



Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes



Les Communautés Locales d'Énergie

D'une vision « Ingénieur » à une approche inter-disciplinaire

Eco-SESA

F. Wurtz

7 février 2020



financed by
IDEX Université Grenoble Alpes



E
NS/
AG

PLAN

- **Les Communautés Locales d'Energies (CLEs)**
 - ▶ C'est quoi ?
 - ▶ Un état de l'art possible ?
- **Le potentiel offert aux Communautés Locales d'Energies (CLEs)**
 - ▶ Un potentiel de valorisation des énergies renouvelables ?
 - ▶ Un potentiel ouvert par la réglementation
- **La nécessité d'une approche scientifique et technique**
 - ▶ Approches numériques basées sur Modélisation/Data/Optimisation
 - ▶ Planification, anticipation et flexibilité
- **La nécessité d'une approche de type « human in the loop »**
 - ▶ Pourquoi ?
 - ▶ Comment adresser une approche de type « Human in the Loop »
 - Une recherche inter-disciplinaire
 - Des « living-lab » jusqu'au terrain
- **Les questions scientifiques majeures**
 - ▶ Des CLEs à quelle échelle de temps et d'espace ?
 - ▶ Quelle forme et distribution d'intelligence dans les CLEs ?



Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes

Les Communautés Locales d'Energies (CLEs)

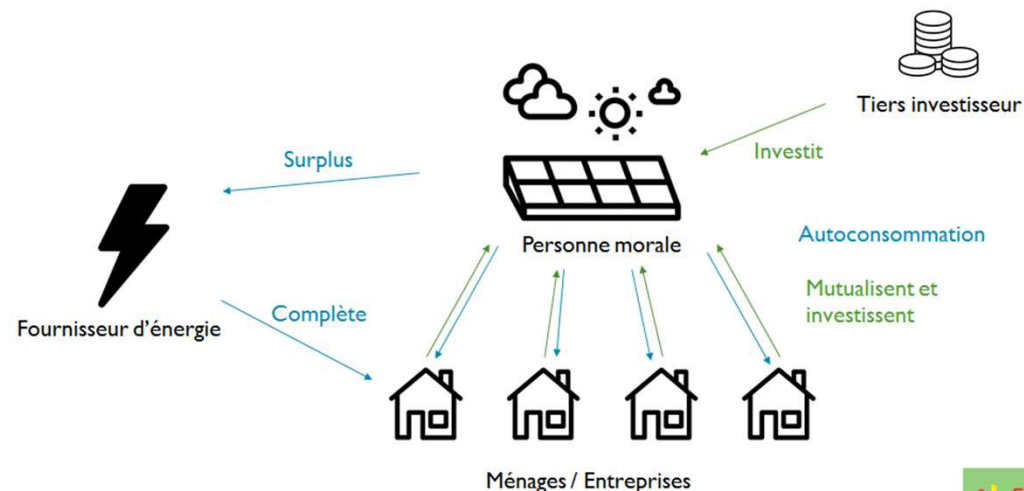
▶ C'est quoi ?

- De l'auto-consommation collective à 1 prémisses d'émergence des CLEs (locales ou plus globales) dans un internet de l'énergie lui-même émergent

▶ Un état de l'art possible ?

LES CLES ET L'AUTO-CONSOMMATION COLLECTIVE ?

■ Auto-consommation collective



Possible dans le cadre législatif de 2017

L'ordonnance du 27 juillet 2016 relative à l'autoconsommation d'électricité :

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032938257&categorieLien=id>

Loi de février 2017 relative à l'autoconsommation d'électricité :

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000034080223&categorieLien=id>

Décret d'application relatif à l'autoconsommation d'électricité :

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2017/4/28/DEV1707686D/jo/texte>

Consommation et production collective d'ENR à l'échelle des quartiers

**Nouveaux acteurs
Producteurs, Services,
Blockchain, ...**

ENOGRID

arkolia
ENERGIES

<https://www.enogrid.com/> <https://www.arkolia-energies.com/>



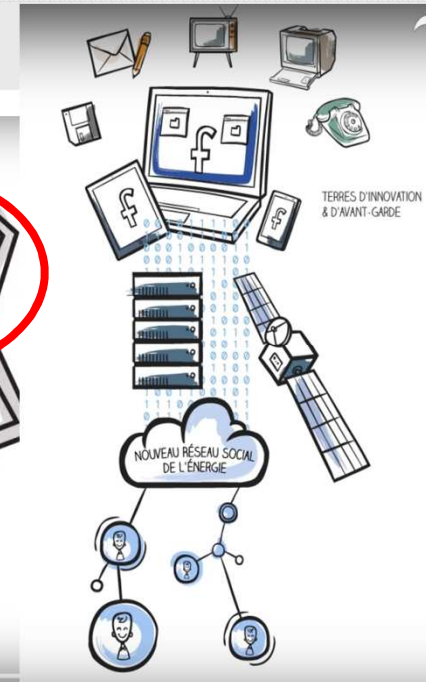
SUNCHAIN

<https://www.sunchain.fr/>



LES CLES ET L'INTERNET DE L'ENERGIE (OU ENERNET)

Enernet



See: https://www.youtube.com/watch?v=jl53-LAziXg&utm_source=newsletter_94&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-tenerrdis-juillet-2016

- Une révolution économique, sociale, territoriale et technique
- Pour 1 production/valorisation d'ENR (soleil, vent, hydraulique, ...)
- Rôle majeur des CLEs et des habitants au sein des éco-districts
- Nouvelle organisation pour la production/distribution /consommation d'énergie

Vers une approche décentralisée

D'une approche verticale à une approche « plus plate »

Des échanges unidirectionnels à des échanges to multi-directionnels « peer-to-peer »

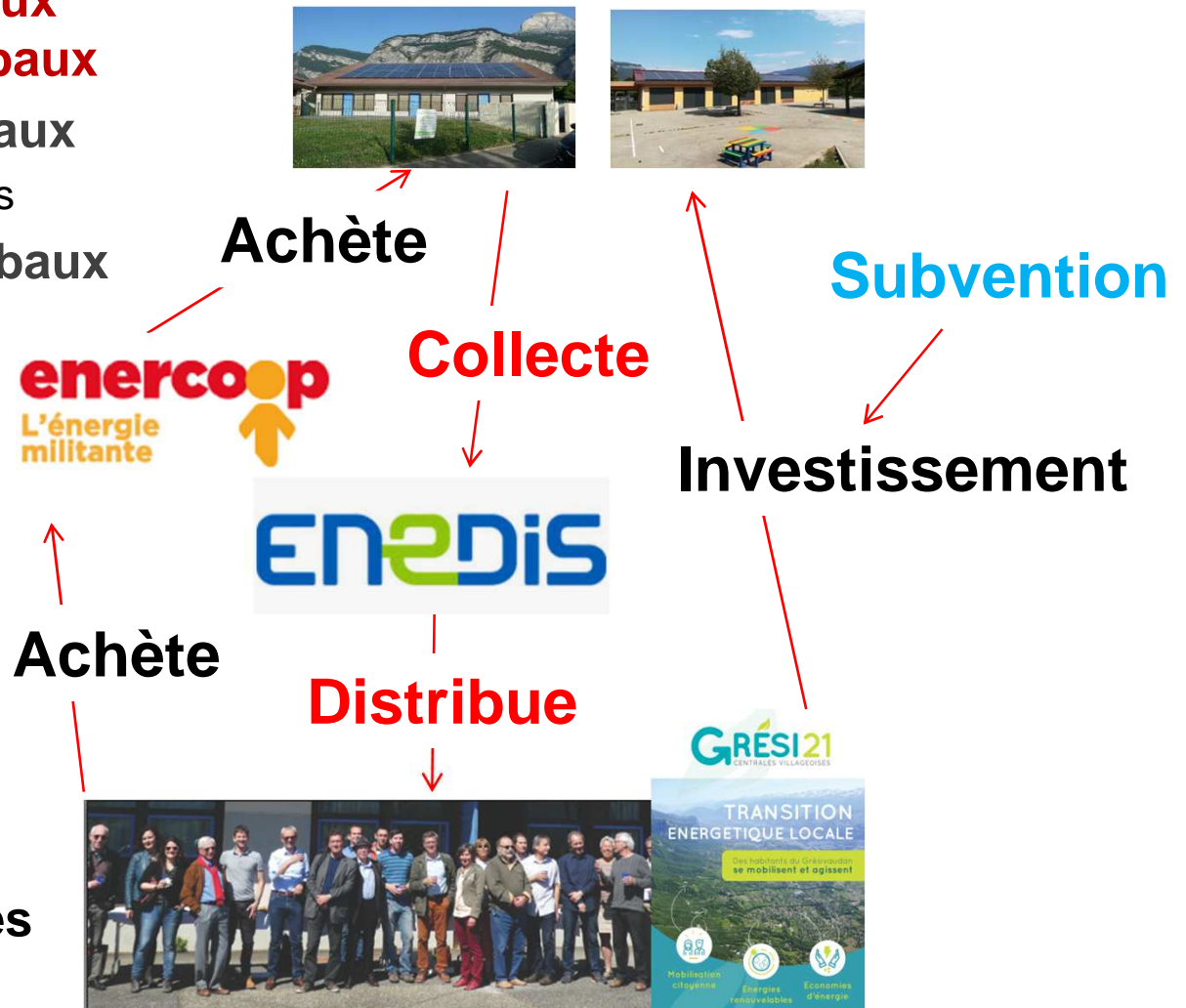
ENERNET ET CLEs: LES PREMIERS FREMISSEMENTS ?

■ Des investissements locaux aux échanges locaux/globaux

- ▶ Nouveaux acteurs locaux
 - Cooperatives citoyennes
- ▶ Nouveaux acteurs globaux
 - Cooperative nationale
- ▶ Acteurs historiques
 - Réseau publique
 - Etat (régulation, subvention)

■ 1 forme d'Enernet ?

- ▶ Réseaux Sociaux
- ▶ Modèle économique
- ▶ Technologie
- ▶ Energies renouvelables



ENERNET: LES PREMIERS FREMISSEMENTS

- **De nouveaux acteurs spécialisés dans les ENR**

- ▶ Agregateurs
- ▶ Fournisseur d'énergie



<https://www.bcmenergy.fr/>



<https://www.urbansolarenergy.fr/>



<https://ekwateur.fr/>



<https://www.planete-oui.fr>

- **Capable d'innover**

- ▶ **La batterie virtuelle**
 - Voir « Urbansolarenergy » ou « MySmart-Battery » par Mylight System



From: https://www.mylight-systems.com/wp-content/uploads/2019/03/Flyer_MyLight_MySmartBattery_VD-02-2019.pdf

Des perspectives pour les CLEs ?

ENERNET: AVEC DES PROPOSITIONS DE COMMUNAUTÉS ÉNERGETIQUES À TOUTES LES ÉCHELLES ?

- **SunShare** partage l'électricité entre particuliers. Nous permettons que les producteurs d'électricité photovoltaïque autoconsomment et partagent au sein notre communauté



<https://sunshare.fr/>

Selon SunShare:

... le groupe VATTENFALL fait émerger un concept approchant aux Pays-Bas avec « powerpeers ».
Il en existe quelques autres dans le monde anglo-saxon (TransActive Grid -US , Yeloha - US, Openutility - GB) ...



Eco-SESA

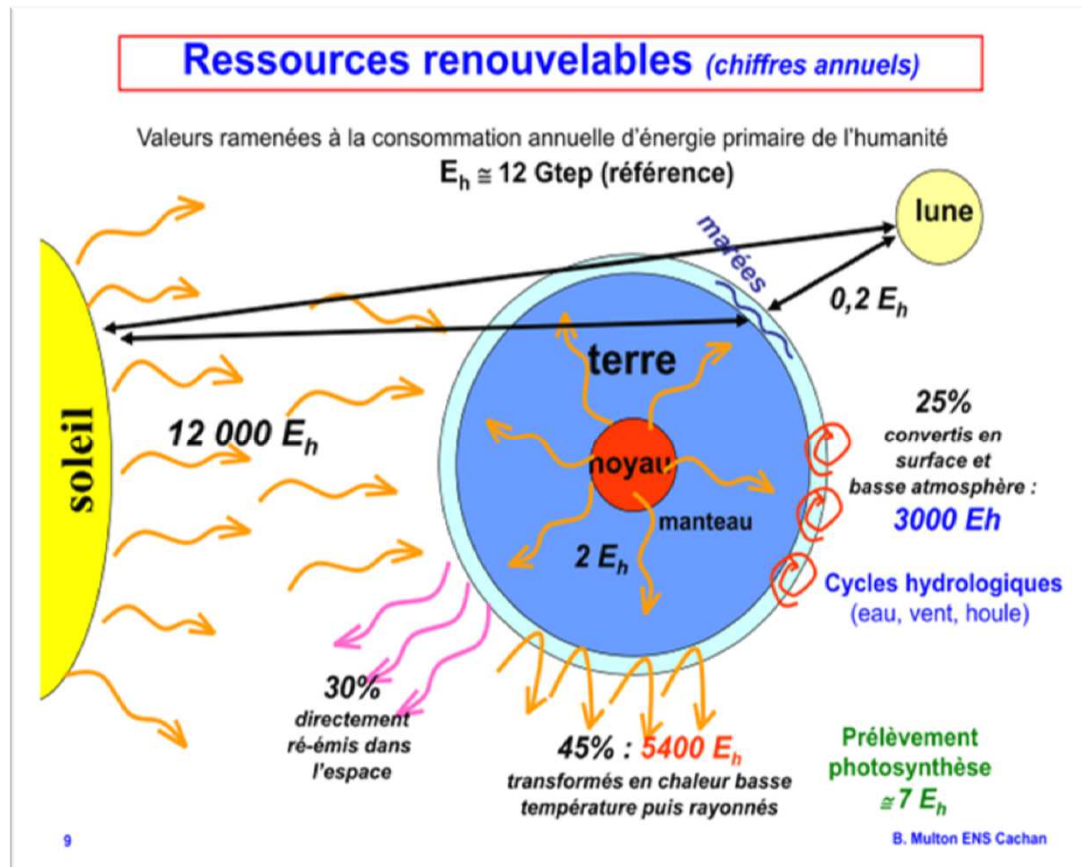
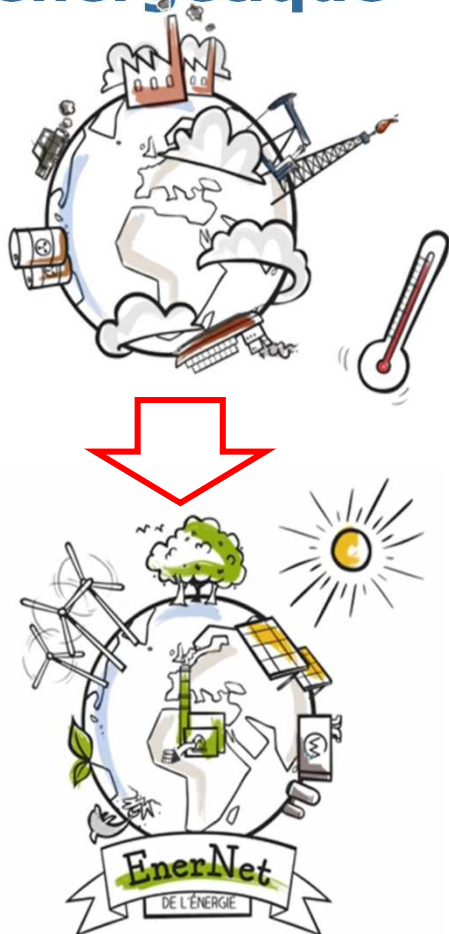
Univ. Grenoble Alpes

Le potentiel offert aux Communautés Locales d'Energies (CLEs)

- ▶ Un potentiel de valorisation des énergies renouvelables ?
- ▶ Un potentiel ouvert par la réglementation ?

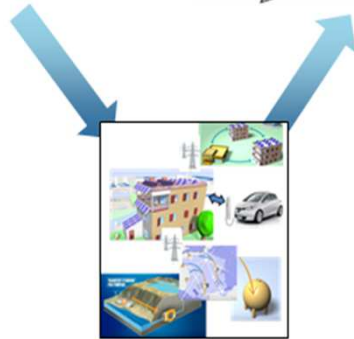
Les enjeux pour la transition énergétique « Verte »

Le potentiel des énergies renouvelables à l'échelle mondiale pour la transition énergétique



Quelle nécessité quels enjeux, quels acteurs ? La place des CLEs

La strategie



interaction SG & SB

Les acteurs



Entreprises

Citoyens
Collectivité Etat



www.nexus-energy.fr

CLEs

Les étapes

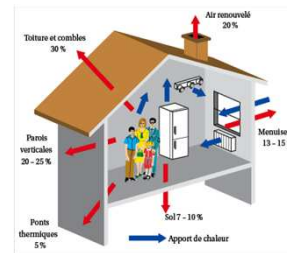
1° Efficacité et sobriété

2° Substitution par Energie Electrique Décarbonées(**)

3° Mobilité électrique utilisant de l'énergie décarbonée

Intégré dans un "Smart-grid"
Avec stockage hydraulique / gaz

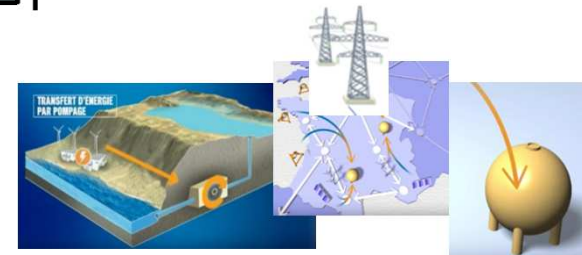
Batiment: un contributeur majeur



http://www.energy-green.net/blog/articles/wind-power/wind-turbine-for-green-building.html



V2H(*)
concept



Le potentiel offert aux CLEs

■ De nouveaux acteurs de type CLEs toujours plus impliqués

● Des boucles de conception

- Cf. sociétés coopératives citoyennes

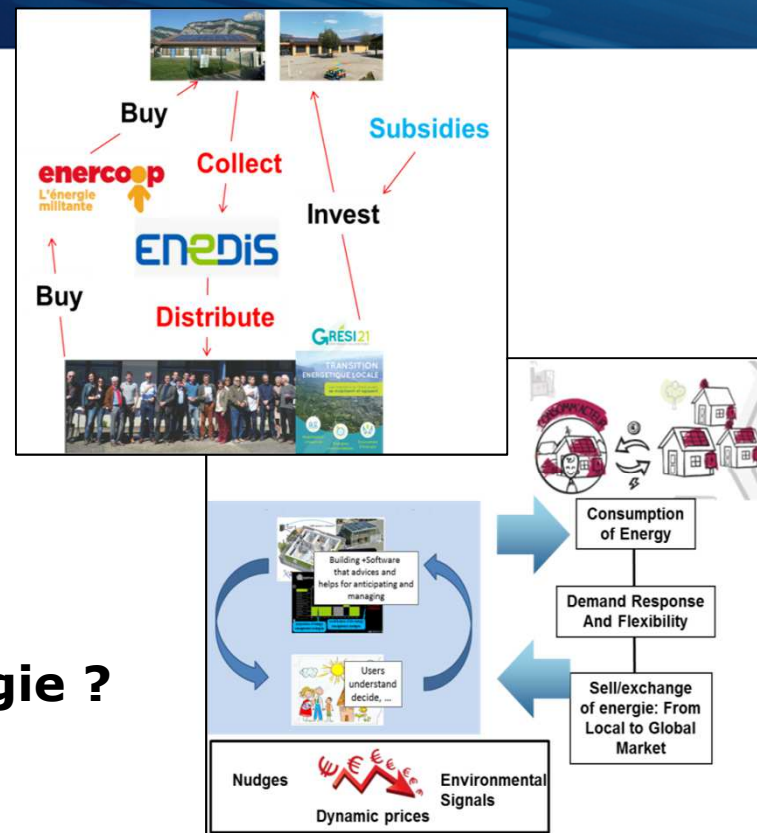
● Aux boucles de supervision

- Cf. « Human in the loop »
, « pro-sumer », ...

● Pour aller vers 1 internet de l'Énergie ? (ou Eترنت)

■ Une reconnaissance à l'échelle européenne du concept de communauté énergétique

- [DIRECTIVE \(UE\) 2019/944 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 juin 2019](#)





Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes

La nécessité d'une approche scientifique et technique

La vision « ingénieur »

- ▶ **Approches numériques basées sur la modélisation et de l'optimisation**
- ▶ **Planification, anticipation et flexibilité**

Rendre les CLEs « intelligentes »: Modélisation, Data et Optimisation dans la perspective de l'Enernet



Intelligence Distribuée

Algorithmes

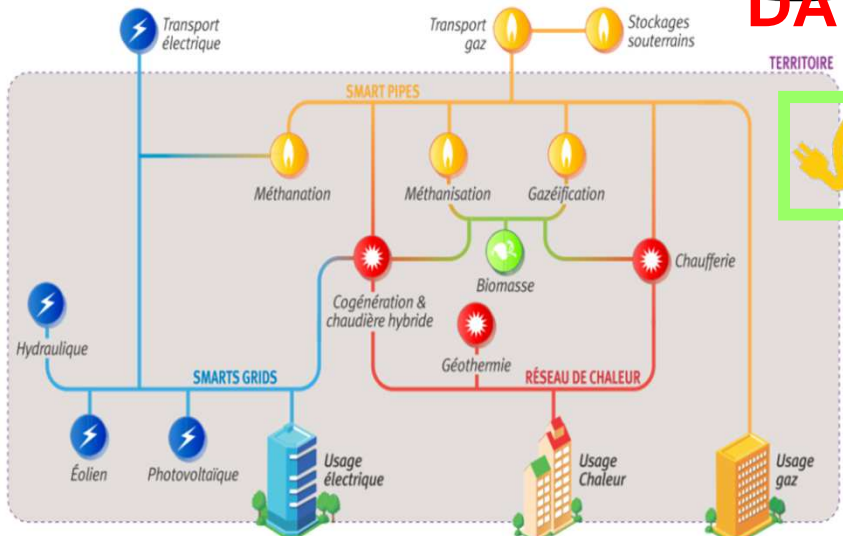


Modèles

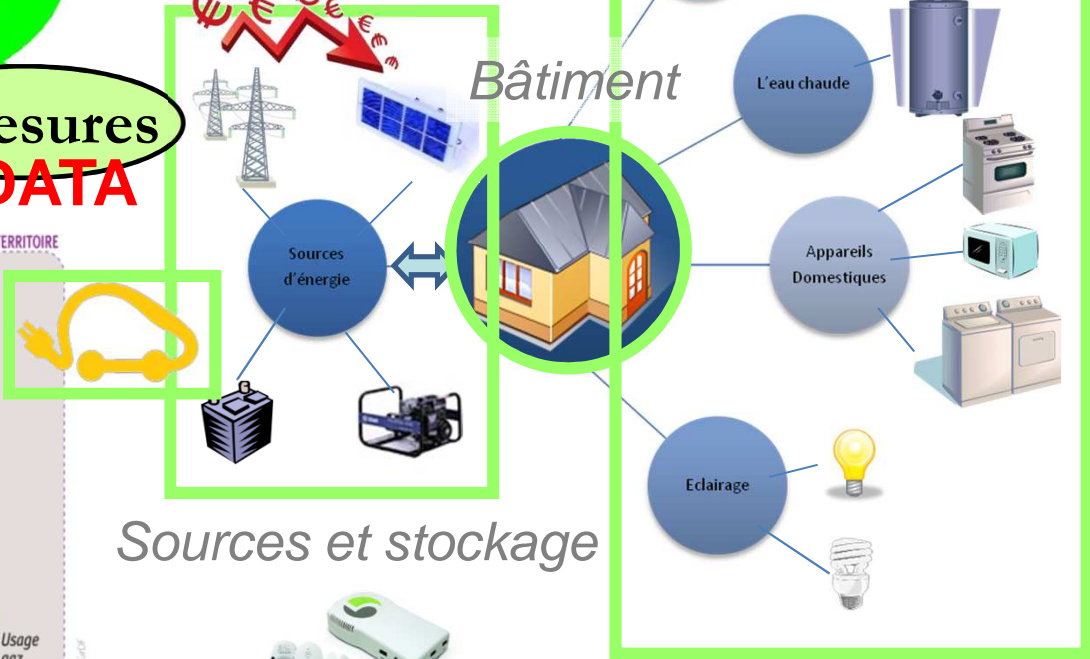
Mesures
DATA



Incertitude



Réseaux/ Mutualisation



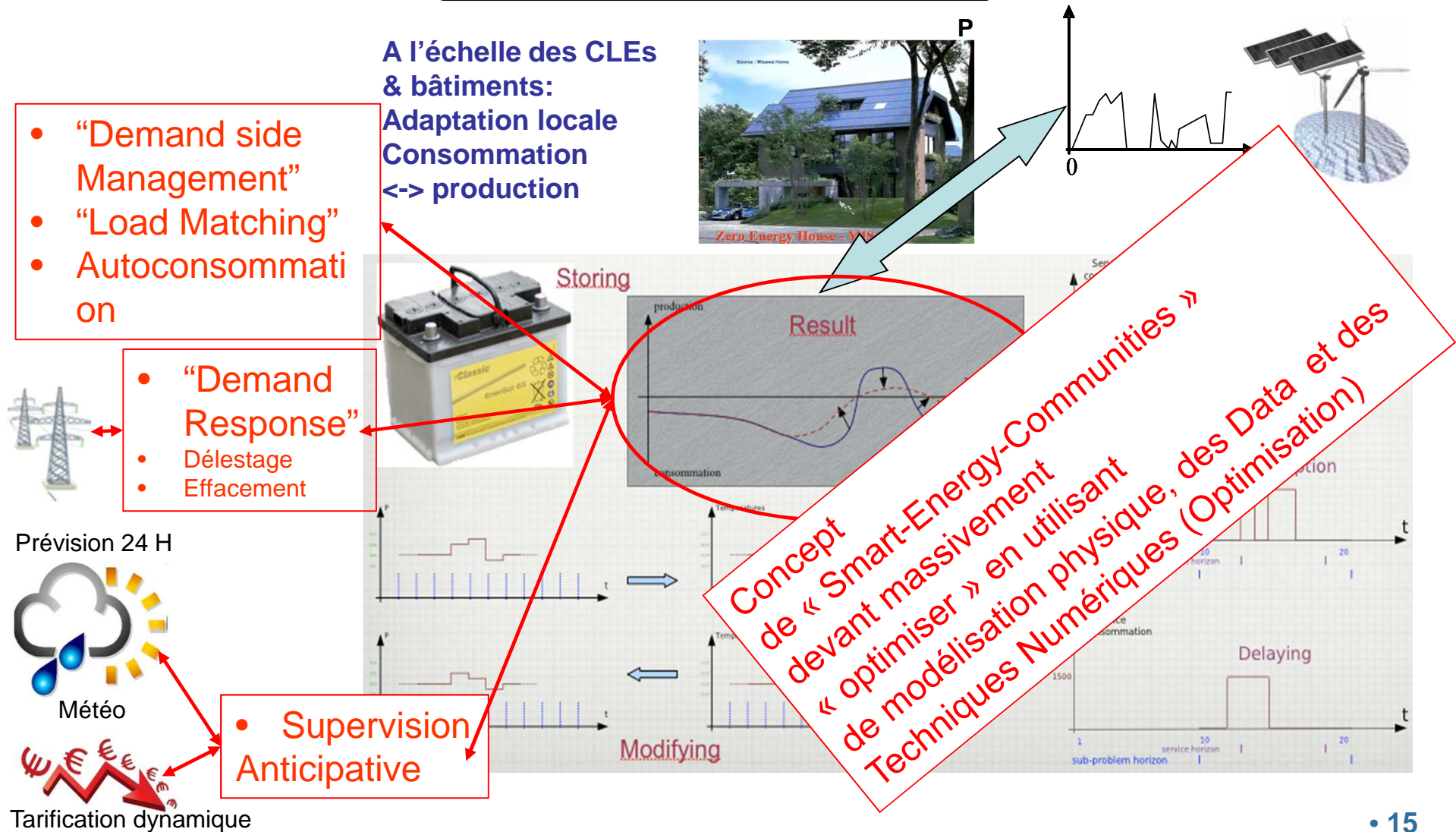
Sources et stockage

« intelligence » locale

Charges

Rendre les CLE « intelligentes » grâce à la modélisation et à l'optimisation dans la perspective de l'Enernet

La problématique scientifique



Rendre les CLEs « intelligents » grâce à la modélisation et à l'optimisation dans la perspective de l'Enernet



Gestion de la demande, "Demand Response", Gestion anticipative, Load Matching, ...

L'approche utilisée: Optimisation s'appuyant sur des modèles physiques

Formulation : Mixed Linear Programming

Objective function to minimize $f^T x$

Under constraints :

$$Ax \leq b$$

$$A_{eq}x = b_{eq}$$

$$lb \leq x \leq ub$$

With :

x are the variables (continue, binary or integers)

A, A_{eq} are matrixes;

f, b, b_{eq} are vectors

Mais aussi: MILP, MINLP, SQP and dynamic approaches

Résolu avec Matlab

CPLEX (log), GUROBI

Et des outils open sources

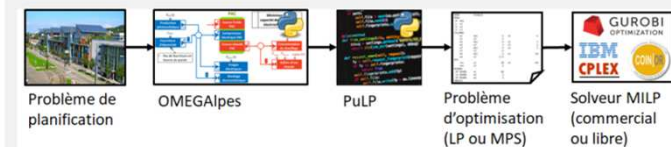
OMEGALPES

OMEGALpes (Optimization ModEls Generation As Linear Programs for Energy System)

Il s'agit d'un modèle open-source de problème d'optimisation énergétique à l'échelle quartier.

documentation : <https://omegalpes.readthedocs.io/en/latest/>

Le code source d'OMEGALpes est disponible à l'adresse suivante : <https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/omegalpes/omegalpes>



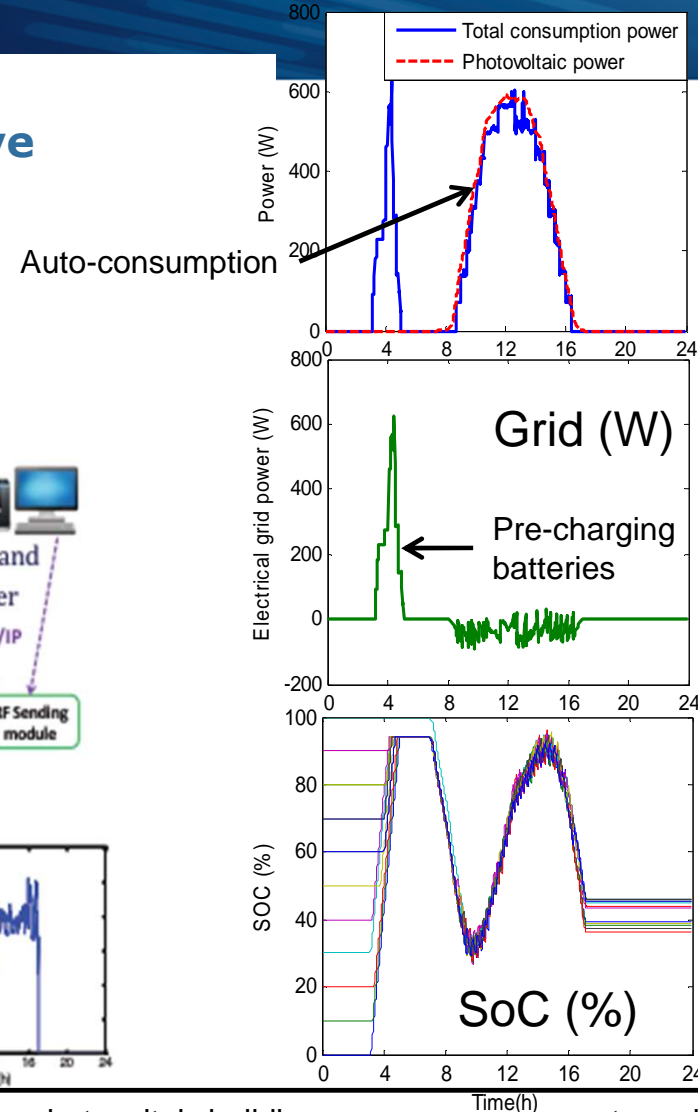
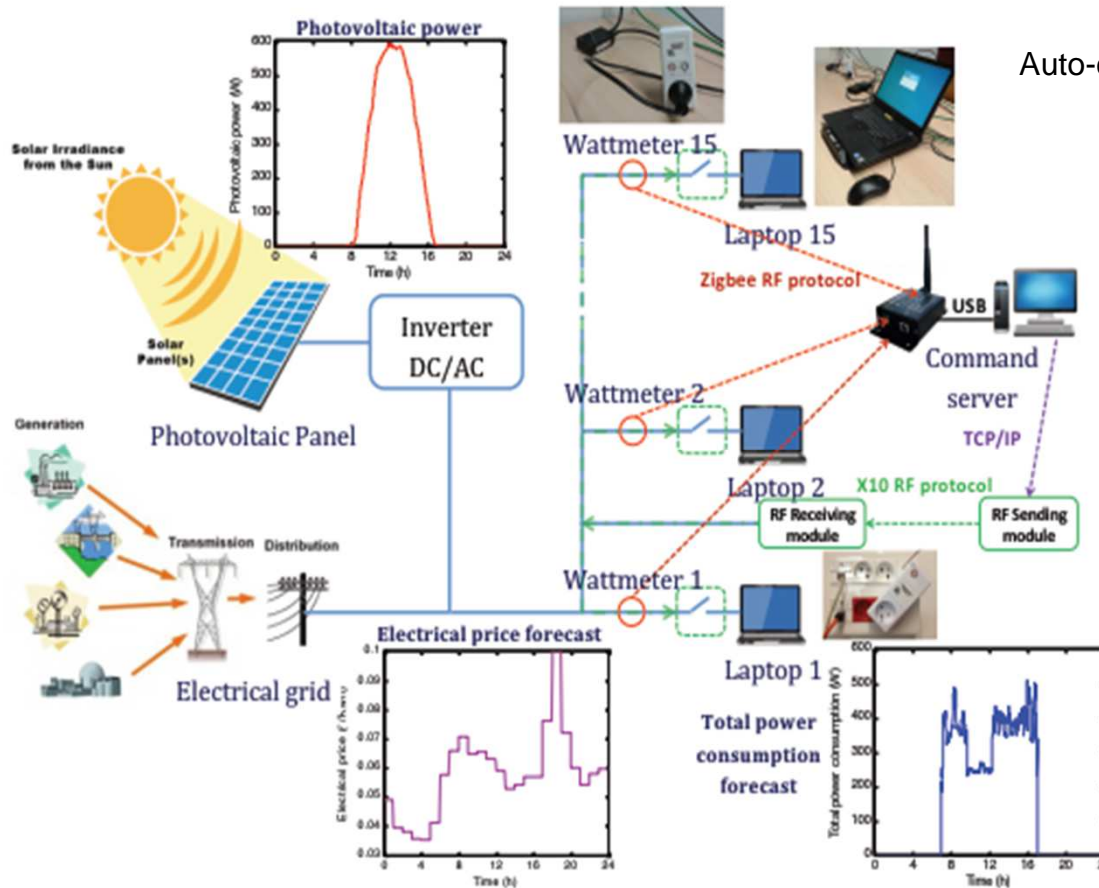
<http://www.g2elab.grenoble-inp.fr/fr/recherche/omegalpes>

"Optimal Household Energy Management and Economic Analysis: From Sizing To Operation Scheduling", T. T. HA PHAM, C. CLASTRES, F. WURTZ, S. BACHA, and E. ZAMAI, publié dans Advances and Applications in Mechanical Engineering and Technology, Vol. 1, n° 1, pp. 35-68

CLE assurant Gestion de la demande, "Demand Response", Gestion anticipative, ... grâce à de l'«intelligence logicielle»



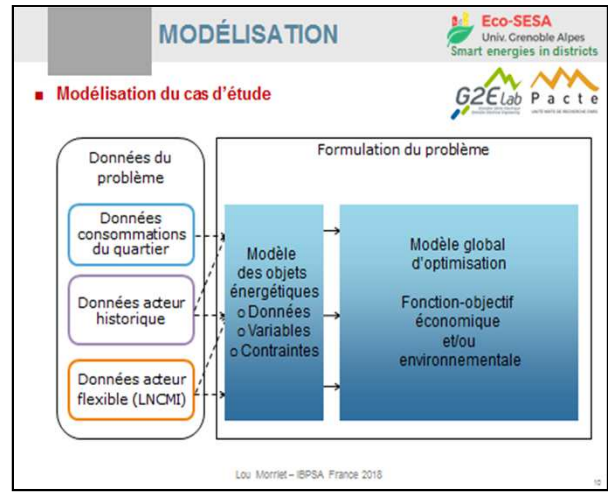
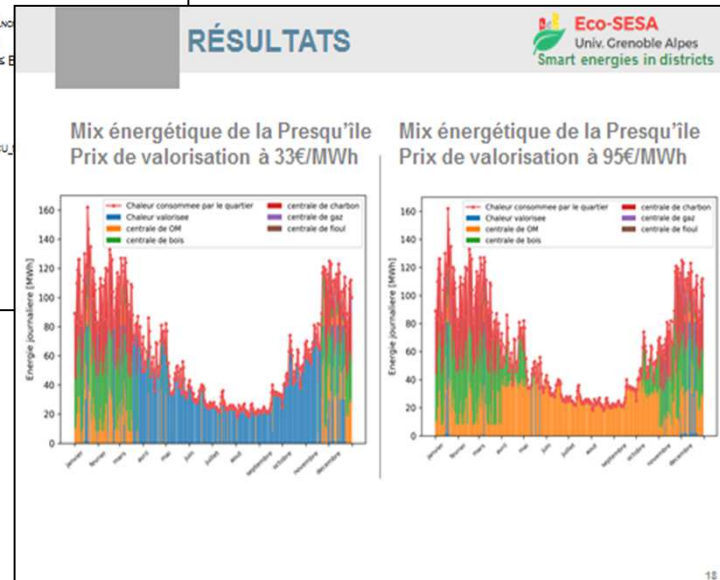
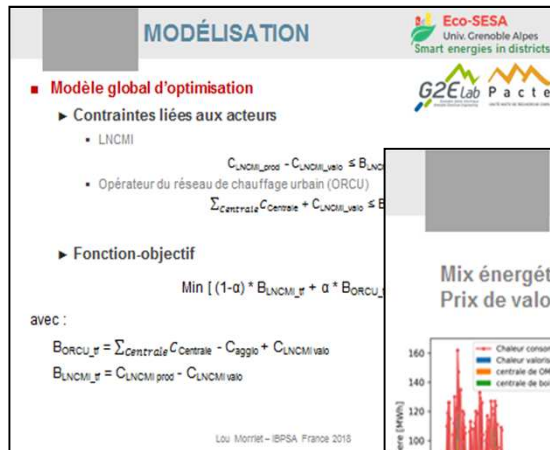
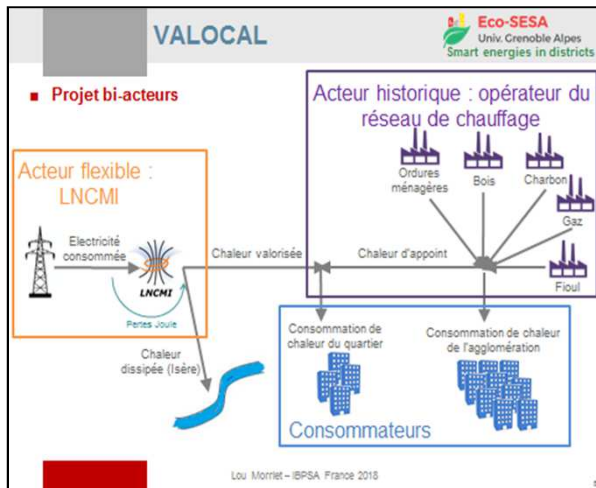
Gestion de la demande pour maximiser l'autoconsommation et gestion anticipative



Hoang:Anh Dang, Benoit Delinchant, and Frederic Wurtz, "Toward autonomous photovoltaic building energy management: modeling and control of electrochemical batteries", IBPSA 2013, Chambéry, August 2013, http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_2095.pdf

Conception modélisation pour avoir de « intelligence logicielle » à l'échelle du quartier pour les CLEs

Solution d'optimisation à l'échelle quartier



«Optimisation multi-acteurs appliquée à la valorisation de chaleur fatale d'un acteur industriel flexible », Lou Morriet, Camille Pajot, Benoit Delinchant, Yves Marechal, Frédéric Wurtz, François Debray, Benjamin Vincent, IBPSA 2018, 15,16 mai, Bordeaux, France



Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes

La nécessité d'une approche de type « human in the loop » pour les Communautés Locales d'Energie (CLEs)

► Pourquoi ?

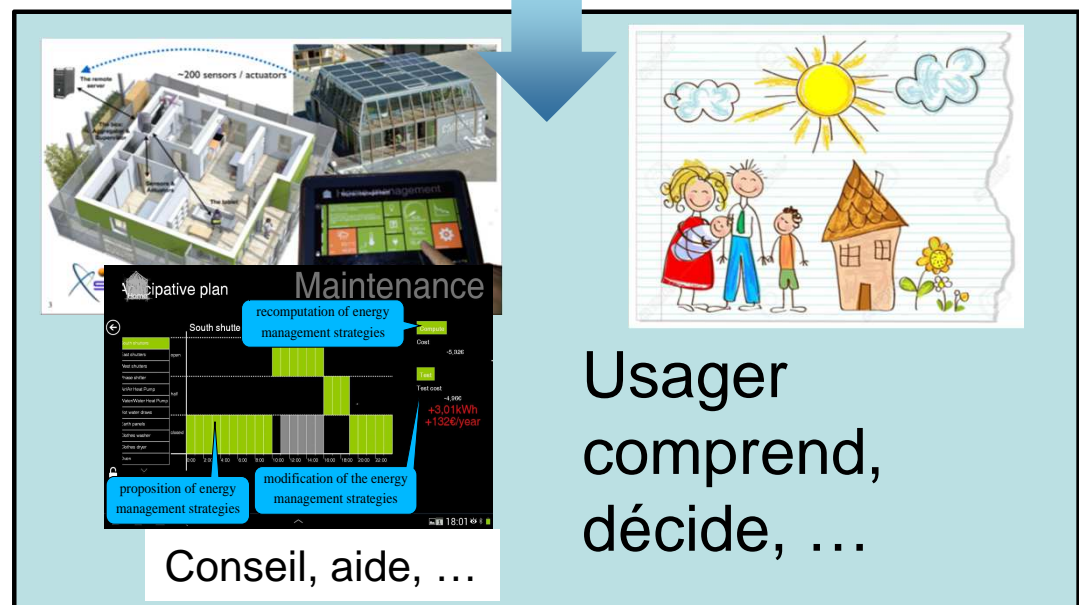
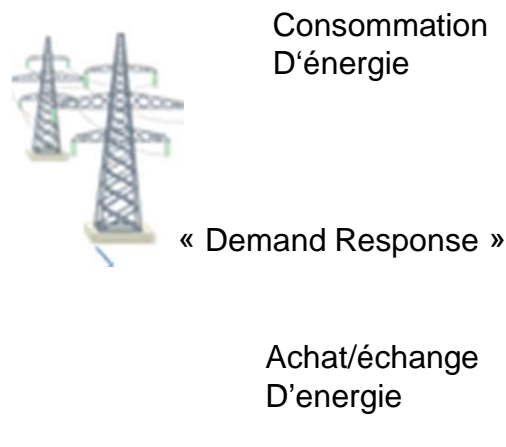
- L'hypothèse nécessaire d'implication des acteurs dans les CLEs
- L'incertitude liée aux usages et aux usagers dans les CLEs

L'hypothèse nécessaire d'Implication des acteurs dans les CLEs

■ Pour la gestion de la demande, la gestion anticipative, est-ce-que tout sera automatique?

- Cela pouvait sembler être notre vision en première approche, mais ...
- Hypothèse actuelle: **usager/habitant** doit être **impliqué**
 - Les habitant veulent pouvoir décider, comprendre, ...
 - S'il ne peuvent ni comprendre, ni décider -> **Rejet**

■ Le consom'acteur est appelé à devenir actif/impliqué au sein des CLEs



L'incertitude liée aux usages et aux usagers dans les CLEs



■ Par rapport au chauffage

- "identical houses can have heating consumption that vary with a factor 2-3 depending on user practices, and thus that user practices are at least as important as building physics"
 - Voir références disponibles dans "Smart buildings" integrated in "smart grids": A key challenge for the energy transition by using physical models and optimization with a "human-in-the-loop" approach", F. Wurtz, B. Delinchant, Comptes Rendus Physique, Volume 18, Issues 7–8, September–October 2017, Pages 428-444, <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.09.007>

■ Etude sur 26 Bâtiments à énergie positive

- "factor 3 in variations in heat consumption depending on user practices" – de 46 kWh/m² à 144.9 kWh/m²
 - Z. M. Gill, M. J. Tierney, I. M. Pegg, N. Allan, Measured energy and water performance of an aspiring low energy/carbon affordable housing site in the UK. Energy and Buildings 43, 2011,117–125

■ Par rapport à l'électricité

- En comparant des habitats similaires, la consommation d'électricité peut varier dans un rapport de 1 à 5 - La consommation électrique est encore moins liée aux caractéristiques du bâti
 - Gram-Hanssen, K. (2011). Households' energy use - which is the more important: efficient technologies or user practices? In Proceedings of the World Renewable Energy Congress 2011 (WREC 2011) Linköping: Linköping University Electronic Press



Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes

La nécessité d'une approche de type « Human In the Loop » dans la perspective des CLEs

● Comment

- Des « living-lab » de l'échelle bâtiment
- A l'échelle quartier
- Jusqu'au terrain réel
- Une recherche inter-disciplinaire telle que menée dans eco-SESA

La nécessité du concept de "living lab"



GreEn-ER-MHI
nouvelle
plate-forme de
type
Living Lab

Produire de la science et de la technologie

Tester avec des usagers réels

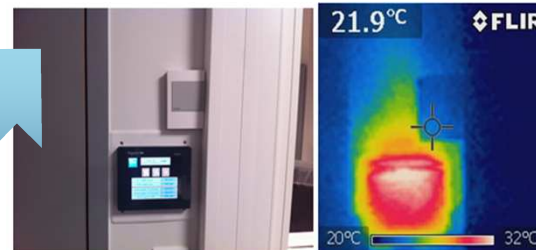
Ces usagers peuvent innover

Pour voir ce qui fonctionne (ou pas) à l'usage

L'utilisateur peut devenir concepteur (et réciproquement)

Une explication du problème pourrait tenir dans le fait que le boîtier de la sonde de régulation est très proche de l'écran Magelis qui est une forte source de chaleur

Les photos ci-jointes semblent confirmer le problème:



Usager peut modéliser,
Modifier, diagnostiquer le
« smart-building »



La solution va donc consister:

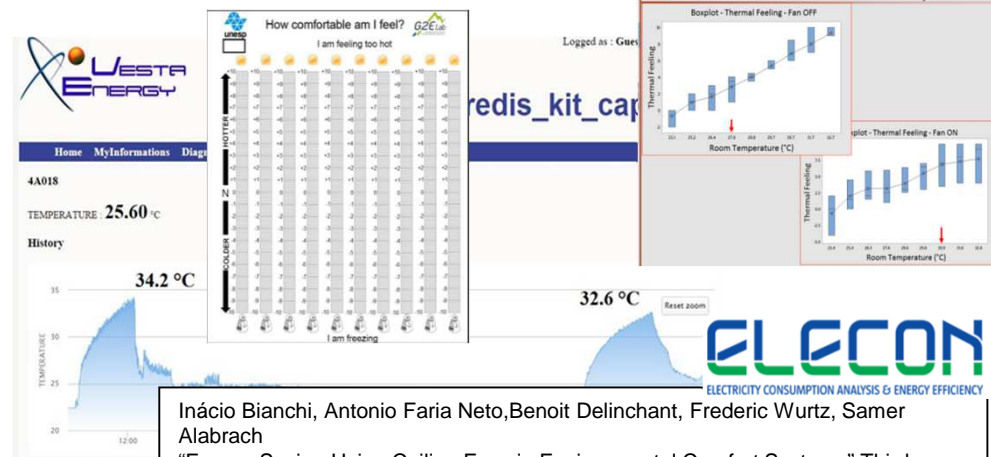
- à augmenter la température de consigne dans un premier temps
- à déplacer le capteur dans un second temps

Benoit Delinchant, Frédéric Wurtz, "The Grenoble PREDIS – Building platform: A living lab and experimental lab for the study of energy and comfort in Smart-Buildings", Third ELECON Workshop, url:

<http://www.elecon.ipp.pt/images/Workshop3/Presentations/Elecon3.pdf>

Experimentation, approche « Human in the loop »

- **Mesure et modélisation du confort directement perçu par les occupants**



Inácio Bianchi, Antonio Faria Neto, Benoit Delinchant, Frederic Wurtz, Samer Alabrach
"Energy Saving Using Ceiling Fans in Environmental Comfort Systems", Third ELECON Workshop, url:

<http://www.elecon.ipp.pt/images/Workshop3/Presentations/Elecon9.pdf>



Le « living lab » du bâtiment au quartier pour adresser l'échelle des CLEs



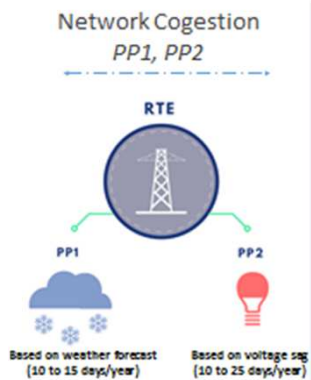
Smart Building GreEn-ER – Building of G2ELAB since July 2015

22 000 m² - 2000 users
Highly efficient – Massive use of sensors

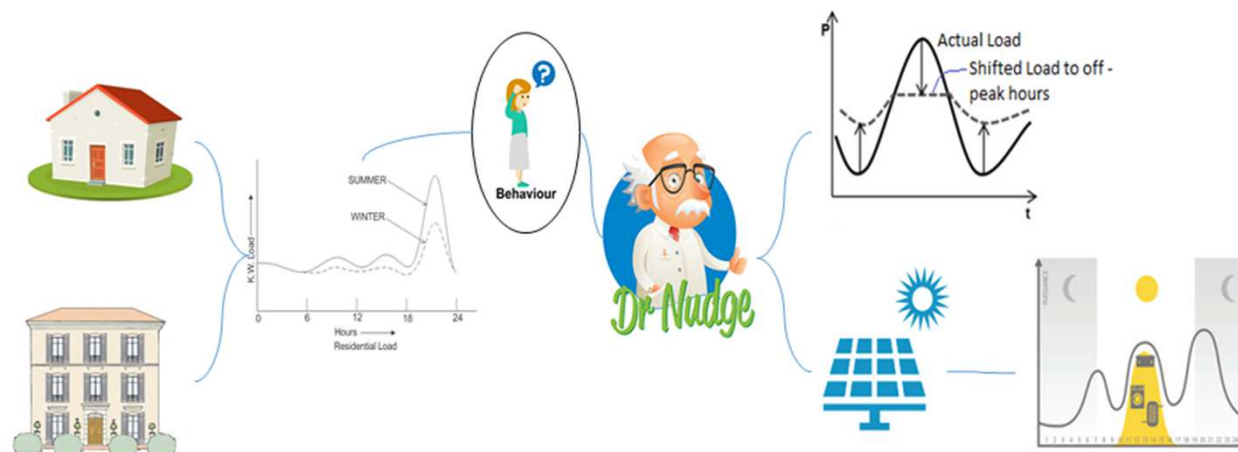


- Une plate-forme pour innover
- Bâtiment auto-consommateur, autonome et à énergie positive
 - « Smart-Building » intégré dans le « Smart-Grid » de l'éco-cité
- En impliquant les usagers: étudiants, enseignants, chercheurs, citoyens de l'écoquartier de la presqu'île de de Grenoble

Du living-lab au terrain: Expesigno



- 180 ménages sélectionnés sur 100 candidatures
- Impact sur la flexibilité de signaux de type « Nudges »



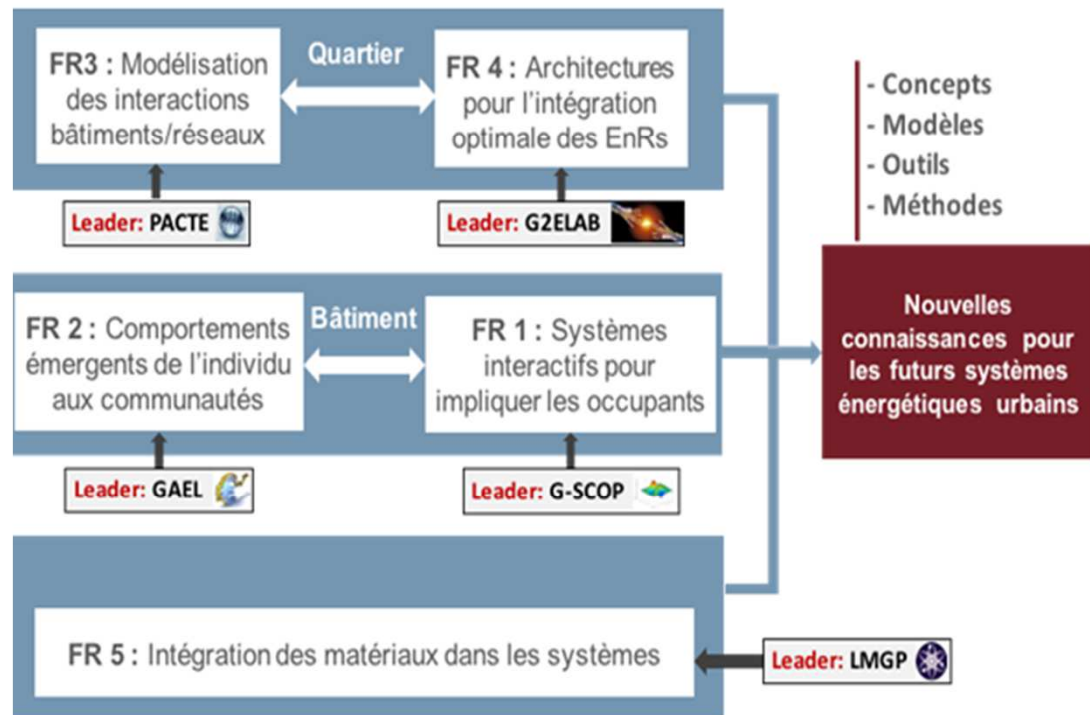
Une structure de recherche inter-disciplinaire: Eco-Sesa



Cross-Disciplinary Program

financé par IDEX Université Grenoble Alpes

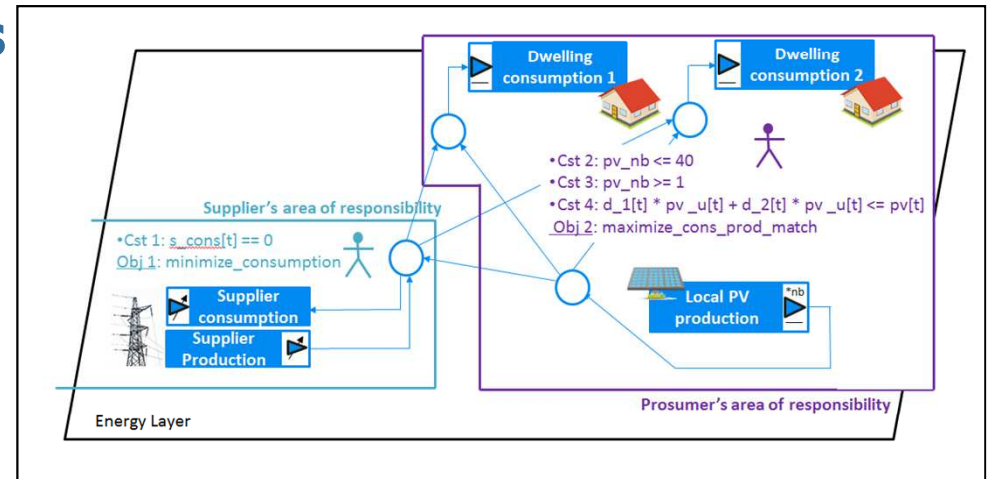
Eco-SESA
Univ. Grenoble Alpes
Smart energies in districts



Des « livings-lab » et terrains aux résultats scientifiques

Le framework OMEGAlpes

- Une solution open-source pour le dimensionnement et la supervision optimale à destinations des CLE
- Inspirée par les « living-lab » et la confrontation inter-disciplinaire



2 – From Social Science concepts to Object Oriented Actor Modelling with constraints and objectives

Social science literature tells us

Stakeholders are one of the barriers of urban renewable energy development (Soshinskaya et al., 2014).

Stakeholders are divided in two categories (North 1990; Moss 2009)

- **Regulators** who lay down rules and procedures
- **Operators** while respecting the regulators' constraints

Operators operate energy units in their **area of responsibility**, considered as a **Socio-Energy Node (SEN)** (Debizet et al., 2016)

SEN: Group of physical elements collecting, converting, and/or supplying energy, built (or operated) by the same decision-maker

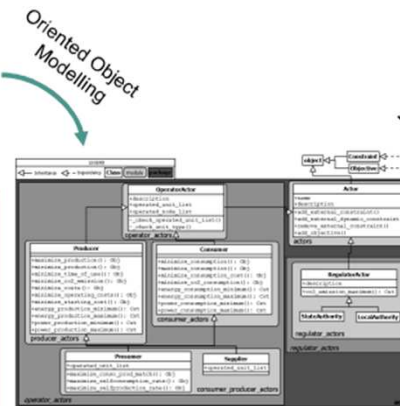
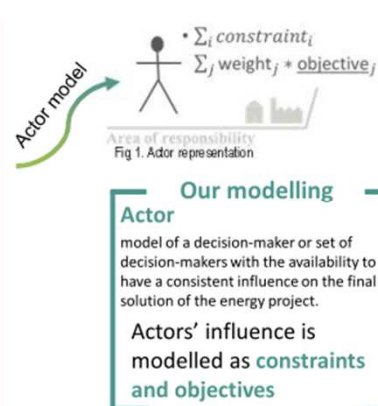



Fig 2. Pre-modelled actor classes in OMEGAlpes – UML representation

- **Model Generation Tool for energy projects**
improving decision makers' understanding and discussion based on various study case
 - **MILP Optimisation**
• numerous decision variables -> Optimisation
• continuous and discrete variables -> MILP (Mixed-Integer Linear Programming)
 - **Open source**
facilitating the model and tool access and modification to stakeholders and energy project designers
-  **OMEGAlpes**
- Python 3.6 (Pajot et al., 2019)
- Actor modelling available at:
<https://ericad-pitab.univ-grenoble-alpes.fr/omegalpes>



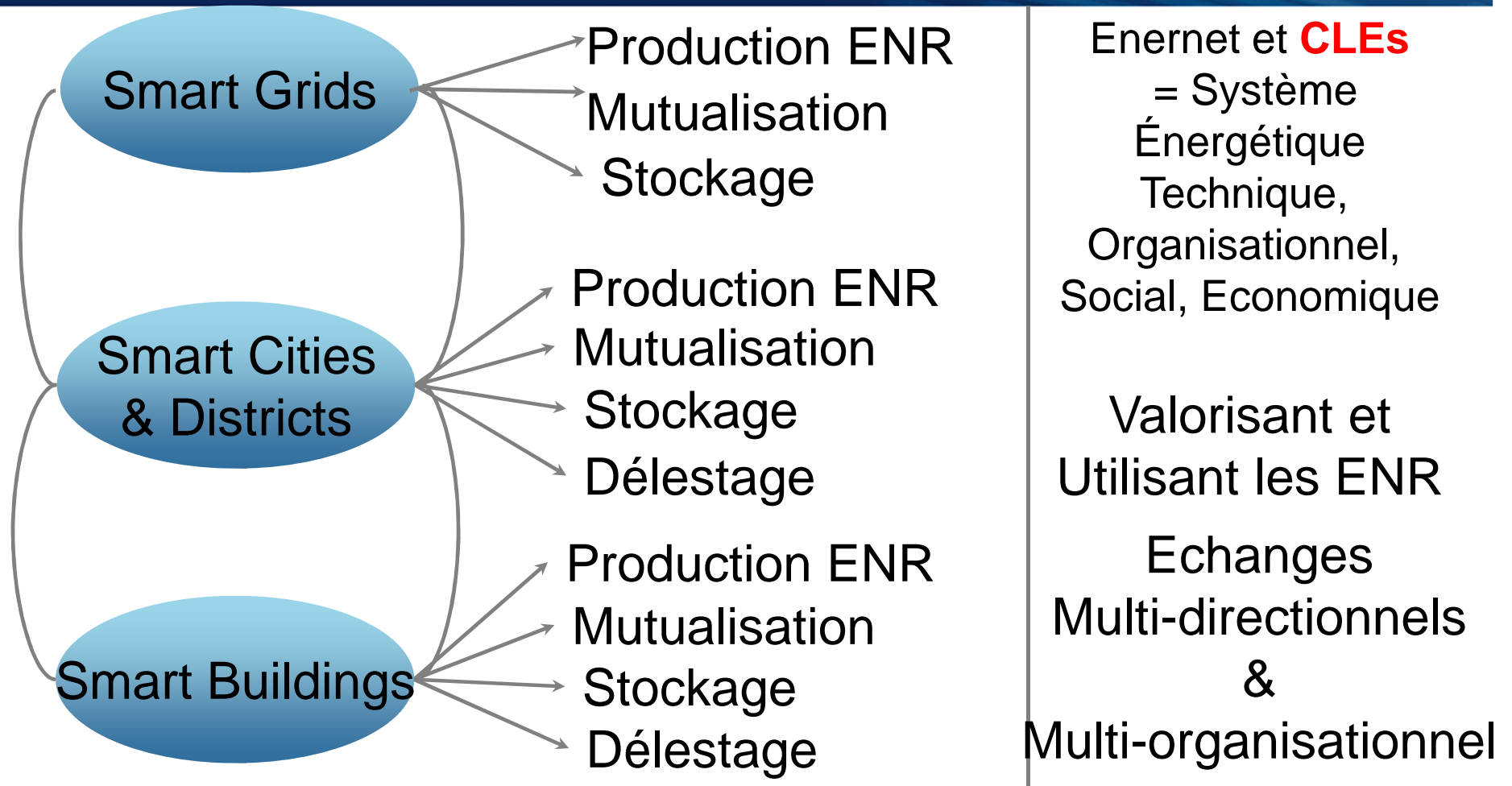
Eco-SESA

Univ. Grenoble Alpes

Les questions scientifiques majeures

- ▶ Des CLEs à quelle échelle de temps et d'espace ?
- ▶ Quelle forme et distribution d'intelligence dans les CLEs ?

Des CLEs à quelle échelle de temps et d'espace ?



Une vision/stratégie d'analyse/décomposition de type fractale (ou poupée russe) dans l'espace, et le temps

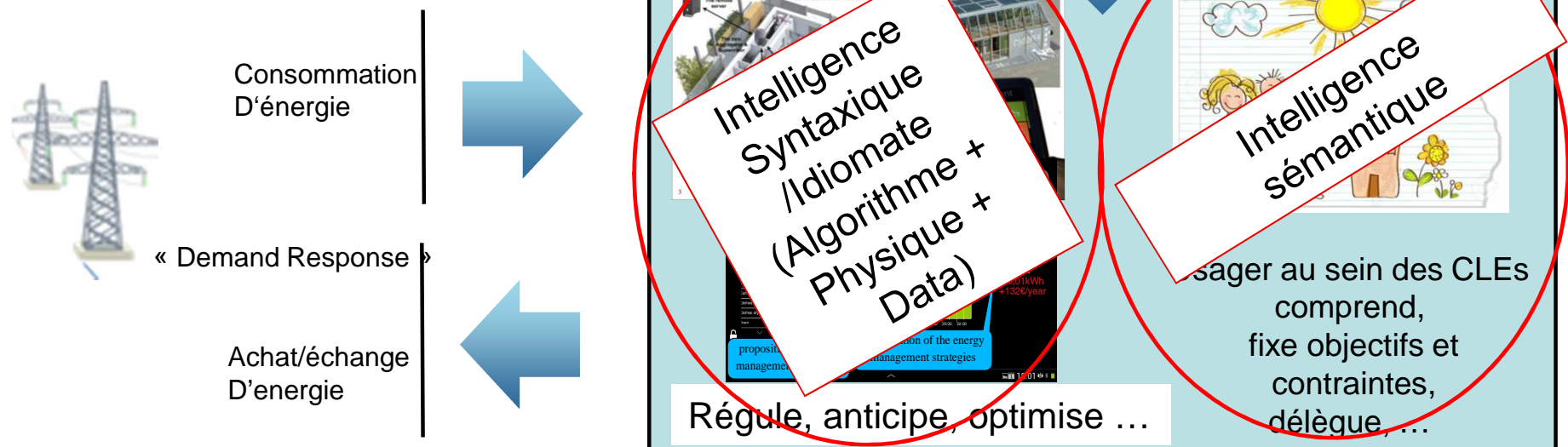
Une vision à l'interface des approches d'ingénierie et des sciences sociales
cf. intervention de G. Debizet sur les assemblages sociaux énergétiques

Quelle forme et distribution d'intelligence dans les CLEs ?

■ Pour la gestion de la demande, la gestion anticipative, est-ce-que tout sera automatique?

- Cela pouvait sembler être notre vision en première approche, mais ...
- Hypothèse actuelle: **usager/habitant** doit être **impliqué dans la boucle**
 - Les habitant veulent pouvoir décider, comprendre, ...
 - S'il ne peuvent ni comprendre, ni décider -> **Rejet**

■ Des consom'acteurs aux CLEs



Conclusion



- **Le paradigme des CLEs dans le cadre de l'EnerNet**
 - **constitués d'acteurs humains à titre individuel et/ou collectifs porteurs du sens** (la complexité sémantique)
 - qui devront s'aider, ou se faire aider par de **l'intelligence syntaxique/idiomatique** pour gérer la montée en taille, vitesse, robustesse, ...
 - se structureront dans des **organisations sociales, territoriales et économiques & techniques de type fractale**
 - des éco-quartiers se structurent expérimentent des briques de cet internet de l'énergie
- **Nécessite une recherche scientifique des**
 - Du labo composants/système au terrain réel en passant par des living lab
 - Pour une recherche de type « Human-in the loop »
- **Pour un concept de CLEs qui reste encore à définir ...**
 - Avec une approche de type fractale ?

* "Smart buildings" integrated in "smart grids": A key challenge for the energy transition by using physical models and optimization with a "human-in-the-loop" approach",
F. Wurtz, B. Delinchant, Comptes Rendus Physique, Volume 18, Issues 7–8, September–October 2017, Pages 428-444,
<https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.09.007>