



**Le retour d'expérience :  
quel rôle pour l'innovation et la transition  
énergétique?**

**Introduction au cycle de conférences**

Bernard Lachal,  
Université de Genève

22 septembre 2016

## Plan

1. Le cycle de conférence : contenu, organisation
2. Quelques notions clés sur l'innovation
3. Qu'entend-t-on par REX?
4. Le contexte spécifique des REX
5. Discussion : REX, innovation et transition énergétique

CYCLE DE FORMATION ÉNERGIE ENVIRONNEMENT 2016/2017

## Le retour d'expérience : quel rôle pour l'innovation et la transition énergétique?



© Fotofolio, All rights reserved

14 séminaires

Sept 2016 – Juin 2017

ENTREE LIBRE

DÉPARTEMENT F.-A. FOREL  
DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'EAU  
INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT  
GROUPE SYSTEMES ENERGETIQUES



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

## Le retour d'expérience : quel rôle pour l'innovation et la transition énergétique?

Programme (semestre d'automne)

Jeudi	Orateurs	Sujet de la conférence
22 sept. 2016	Bernard LACHAL Université de Genève	Séminaire introductif
6 oct. 2016	Franck GUARNIERI MINES ParisTech	Ingénierie en situation extrême : 5 jours dans l'enfer de Fukushima Dai Ichi
20 oct. 2016	Thierry de LAROCHELAMBERT Institut FEMTO-ST	La transition énergétique du Danemark - un modèle de planification démocratique
3 nov. 2016	Pascale LE STRAT SIG	Les enseignements du programme éco21
17 nov. 2016	Julien CAILLET COSTIC	Simplification et usage d'un modèle de fonctionnement de pompe à chaleur
1 déc. 2016	Jérôme FAESSLER Université de Genève	Retours d'expérience sur la valorisation des géothermies : éléments-clés et enseignements
15 déc. 2016	Gaëtan BRISEPIERRE Sociologue	Bâtiments pionniers de la performance énergétique : appropriation par les habitants et les acteurs professionnels

Le programme du semestre de printemps sera disponible en février 2017

Septembre 2016 / Juin 2017

# Innovation

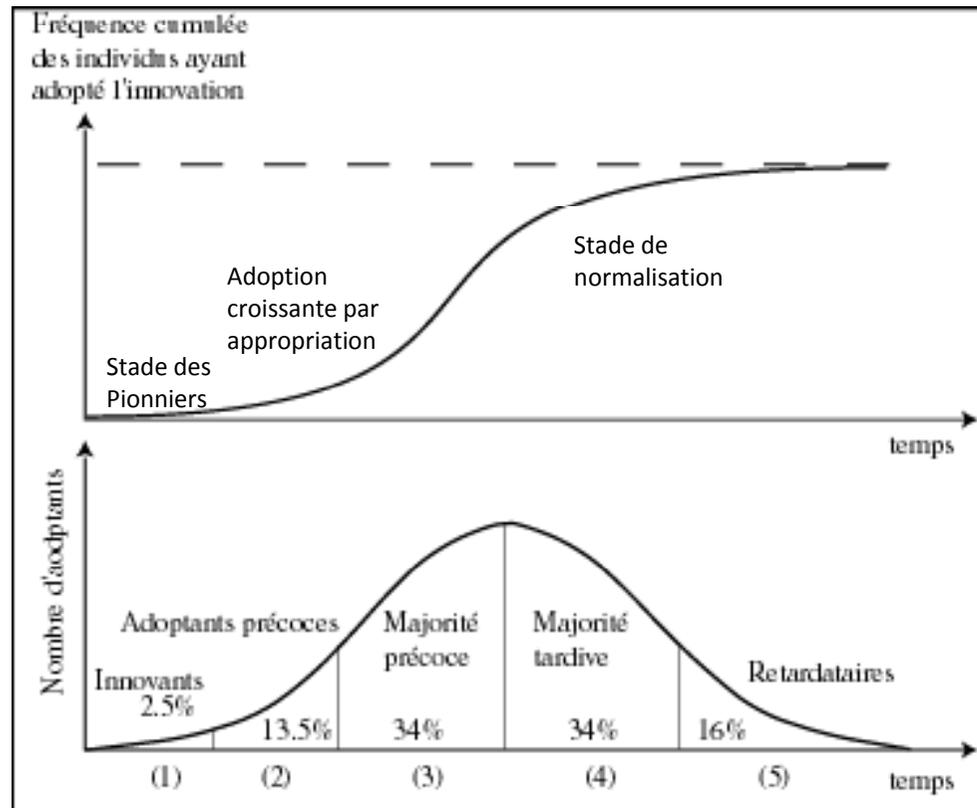
---

***Ce n'est pas parce qu'une technologie est efficace qu'elle se développe, c'est parce qu'elle se développe qu'elle deviendra efficace.***

*« L'innovation est toujours une histoire, celle d'un processus. Elle permet de transformer une découverte, qu'elle concerne une technique, un produit ou une conception des rapports sociaux en de nouvelles pratiques. Mais ce processus n'est pas mécanique, toute découverte ne se transforme pas en innovation. Une découverte peut fort bien demeurer à l'état d'invention ».*

*Alter, « L'innovation ordinaire », puf, 2000*

# Innovation



D'après Rogers, 1995

# Innovation

---

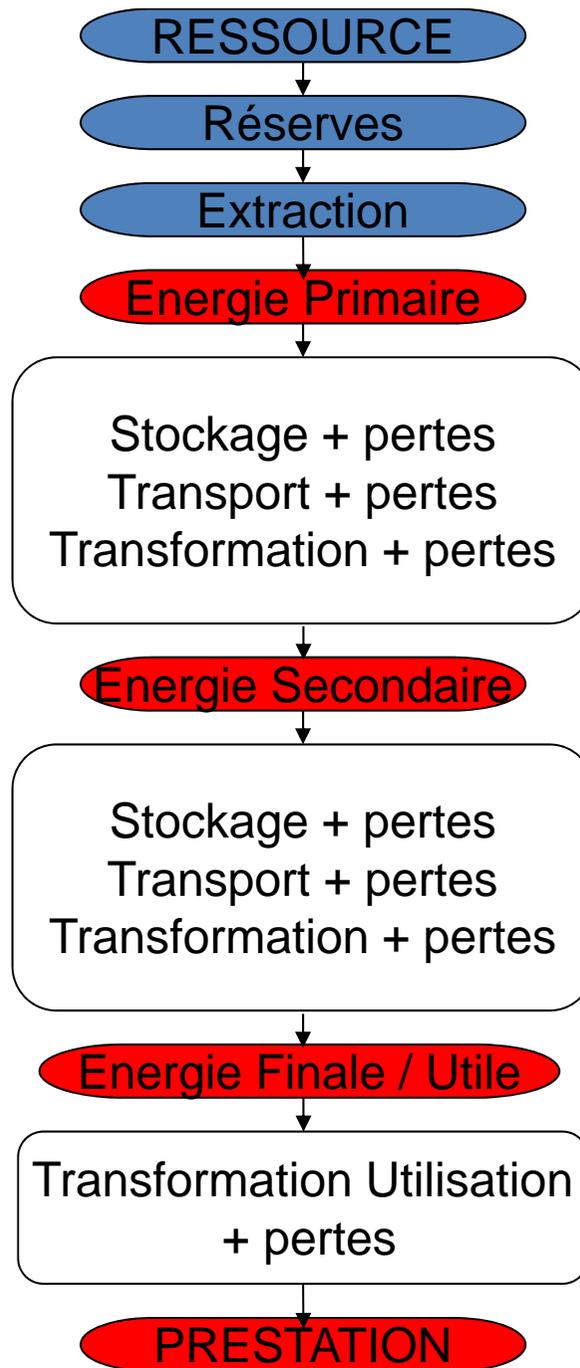
Concept d' *invention dogmatique* d'Alter\* par manque d'appropriation

\* : « *L'innovation ordinaire* », puf, 2000

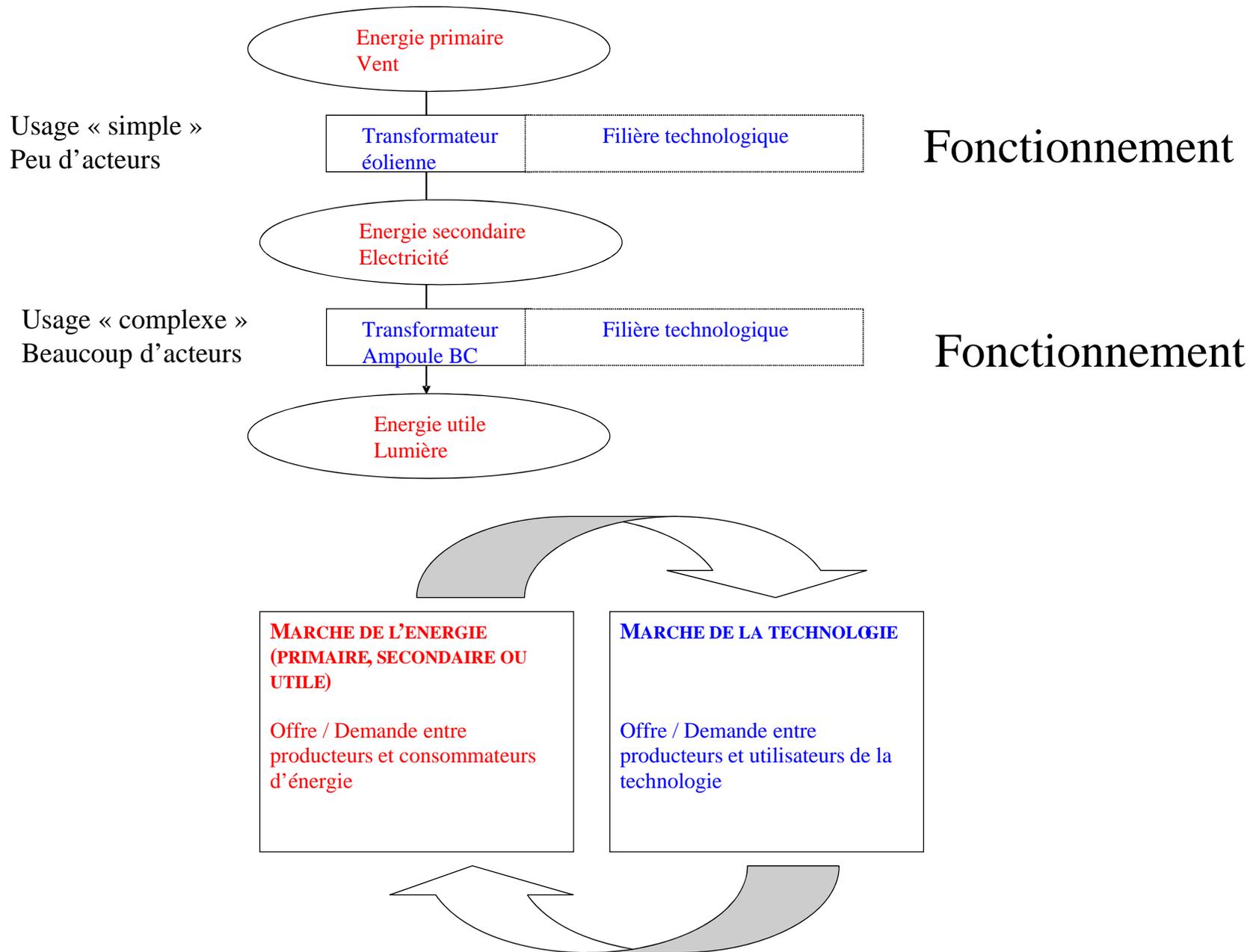


## **Quelques concepts clés**

---



# Systeme technologique et Systeme énergétique



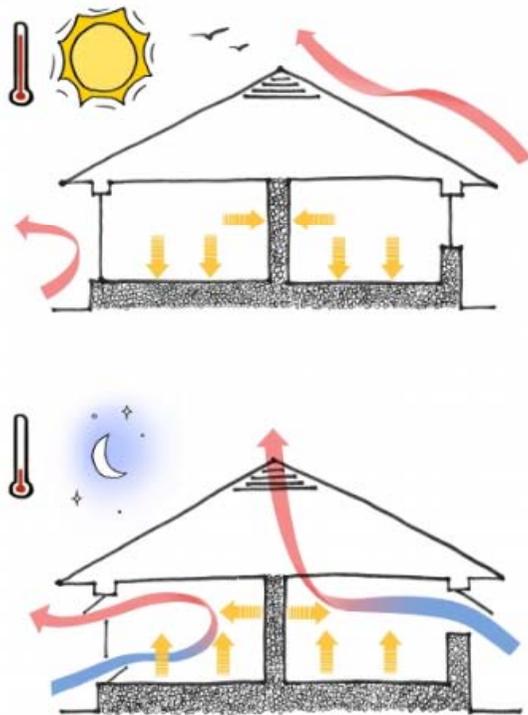
# Fonctionnement et usage

## Exemple : free cooling

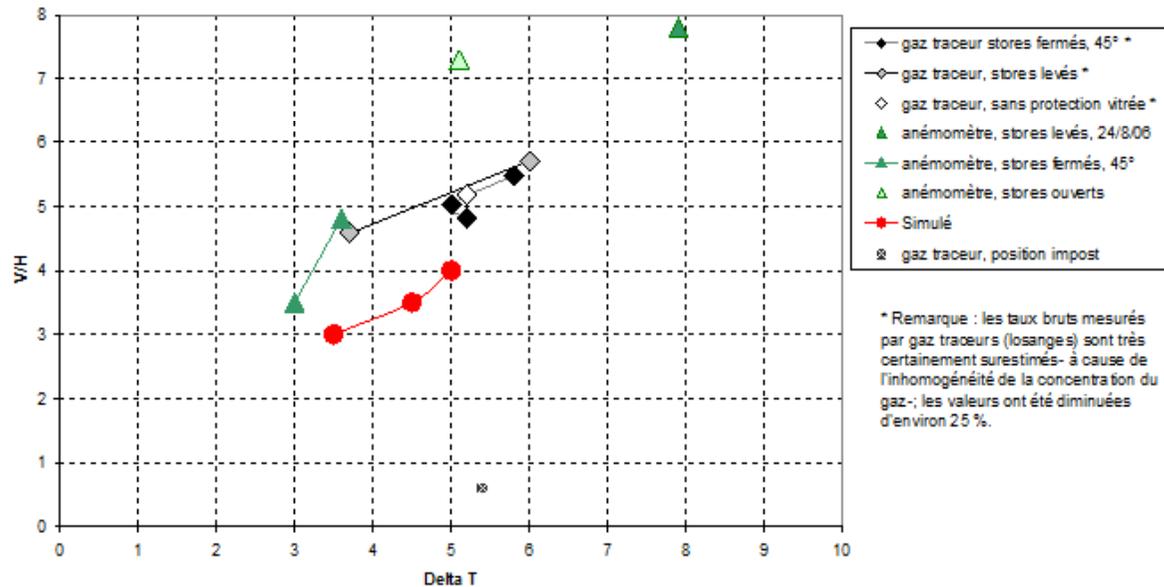
Principe : ouverture des fenêtres quand la température extérieure est plus basse que celle de la pièce à rafraichir (dite aussi ventilation nocturne)

### Fonctionnement :

#### Principe



#### Caractéristique de la fenêtre





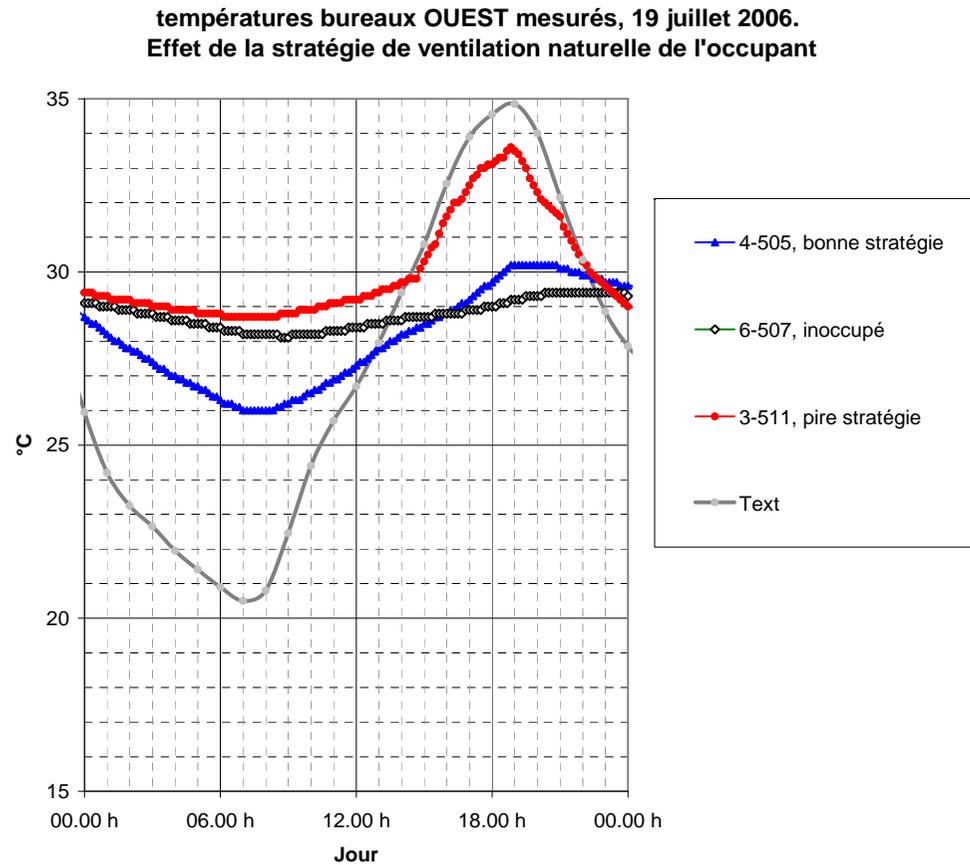
# Fonctionnement et usage

---

## Exemple : free cooling

**Principe : ouverture des fenêtres quand la température extérieure est plus basse que celle de la pièce à rafraichir (dite aussi ventilation nocturne)**

**Usage :**



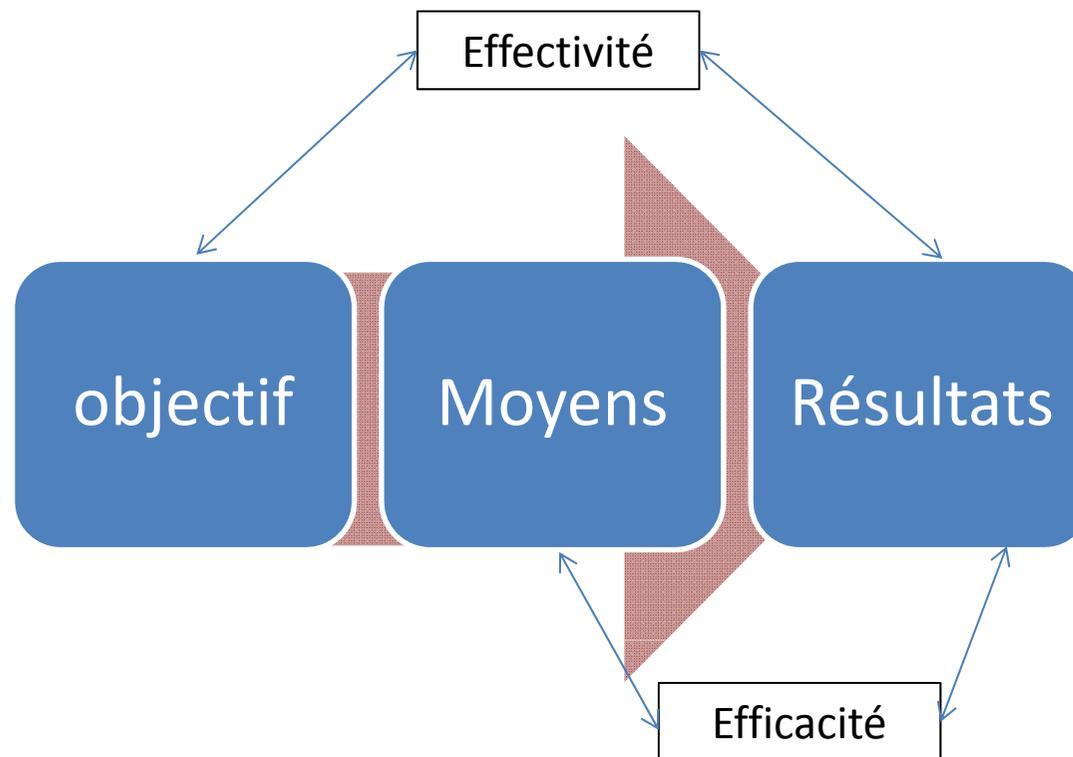
# Objectifs et Moyens – Efficacité et Effectivité

---

## Efficacité

rapport simple (division, avec unité ou %) : l / 100 km; MJ / m<sup>2</sup>; 102 % rendement PCI

## Différence entre efficacité et effectivité (objectifs – moyens – résultats)



# Objectifs et Moyens – Efficacité et Effectivité

---

## Différence entre efficacité et effectivité (objectifs – moyens – résultats)

Exemple du PV pour couvrir 100% de l'énergie électrique d'un bâtiment en moyenne annuelle et qui en fait n'en produit que 50%. **Non Effectif.**

Causes :

1. PV pas efficace comme technologie **Efficacité intrinsèque de la technologie**
2. PV pas efficace comme Système énergétique? **Efficacité de l'installation proposée**
  1. Conditions environnement (toit mal orienté, trop petit, ombrage, salissures,...)
  2. Mauvais suivi?
3. Moyen insuffisant :
  1. Dimensionnement PV? **Moyen mal calculé**
  2. Consommation trop élevée , il faut en parallèle agir sur la consommation ? **Mauvais choix du moyen (objectif comme rapport entre 2 grandeurs)**
4. Etc....

# Objectifs et Moyens – Efficacité et Effectivité

---



# Typologie des REX

---

# Les différents types de retour d'expérience

**Expérience, expérimenté, expérimental, expert, expertise ....**

Le retour d'expérience est un processus structuré, pratiqué à l'occasion, soit :

- d'un accident ou d'une situation d'urgence,
- d'un écart constaté par rapport à la norme ou au fonctionnement normal de l'organisation.

Il constitue avant tout un **outil d'apprentissage pour les organisations.**



**DIRECTION DE LA DÉFENSE ET DE LA SÉCURITÉ CIVILES  
SOUS DIRECTION DE LA GESTION DES RISQUES**

**Bureau de l'Analyse et de la Préparation aux Crises**

Guide méthodologique  
« La conduite du retour d'expérience,  
éléments techniques et opérationnels »



© Photo DDSC : Réunion de retour d'expérience 28 juin 2006 à la DDSC relative à l'envoi des détachements de Sécurité Civile dans le cadre de la lutte contre le Chikungunya dans les îles de la Réunion et de Mayotte.

# Les différents types de retour d'expérience

---

Dans le cadre d'un REX concernant un écart constaté ou attendu/craint, un paramètre clé dans la conception, la réalisation et les connaissances issues de REX en énergie : **son aspect normatif.**

**Réponse attendue : type binaire (oui – non, responsable ou non responsable)**

## **Expertise, l'innovation contestée**

**Exemple :** « *déterminer l'origine des dysfonctionnements et défauts de l'installation de chauffage de l'immeuble xx, de transmettre des propositions d'amélioration, respectivement de réparation ou de modification, et enfin de déterminer les responsabilités et définir la part d'erreur qui peut-être imputée au concepteur* »

# Les différents types de retour d'expérience

---

Réponse attendue : Propositions d'amélioration d'un système qu'on veut améliorer,

**Audits ou la pratique de l'innovation**

processus d'amélioration continue

# Les différents types de retour d'expérience

---

Réponse attendue : connaissances partagées

**Le retour d'expérience idéal : évaluer in situ l'appropriation d'une innovation, favoriser les bonnes pratiques**

**apprentissage « par usage » partagé.**

# **Les différents types de retour d'expérience**

---

**Grosse différence dans le type de connaissances développées:**

**Expertise : implicite**

**Audit : Implicite et/ou explicite, selon acteurs et cas**

**REX idéal : implicite et explicite**

# **Les caractéristiques des REX (in situ) par rapport au labo (in vitro)**

---

# Les caractéristiques des REX (in situ) par rapport au labo (in vitro)

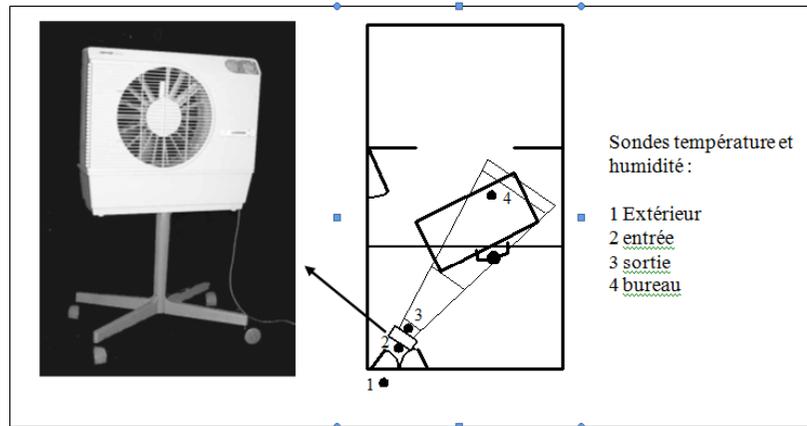
---

**IN situ** : fonctionnement en usage de systèmes énergétiques innovants

**In vitro** : fonctionnement de la technologie en conditions contrôlées

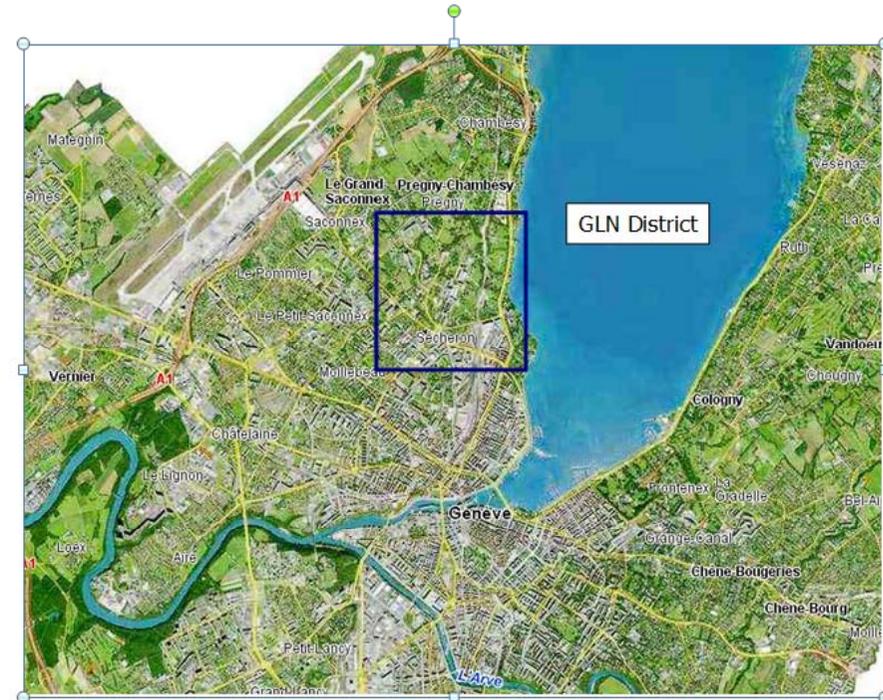
- Changement d'échelles spatiale et temporelle,
- Conditions expérimentales subies et non pas choisies
- Aspect unique et non répétable de l'expérience
- Intégration de facteurs humains
- Complexité accrue

# Changement d'échelles spatiale et temporelle



*20 m<sup>2</sup>, 4 sondes, 2 semaines de mesures, 1500 frs.....*

Connaissances implicites principalement  
Etude étendue une dizaine d'années après  
<https://archive-ouverte.unige.ch/unige:55669>



*10 km<sup>2</sup>, plus de 100 sondes, 5 années et 800'000 frs*

Connaissances explicites (thèse, articles F et En, formation continue, info, ...) et implicites  
Efficacité REX : excellente  
Effectivité : partagée avec beaucoup d'autres moyens mis en œuvre

# Conditions expérimentales subies et non pas choisies

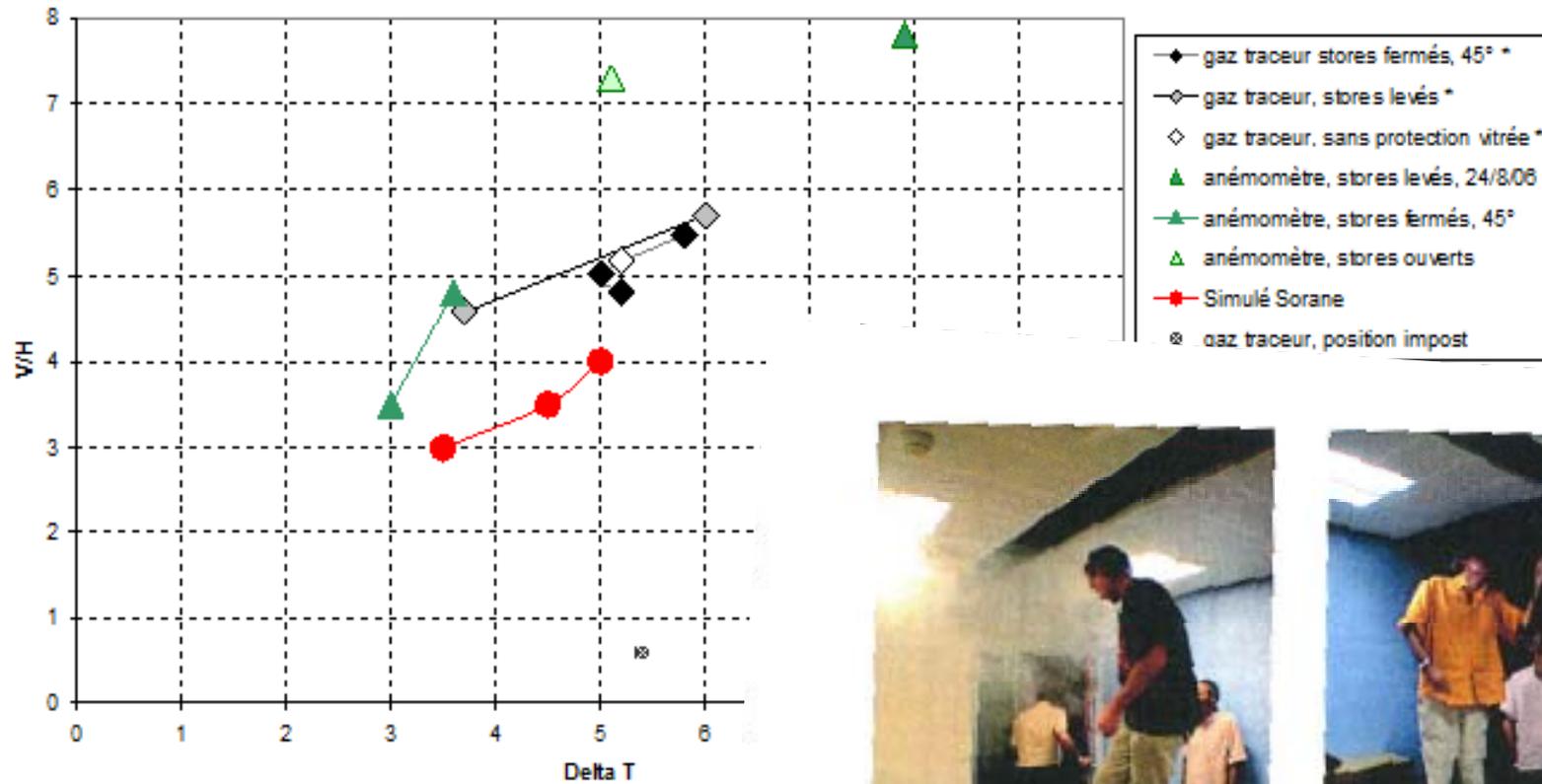
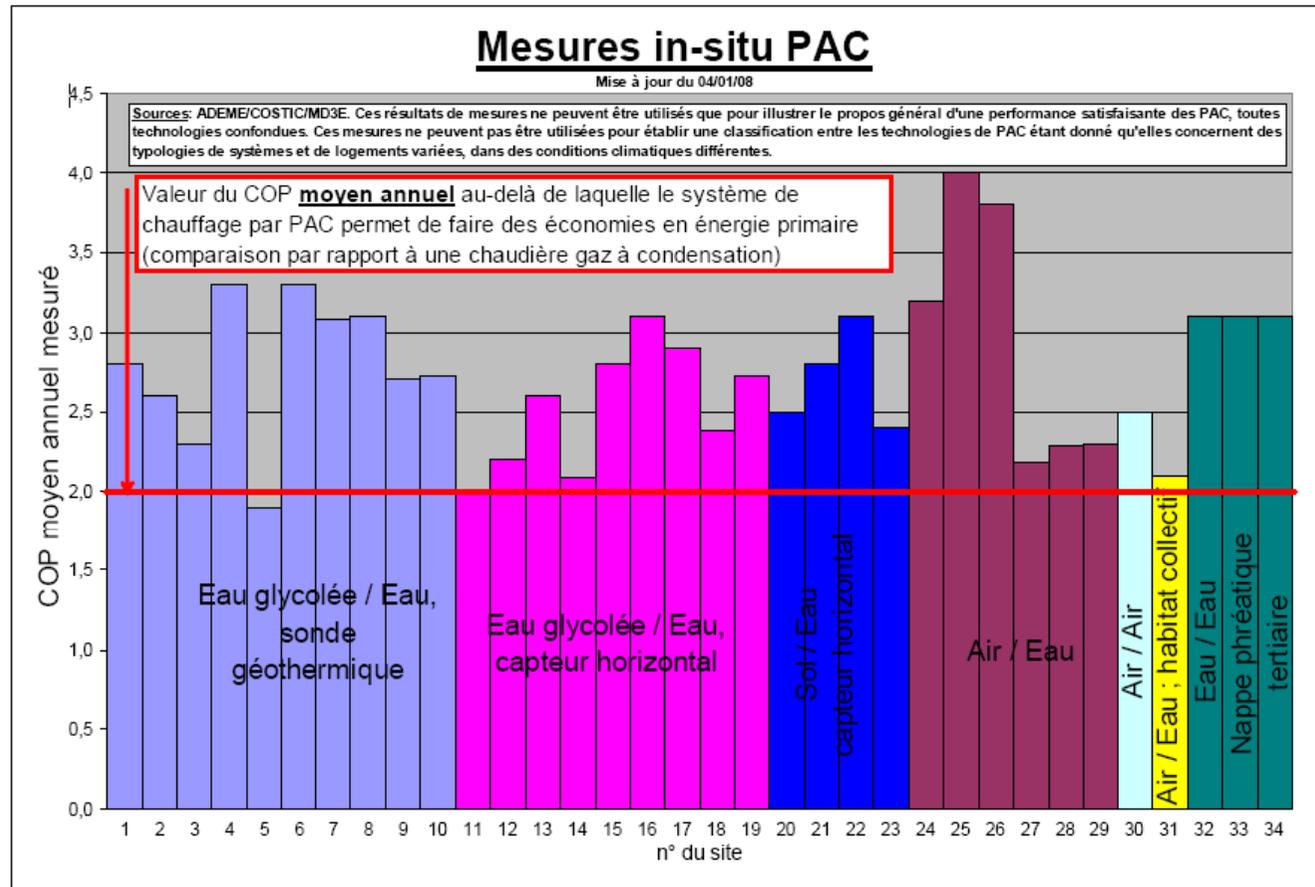


Figura 22 - Foto di due momenti delle prove per la misurazione della ventilazione

# Aspect unique et non répétable de l'expérience - contextualisation



Les Avis de l'ADEME



Sources: ADEME/COSTIC/MD3E. Ces résultats de mesures ne peuvent être utilisés que pour illustrer le propos général d'une performance satisfaisante des PAC, toutes technologies confondues.

# Aspect unique et non répétable de l'expérience

**AFPAC** Association Française pour les Pompes A Chaleur

## REACTIONS AUX CONCLUSIONS DU RAPPORT ETABLI PAR LE GROUPE DE TRAVAIL « ENERGIES RENOUVELABLES APPLIQUEES AU BATIMENT » MIS EN PLACE DANS LE CADRE DU PLAN BATIMENT GRENELLE

La Loi Grenelle Environnement a, entre autres, fixé trois objectifs majeurs :

- **Un bouquet énergétique équilibré, faiblement émetteur de GES et contribuant à l'indépendance énergétique nationale ;**
- Une avancée technologique significative de l'ensemble des solutions de génie climatique ;
- **Un fort développement des solutions exploitant les énergies renouvelables.**

Dans ce contexte, parmi les Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE), les Pouvoirs publics ont mis en exergue les systèmes thermodynamiques appliqués au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire.

Pour concrétiser ces ambitions, la PPI chaleur dédiée à la Pompe à Chaleur les objectifs suivants : 1.200 Ktep à l'horizon 2012 (récemment portés à 1.300 Ktep) et 1.600 Ktep à l'horizon 2020 (récemment portés à 1.850 Ktep).

La Pompe à Chaleur est une solution en phase avec les objectifs du Plan Grenelle. Un système de Pompe à Chaleur favorise les économies d'énergie et contribue à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, grâce à deux facteurs :

- **son coefficient de performance ;**
- **le bénéfice d'une énergie électrique à faible contenu carbone.**

Reactions aux conclusions du rapport établi par le groupe de travail « Energies renouvelables appliquées au bâtiment », mis en place dans le cadre du Plan bâtiment Grenelle

7 mars 2011

**AFPAC** Association Française pour les Pompes A Chaleur

## Rétablir la vérité sur les performances thermiques des PAC

### Une performance terrain mal analysée qui conduit à des conclusions hâtives

Dans le rapport établi par le groupe de travail « Energies renouvelables appliquées au bâtiment », en préambule des propositions qui sont faites pour les Pompes à Chaleur, il est affirmé que la performance des Pompes à Chaleur se dégrade énormément quand elles sont intégrées à une installation. Ces informations sont argumentées à partir d'une publication du CEREN la Lettre d'information n°17 - qui affiche un écart de consommation de 15 % entre une maison chauffée par convecteurs et une maison chauffée avec une Pompe à Chaleur aérothermique.

Extrait :

« Les coefficients de performance mesurés en laboratoire diffèrent fortement des coefficients d'exploitation mesurés en situation réelle. Le Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie (CEREN) a publié des données de consommation de maisons individuelles équipées de PAC. L'enquête menée sur les consommations des maisons individuelles construites après 2000 montre que le gain d'énergie apporté par les PAC est plus modeste qu'attendu. Alors que la consommation finale d'énergie des maisons équipées de convecteurs électriques est de 60 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage (soit, en énergie primaire, 155 kWhEP/m<sup>2</sup>/an), elle est de :

- 51 kWh/m<sup>2</sup>/an (15 % de moins) pour les PAC aérothermiques soit 132 kWh/m<sup>2</sup>/an en énergie primaire ;
- 35 kWh/m<sup>2</sup>/an (42 % de moins) pour les PAC géothermiques soit 90 kWh/m<sup>2</sup>/an en énergie primaire. »

**Outre que les valeurs normatives n'ont pour but que de réaliser des essais dans un contexte précis afin de pouvoir comparer les matériels entre eux et non pas de faire une prévision de consommation, il est évident que le comportement des occupants, la qualité de l'installation et l'environnement de la machine (type d'émetteurs, installation neuve ou existante...) a un impact important sur les performances. Des données du CEREN et de l'INSEE tendraient à montrer que les réglementations successives des bâtiments n'ont eu aucun effet. Il n'en est rien bien sûr, mais les ménages français donnent priorité à leur confort dans la limite d'un budget constant. Cela amène à relativiser toutes les mesures in situ que l'on peut faire.**

Reactions aux conclusions du rapport établi par le groupe de travail « Energies renouvelables appliquées au bâtiment », mis en place dans le cadre du Plan bâtiment Grenelle

7 mars 2011

# Aspect unique et non répétable de l'expérience)



**AFPAC**

Association Française pour les Pompes A Chaleur

« *Exclure les PAC aérothermiques des systèmes de subvention* »  
(dixit !! Proposition 30)

**UN NAUFRAGE PROGRAMME**

*Cette proposition numéro 30 est très lourde de conséquence, car elle signe la disparition définitive de la PAC Air/Eau, qui est la technologie majoritaire permettant de répondre en partie aux objectifs de la loi Grenelle, valorisés dans la PPI Chaleur.*

Pour cerner le marché annuel des pompes à chaleur en France, le rapport cite la valeur de « 108.000 unités ». Ce chiffre semblerait correspondre aux installations réalisées en 2008, qui doit être traitée comme une année exceptionnelle.

Sur cette année 2008, l'AFPAC a enregistré 150.000 machines dont 85 % en aérothermie (hors PAC Air/Air). Après un démarrage prometteur, les marchés de ces produits connaissent depuis deux ans des reculs significatifs. 63.000 PAC ont été mises sur le marché en 2010.

*Ces reculs très importants remettent en cause la pérennité de la filière, particulièrement en terme d'emplois, car 2010 a vu pour la première fois une destruction d'emplois.*

*Faute de volumes significatifs, l'industrie française risque de se désengager rapidement de ces technologies de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. Il faut remarquer que la production d'eau chaude thermodynamique est une technologie prometteuse où l'industrie française est en pointe au niveau européen et pour laquelle des espoirs sont fondés à l'exportation.*

*Ce désengagement mettra également en péril les objectifs de la PPI chaleur. On peut estimer atteindre un parc de 600.000 PAC fin 2010, soit 50 % du point de passage 2012. L'objectif étant de 1.245.000, pour être au rendez-vous, il serait nécessaire d'installer 300.000 PAC en 2011 et en 2012 - ce qui, en l'état, est totalement irréaliste.*

*Exclure les PAC aérothermiques des systèmes de subvention ne ferait qu'amplifier le phénomène.*

A l'inverse l'APAC se félicite de l'adhésion du groupe de travail « Energies renouvelables appliquées au bâtiment » à ses propositions reprises dans le rapport sous les numéros 31\* et 32\*\* et pour lesquelles elle a déjà sollicité les pouvoirs publics, sans résultats concrets à ce jour.

\* Proposition 31 - Fonder les soutiens financiers nationaux ou locaux sur les démarches de qualité existantes.

\*\* Proposition 32 - Informer le grand public sur les tendances du marché.

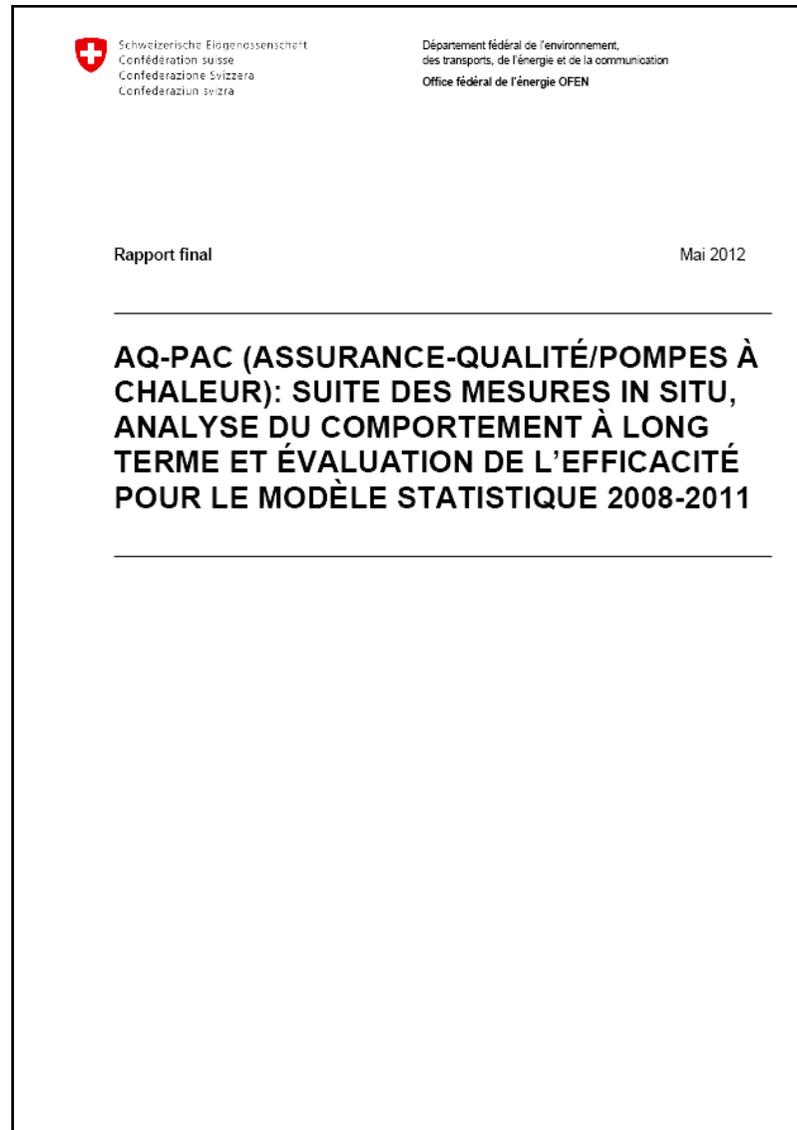
Reactions aux conclusions du rapport établi par le groupe de travail « Energies renouvelables appliquées au bâtiment »,  
mise en place dans le cadre du Plan bâtiment Grenelle

7 mars 2011

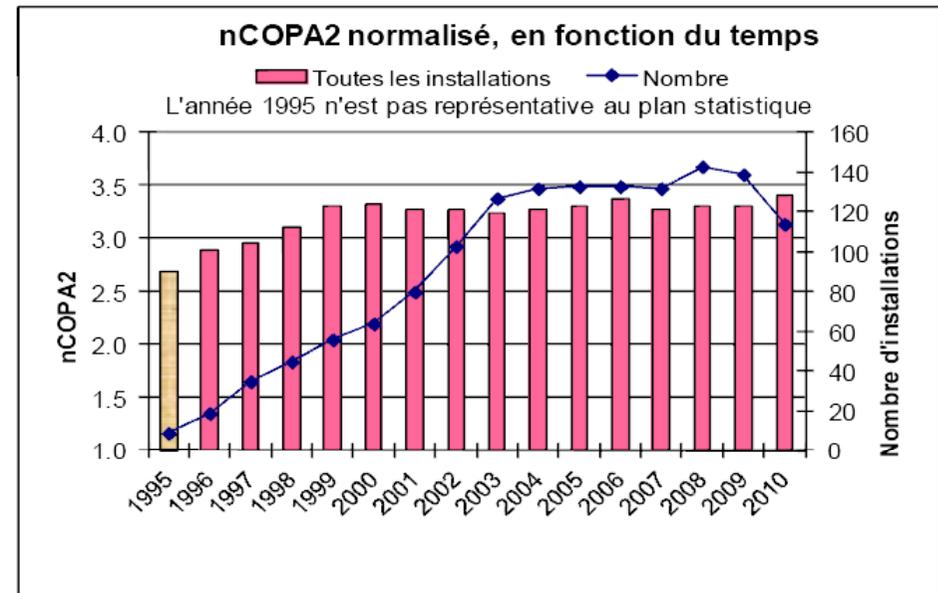
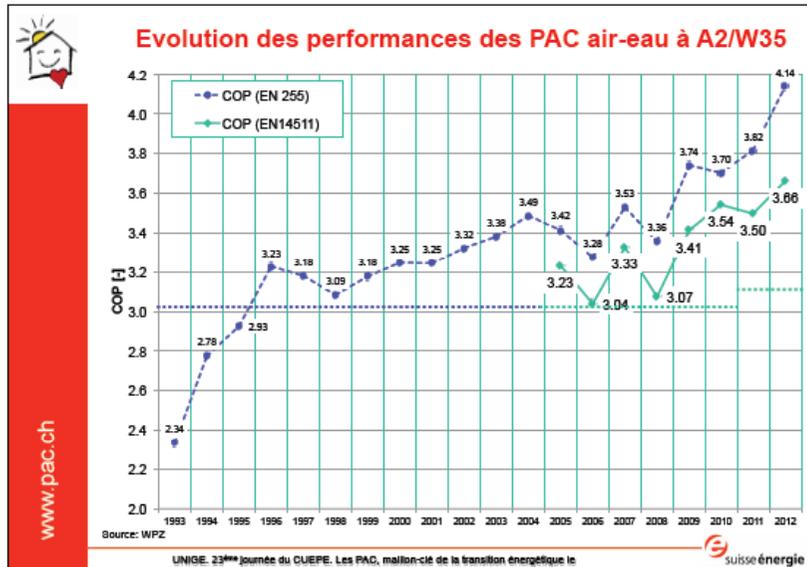
# Aspect unique et non répétable de l'expérience

---

- Contextualisation / Généralisation / Interprétation / Utilisation



# Aspect unique et non répétable de l'expérience



« L'évolution du coefficient de performance nCOPA2 au cours du temps confirme les observations faites dans le cadre du projet ANIS. Les valeurs de COPA s'améliorent chaque année durant la période 1995-2000; elles se stabilisent à partir de la saison de chauffage 2000/2001 et ne changent pratiquement plus jusqu'à aujourd'hui. Ce constat ne tombe pas forcément sous le sens. Comme aucun progrès technique notable n'a été réalisé dans ce domaine et que les ventes ont de toute façon augmenté de manière continue, l'industrie se concentre actuellement sur d'autres problèmes, comme la recherche et la formation de personnel spécialisé. »

# Les caractéristiques des REX (in situ) par rapport au labo (in vitro)

- Aspect unique et non répétable de l'expérience



www.fws.ch

Pompe à chaleur système – module

Introduction

Journée professionnelle  
11 mars 2014

suisse énergie

www.fws.ch

## 2.1 Cahier des charges

### Règle la responsabilité des principaux participants (fournisseur PAC et installateur)

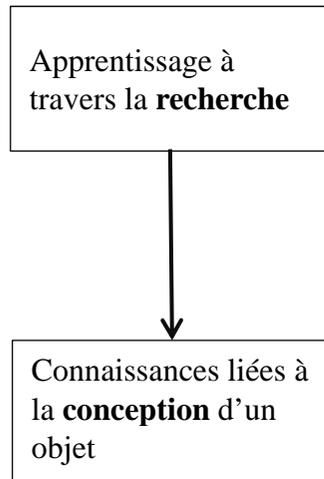
- L'installateur est responsable de l'ensemble de l'installation
- Le fournisseur définit ses systèmes-modules constitués par la pompe à chaleur, la préparation d'eau chaude, l'intégration hydraulique, y compris l'accumulateur, ainsi que la commande/régulation
- Le fournisseur assiste l'installateur dans le dimensionnement de la sonde géothermique et l'attestation de bruit
- L'installateur et le fournisseur effectuent ensemble la mise en service et un contrôle à posteriori de l'installation PAC

# Discussion

---

- REX, Apprentissage, innovation et TE

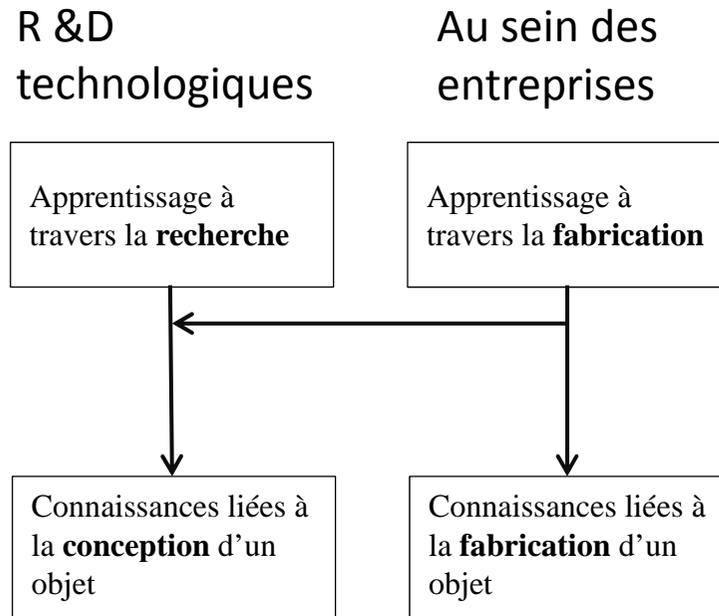
R &D  
technologiques



# Discussion

---

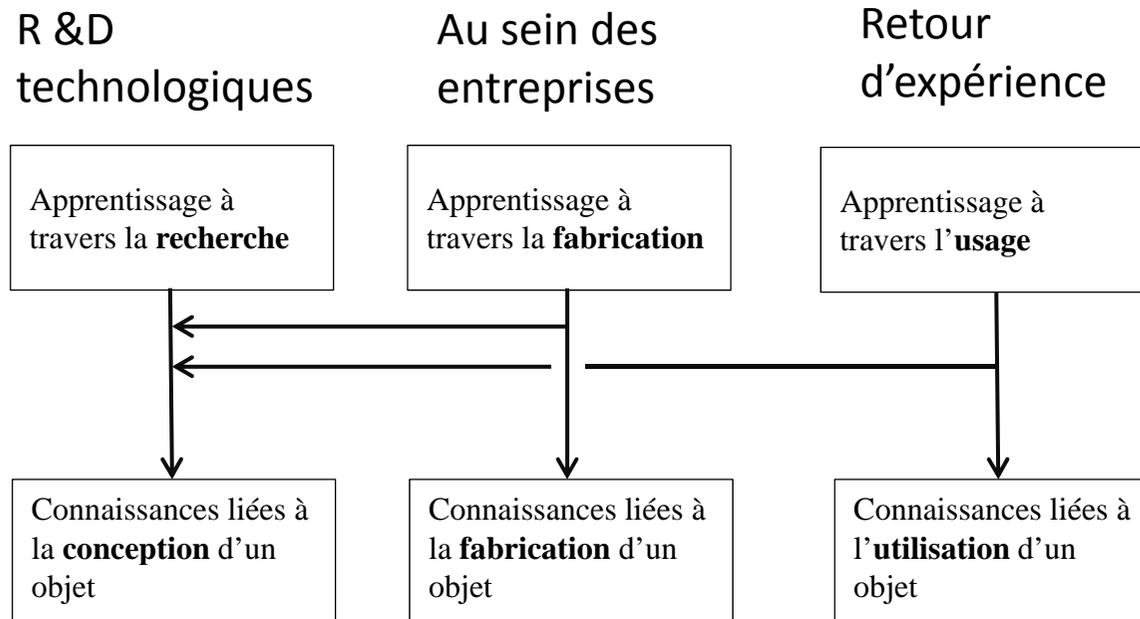
- REX, Apprentissage, innovation et TE : boucle de retour ... d'expérience



# Discussion

---

- REX, Apprentissage, innovation et TE



Niveau des coûts considérés	Progress ratio	Type d'expérience incluse	Cercle d'acteurs impliqués
Eolienne seule, par kW	91%	Apprentissage inclus ou non-inclus dans l'éolienne	Industrie manufacturière
Installation prête à fonctionner, par kW	90%	Apprentissage inclus ou non-inclus dans le système prêt à fonctionner	Toute le »business cluster » excepté suivi et maintenance
Coût annuel de l'électricité, €/(kWh.an)	86 %	Apprentissage inclus ou non-inclus dans l'éolienne et amélioration du fonctionnement en usage attendu	Industrie manufacturière
Coût estimé ex ante de l'électricité €/kWh	83%	Apprentissage inclus ou non-inclus dans le système et son financement, dans son usage, son suivi, et sa maintenance prévus	Tout le « business cluster »

CYCLE DE FORMATION ÉNERGIE ENVIRONNEMENT 2016/2017

## Le retour d'expérience : quel rôle pour l'innovation et la transition énergétique?



© Fotofolio, All rights reserved

14 séminaires

Sept 2016 – Juin 2017

ENTREE LIBRE

DÉPARTEMENT F.-A. FOREL  
DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'EAU  
INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT  
GROUPE SYSTEMES ENERGETIQUES



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

## Le retour d'expérience : quel rôle pour l'innovation et la transition énergétique?

Programme (semestre d'automne)

Jeudi	Orateurs	Sujet de la conférence
22 sept. 2016	Bernard LACHAL Université de Genève	Séminaire introductif
6 oct. 2016	Franck GUARNIERI MINES ParisTech	Ingénierie en situation extrême : 5 jours dans l'enfer de Fukushima Dai Ichi
20 oct. 2016	Thierry de LAROCHELAMBERT Institut FEMTO-ST	La transition énergétique du Danemark - un modèle de planification démocratique
3 nov. 2016	Pascale LE STRAT SIG	Les enseignements du programme éco21
17 nov. 2016	Julien CAILLET COSTIC	Simplification et usage d'un modèle de fonctionnement de pompe à chaleur
1 déc. 2016	Jérôme FAESSLER Université de Genève	Retours d'expérience sur la valorisation des géothermies : éléments-clés et enseignements
15 déc. 2016	Gaëtan BRISEPIERRE Sociologue	Bâtiments pionniers de la performance énergétique : appropriation par les habitants et les acteurs professionnels

Le programme du semestre de printemps sera disponible en février 2017

Septembre 2016 / Juin 2017