dept. for Business, Energy & Industrial Strategy, Delta-EE
- US : Electric Power Research Institute, Oak Ridge National Laboratory

Objectifs de l'Annexe 42

Mieux comprendre les opportunités d'utilisation des PACs dans les réseaux intelligents afin de réduire les consommations d'énergie primaire, les émissions de CO₂ et les coûts énergétiques

- Créer un réseau d'experts
- Développer les connaissances et répertorier les informations existantes
- Générer des informations pour les décideurs et pour les parties prenantes du secteur des PACs
- Identifier/ connaître les processus décisionnels liés aux PACs
- Trouver une synergie avec la production d'énergie renouvelable pour accroître la flexibilité du réseau
- Utiliser les nouvelles technologies et identifier les besoins en développement technologique

Quels sont les principaux acteurs des smart grids ?



- **Les énergéticiens** : producteurs d'électricité, gestionnaires de réseaux de transport et de distribution d'électricité et fournisseurs d'électricité
- **Les décideurs et institutionnels** : l'État, l'ADEME, l'ANR, CRE (e.g. FR)
- **Les agrégateurs** : offrent de la flexibilité au fournisseur d'énergie en lissant la demande
- **Les consommateurs** : les utilisateurs finaux/ usagers

Structure de l'Annexe 42

- Tâche 1 : État de l'art
 - **Quel est le potentiel des PACs à capter la flexibilité? Analyse par pays**
- Tâche 2 : Scénarios et Modélisation
 - **Approfondir les connaissances sur l'intégration des PACs dans un réseau intelligent et identifier les avantages/inconvénients**
- Tâche 3 : Projets de démonstration
 - **Recensement et analyse des projets de démonstration existants**
- Tâche 4 : Feuille de route

Tâche 1 : État de l'art

- Comprendre le statut actuel et les modifications futures de l'utilisation des PACs dans les réseaux intelligents
- **5 facteurs** permettent de déterminer le potentiel des PACs :



Drivers for HP in
smart grid /
flexibility

1



Potential size of
flexible HP
resource

2



Building stock
characteristics

3



Energy pricing
level &
structure

4



End-user impact

5

Quel est le potentiel des pompes à chaleur à capter la flexibilité en France ?

Table 3 – Detailed comparison of countries with respect to five main differentiators for successful smart HP practice.

Country	 Drivers	 Potential size	 Buildings	 Prices	 End-user	 Overall
AT	+	±	+	±	-	±
CH	±	+	±	±	±	+
DE	+	+	±	-	+	±
DK	+	-	±	-	±	±
FR	+	+	±	+	±	+
KR	+	-	±	-	-	±
NL	±	-	-	-	-	-
UK	±	-	-	±	-	-
US	+	±	-	±	±	±

En France, la **congestion du réseau** et les **marges journalières d'exploitation** sont déjà un défi à gérer. Le marché du chauffage électrique est le plus important d'Europe, et les PACs en constituent une part non négligeable.

Il existe une ressource de flexibilité potentiellement importante et une grande expérience dans la gestion des temps de fonctionnement du chauffage électrique.

Le **principal défi** en France est de transposer ce qui a fonctionné pour le chauffage électrique aux PACs et de savoir comment profiter de la flexibilité dans un parc de bâtiments vieillissants.

Principaux défis identifiés



Caractéristiques du bâti

Comment la chaleur est-elle stockée dans les bâtiments et comment peut-elle être puisée pour générer de la flexibilité ? Les bâtiments neufs sont-ils la seule ressource de flexibilité ?



Limites du stockage dans les logements (limite physique)

Quelles sont les opportunités d'obtenir de la flexibilité si les systèmes de stockage sont limités ? Quel peut-être le rôle des systèmes hybrides et des PACs air/air ?



Limites économiques (notamment pour l'utilisateur final)

Est-il possible pour l'utilisateur final d'obtenir un bénéfice financier s'il fournit de la flexibilité au réseau ?



Perception par l'utilisateur final

Quels sont les meilleurs moyens d'influencer le comportement de l'utilisateur final et de stimuler sa volonté pour contribuer à la flexibilité ?

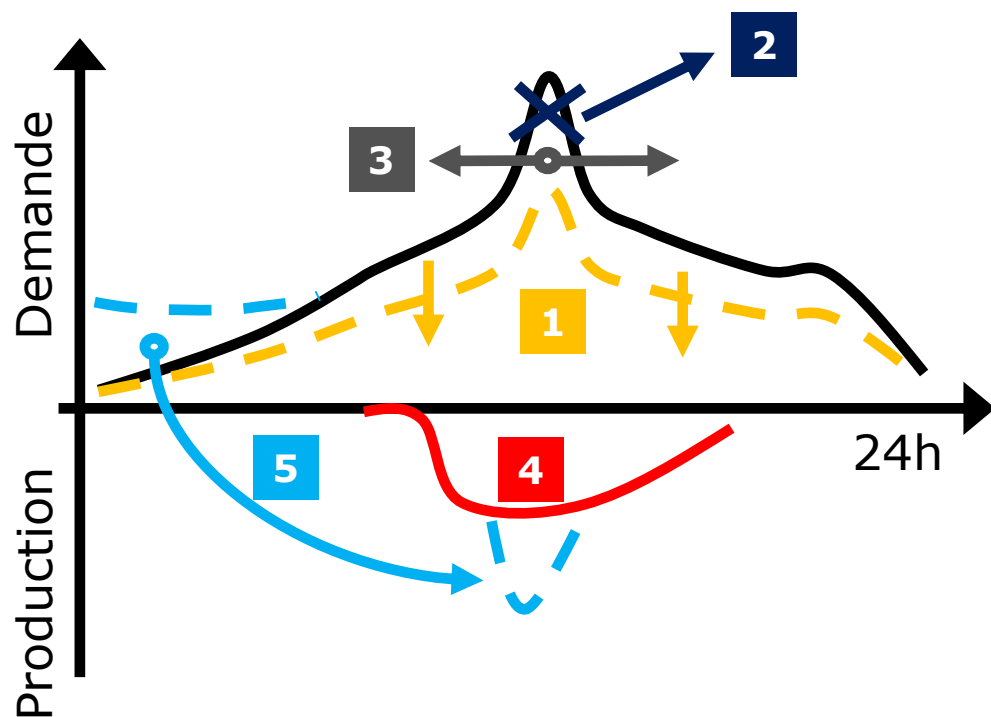
Tâche 2 : Scénarios et Modélisation

- Approfondir les connaissances de l'intégration des PACs dans un réseau intelligent et identifier les avantages/inconvénients
- Explorer la flexibilité potentielle que peuvent offrir les PACs dans un réseau intelligent

Définitions de la flexibilité

1. fraction de la journée pendant laquelle le confort thermique est maintenu et la pompe à chaleur ne fonctionne pas
2. durée d'interdiction de fonctionnement de la PAC
3. capacité à suivre un signal externe (e.g. prix de l'électricité)

Illustration des scénarios d'agrégation



	Action	Impact sur la consommation	
		Énergie	Puissance
1	Efficacité énergétique	↘ ↘	↘
2	Réduction directe de la pointe	↘	↘ ↘
3	Déplacement de la pointe	↘ ou → ou ↗	↘ ↘ ou ↘
4	Production locale au moment de la pointe	→	↘ ↘
5	Stockage / Déstockage	↗	↘ ↘

Thématiques traitées en modélisation

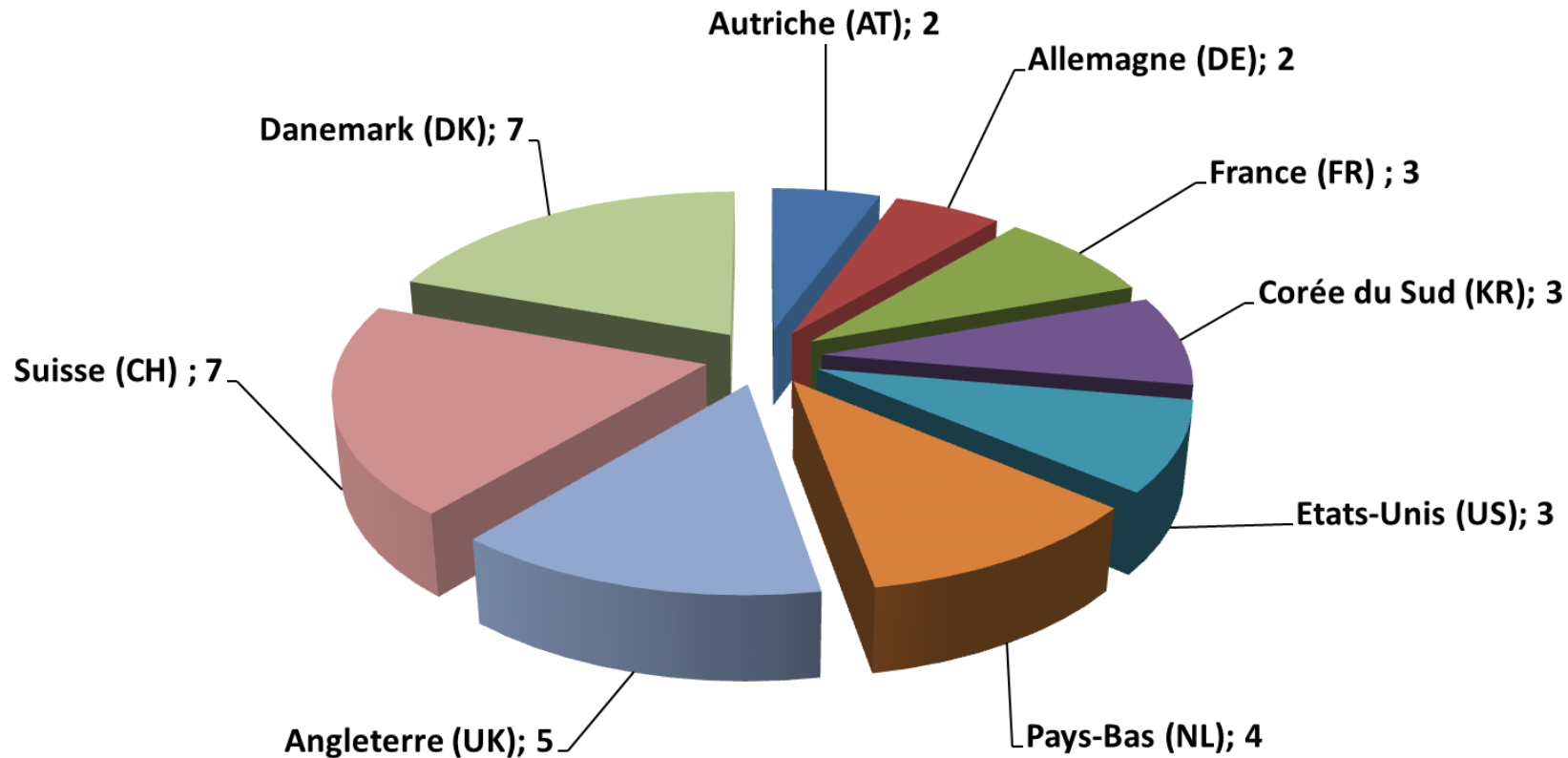
PAYS	SUJETS
CH, UK, DE	Flexibilité
FR , DE, UK	Déplacement de la pointe de consommation
DK, UK	Réduction de la pointe de consommation
DE, AT, FR , CH	Stratégies de contrôle et modèle prédictif
DK, CH, UK	Durée d'interdiction de fonctionnement de la PAC
AT, DE	Gestion d'un groupement de PAC
FR	Régulation de la charge partielle de la PAC
CH, AT	Contrôle par un signal extérieur (prix)
DE, AT	Gestion de la charge résiduelle intermittente (PV et éolien)

Principales conclusions des modélisations

1. Influence significative du bâti sur le degré de flexibilité et sur la durée de non fonctionnement de la PAC
2. Flexibilité accrue par l'intégration de stockage thermique, mais efficacité énergétique réduite
3. Un fonctionnement intelligent conduit à une consommation d'électricité plus élevée
4. Une forte pénétration des PACs pourrait avoir un impact négatif sur le réseau d'alimentation basse tension et conduire à des congestions du réseau
5. Les PACs sont capables de fournir un niveau de flexibilité utile sans intervention significative sur le système de chauffage ou la structure du bâtiment

Tâche 3 : Projets de démonstration

- 36 projets de démonstration analysés



Questions traitées dans les projets

Q1 - Quelle est la valeur des PACs pour répondre à des décalages de pointe et à d'autres mesures d'agrégation ?

Q2 - Quels sont les méthodes de régulation, les technologies et les protocoles nécessaires pour fournir une réponse à la demande fiable ?

Q3 - Quelle est la perception des usagers soumis aux mesures d'agrégation ?

Q4 - Quel est le potentiel technique des PACs dans les bâtiments résidentiels pour contribuer à la flexibilité des réseaux intelligents ?

Q1 - Value of HPs for DSR



Q2 - Control methods, technologies & protocols



Q3 - Customer behaviour



Q4 - Building response & technical potential



■ Fully addressed ■ Partially addressed ■ Not addressed

Scénarios d'agrégation testés

PAYS	Nb	SCENARIOS
AT, CH, DE, DK, FR , NL, UK, US	22	Déplacement / Réduction de la pointe de consommation
DK, UK	4	Infrastructures de communication standardisées
AT, CH, DE, DK, FR , NL, KR, UK	20	Prix de l'énergie dynamique
CH, DE, NL, KR, UK	10	Intégration des énergies renouvelables
CH, DE, DK, FR , UK	6	Agrégation de la charge
CH	6	Autonomie énergétique
CH, DK, KR, UK	5	Modèle économique

Défis majeurs liés aux usagers

- Comprendre et anticiper le comportement des usagers
- Intégrer les usagers dans l'expérimentation

L'engagement des usagers est un point clé :

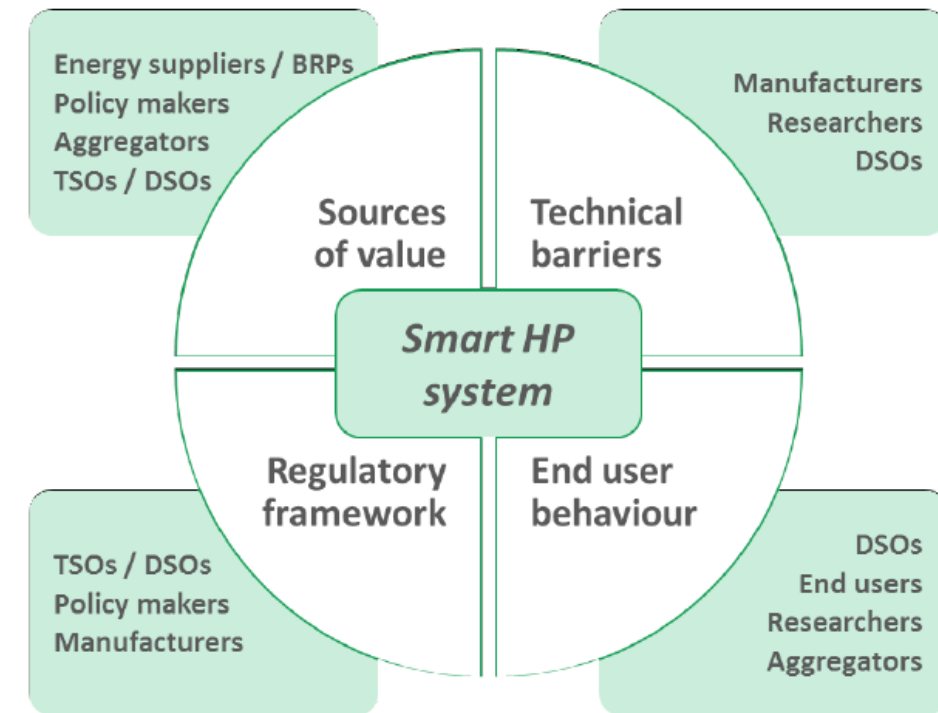
- Usagers avec une compréhension et un intérêt limités pour les technologies de chauffage et souvent peu impliqués
- Usagers intéressés par le projet et ayant donné un retour positif mais sans engagement particulier
- Usagers avec un engagement et une réponse très positive et fortement impliqués dans l'expérimentation

Tâche 4 : Feuille de route

Quelles réponses peuvent apporter les PACs dans des réseaux intelligents ?

- Maîtriser la charge du réseau pendant la production d'énergie renouvelable
- Maintenir la charge du réseau sous contrôle dans des conditions climatiques extrêmes
- Augmenter l'autoconsommation des énergies renouvelables
- Vendre de la flexibilité au réseau, au profit des opérateurs du réseau (gestionnaire, distributeur, agrégateur, etc...)
- Accroître part des PACs dans le système énergétique

Main challenges and stakeholders



Les travaux de l'AIE PCT HPT Heat Pumping Technologies

Questions / Réponses

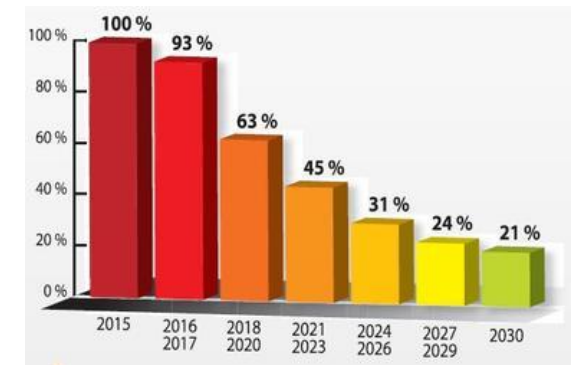
AIE PCT HPT

Annexe 54 : Pompes à chaleur utilisant des fluides frigorigènes à faible GWP

Michèle MONDOT

CONTEXTE DE L'ANNEXE

- Amendement de Kigali au Protocole de Montréal (2016) : réduction progressive des HFCs
 - **Les pays signataires s'engagent à réduire la production et l'utilisation de HFC de plus de 80% en 30 ans**
 - Réduction des émissions équivalent à 80 milliards de tonnes CO₂ d'ici à 2050
 - Limitation du réchauffement climatique à 0.5 °C en 2100
- Règlement F-gas (UE) : calendrier de réduction des émissions de CO₂ de 2/3 d'ici 2030



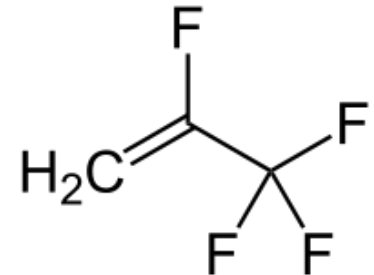
CONTEXTE DE L'ANNEXE

- Analyse d'un nombre important de fluides frigorigènes à faible GWP
 - **Programme Low GWP-AREP II de l'AHRI**
 - **Remplacement des R404A, R410A et R22/R407C**
- Fluides de remplacement

Puissance de PAC	Fluide frigorigène faible GWP
Petite puissance AC/HPs (faible charge)	R290 (A3)
Puissance moyenne AC/HPs	R32 (A2L), CO ₂ (A1), mélanges (A1 ou A2L)
Puissance élevée AC/HPs	HFOs (A2L), mélanges (A1)

CONTEXTE DE L'ANNEXE

- Les systèmes AC/HPs devront utiliser des fluides frigorigènes à faible GWP
- Les fluides faible GWP ($GWP < 700$) comprennent
 - **Le R32**
 - **Des HFO et mélanges**
 - **Des fluides « naturels » : HCs, CO_2 et H_2O**
- L'efficacité énergétique est aussi importante
- Les fluides candidats au remplacement des HFCs ont des propriétés thermophysiques, thermodynamiques et des caractéristiques de transfert thermique très diverses



LES OBJECTIFS DE L'ANNEXE

- Promouvoir l'utilisation de fluides à faible GWP pour accélérer la réduction des HFCs
- Développer des recommandations de conception pour des composants et systèmes optimisés pour ces nouveaux fluides

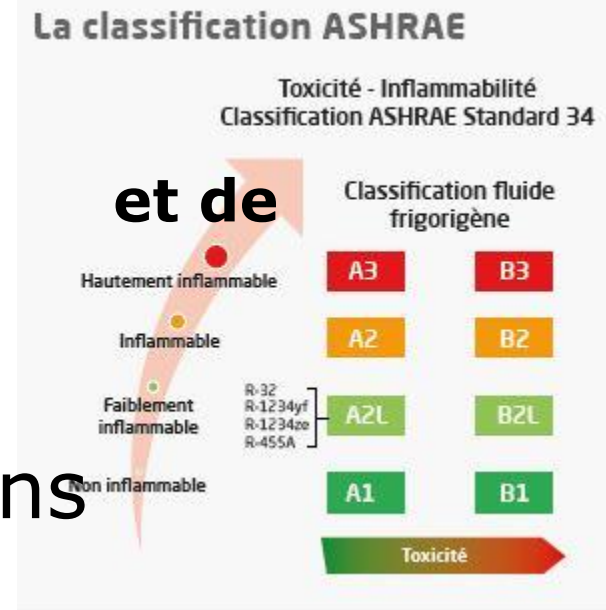


AXES DE TRAVAIL

- Recenser les fluides à faible GWP, leurs propriétés et les réglementations/normes applicables
- Examiner la sécurité et l'inflammabilité des fluides, utilisation de fluides inflammables
- Optimiser les composants et systèmes
- Analyser les impacts sur LCCP (Life Cycle Climate Performance) des systèmes actuels et des conceptions optimisées avec des fluides à faible GWP
- Établir des perspectives pour les AC/HPs avec fluides à faible GWP pour 2030

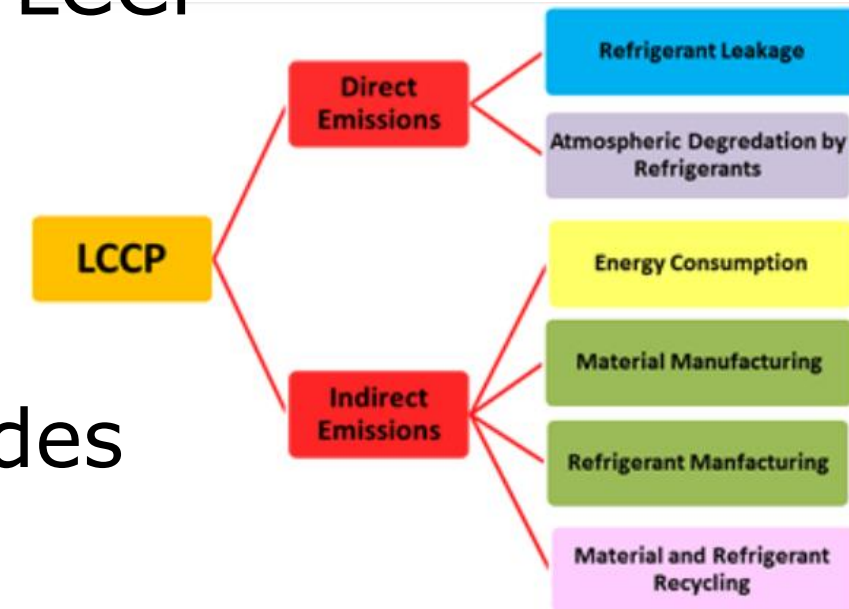
PROGRAMME DE TRAVAIL

- Tâche 1 : Examen des technologies et des fluides
 - **Les fluides à faible GWP les plus récents, composants et architectures actuels, règlements et normes en vigueur, propriétés thermophysiques, thermodynamiques transfert thermique, sécurité et inflammabilité, utilisation de fluides inflammables**
- Tâche 2 : Études de cas et recommandations de conception pour l'optimisation des composants et systèmes



PROGRAMME DE TRAVAIL

- Tâche 3 : Examen de l'impact de l'optimisation de la conception sur la réduction du LCCP
- Tâche 4 : Perspectives pour 2030
- Tâche 5 : Rapport et dissémination des informations



DÉROULEMENT DE L'ANNEXE

- Annexe validée par ExCo en octobre 2018
- Operating Agent 
 - **Yunho WANG, University of Maryland, USA**
- Pays engagés à participer (à ce jour)
 - **Oui : US, Italie, Japon, Corée du Sud, Suède**
 - **Peut-être : Autriche, Allemagne, Canada**
 - **France ?**
- Organismes et industriels intéressés
 - AHRI, EHPA
 - Chemours, Daikin, Danfoss, Emerson, Honeywell, JCI

DÉROULEMENT DE L'ANNEXE

- Contributions
 - **De tous les pays si possible dans les Tâches 1, 2 & 3**
 - **Rapport de synthèse par le pilote de chaque Tâche (à nommer)**
- Diffusion des informations
 - **Articles, workshops, rapports d'étude**
 - **Public visé :**
 - Constructeurs de composants et systèmes
 - Bureaux d'études, ingénierie
 - Experts en sécurité et inflammabilité
 - Décideurs politiques
 - ONG engagées dans des programmes de réduction des consommations énergétiques et des impacts environnementaux

DÉROULEMENT DE L'ANNEXE

- Planning prévisionnel

Début	Fin	Activité
Janvier 2019	Juin 2019	Réunion de lancement (12/01/2019) Appel à participants
Juin 2019	Décembre 2019	Tâche 1
Janvier 2019	Décembre 2020	Tâche 2
Janvier 2021	Juin 2021	Tâche 3
Juin 2021	Novembre 2021	Tâche 4
Décembre 2021	Décembre 2021	Rapport final

- Contribution financière par pays
 - **3000 à 4000 €/an selon nombre de pays engagés**

REUNION DE LANCEMENT

- 12 janvier 2019 à Atlanta (USA) conjointement avec ASHRAE winter meeting
- 20 participants
 - **USA (12), JPN (2), SKR (1), DE (2), BE (1), IT(1)**
 - **FR : 1 personne de JCI**
- Présentations
 - **Low GWP refrigerant solutions for heat pumps, Chemours**
 - **Reduced GWP refrigerant for heat pumps, Honeywell**
 - ***Review of refrigerants evolution, NIST***

REUNION DE LANCEMENT

- Discussions
 - **TEWI plutôt que GWP, importance de la notion de LCCP**
 - **Préciser les applications visées : chauffage / refroidissement / ECS / PAC industrielles ...**
 - **1^{ère} répartition des contributions des participants aux différentes Tâches**
- Prochaine réunion
 - **Août 2019 à Montréal (Canada), conjointement avec ICR2019 ?**

Les travaux de l'AIE PCT HPT Heat Pumping Technologies

Questions / Réponses

CONCLUSIONS

- Webinaire pour vous familiariser avec :
 - **Le fonctionnement de l'AIE PCT HPT**
 - **Les Annexes : sujets et résultats**
- Les questions/réponses ont permis de compléter les présentations
- Comment participer à une nouvelle Annexe ?
 - **Prendre connaissance des nouveaux sujets sur le site de l'AIE HPT**
 - **Contacter le(s) représentant(s) français**
 - Paul KAAIJK (ADEME) - paul.kaaijk@ademe.fr
 - Michèle MONDOT (CETIAT) - michele.mondot@cetiat.fr

A VENIR...

Deux autres webinaires seront organisés en 2019

- **Juin**
- **Octobre**

pour vous présenter d'autres résultats d'Annexes et peut-être de nouvelles Annexes en cours de lancement ?

Merci de votre participation !



Domaine scientifique de la Doua
25 avenue des Arts – BP 52042
69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE

Mail : information@cetiat.fr

Tél : 04 72 44 49 00

Fax : 04 72 44 49 49