

---

**Vendredi 27 octobre 2022 - PT GREEN / OTE**

***Résilience du réseau électrique:  
contribution des systèmes techniques alternatifs***

**Margot Pellegrino**

Maîtresse de conférences en aménagement de l'espace et urbanisme  
Lab'Urba, Université Gustave Eiffel  
[margot.pellegrino@univ-eiffel.fr](mailto:margot.pellegrino@univ-eiffel.fr)

## Objectif et structure de la présentation

---

Une réflexion sur les systèmes techniques alternatifs (STA) et le rôle que ceux-ci peuvent jouer dans l'accroissement de la résilience du réseau central et du territoire

Je regarderai plus précisément une infrastructure critique cruciale pour la vie de nos sociétés : le système électrique.

1/ Définition de infrastructure critique et résilience

2/ Enjeux et défis du système technique électrique

3/ STA et contribution à la résilience du REC: autonomie et résilience

3/ STA et contribution à la résilience du REC: flexibilité et résilience

5/ Conclusion

# 1/ Éléments théoriques et définitions

---

Une **infrastructure critique** est une infrastructure « *indispensable au maintien des fonctions vitales de la société, de la santé, de la sûreté, de la sécurité et du bien-être économique ou social des citoyens, et dont l'arrêt ou la destruction aurait un impact significatif [...] du fait de la défaillance de ces fonctions* » (Directive CE 2008/114/CE du Conseil du 8/12/08)



Carte du réseau d'oléoducs européens, un exemple d'infrastructure critique. Capture d'écran d'openinframap.org

# 1/ Éléments théoriques et définitions

---

## Résilience

Définition issue de la géographie : « *capacité de rebondir de la société suite à un événement perturbateur ainsi que de se reconstruire dans un cadre post-catastrophe* » ( Jébrak 2010)

Définition plus large issue du monde de l'aménagement et de l'urbanisme : la résilience concerne la capacité d'un territoire dans son ensemble, incluant les institutions, les acteurs, les infrastructures, les systèmes, les flux, les services, à anticiper, prévenir, continuer de fonctionner et se développer (définition présentée dans le rapport (UN-habitat 2015) et développée par le Programme 100 *resilient cities* (Maire 2018)

bien plus que la réponse à une perturbation : elle inclut également l'anticipation et la prévention.



ne concerne pas que les crises et les événements extrêmes, mais également les perturbations chroniques et de moindre intensité

# 1/ Eléments théoriques et définitions

---

## Résilience

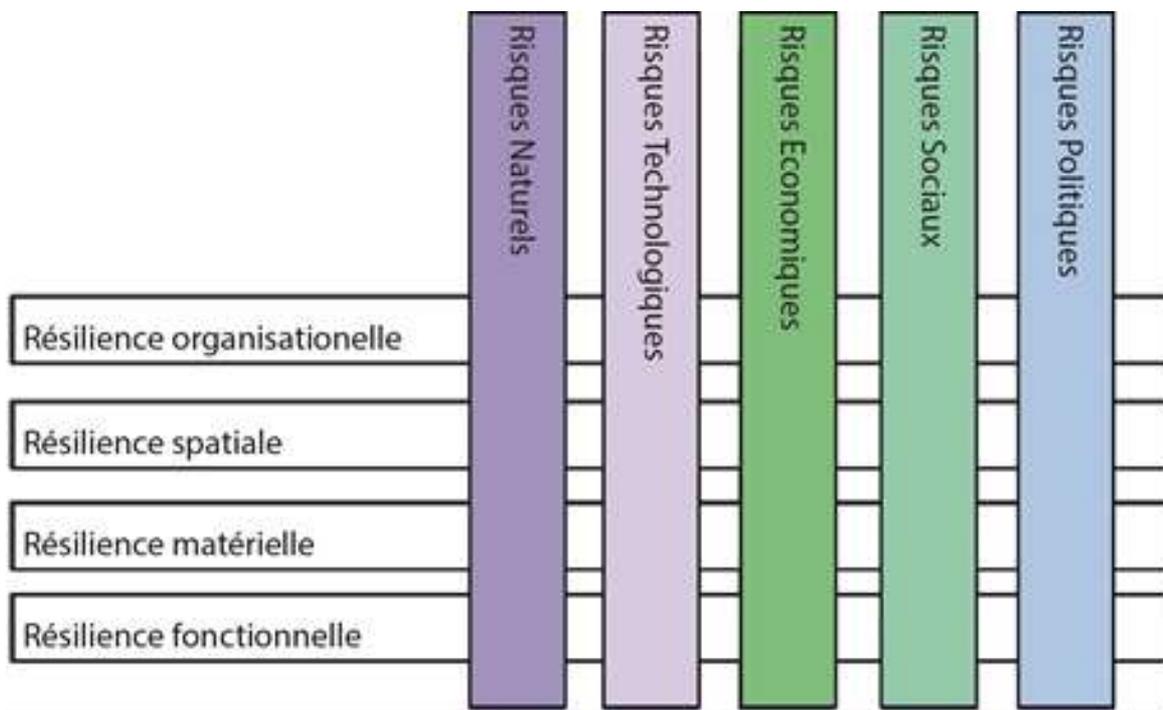
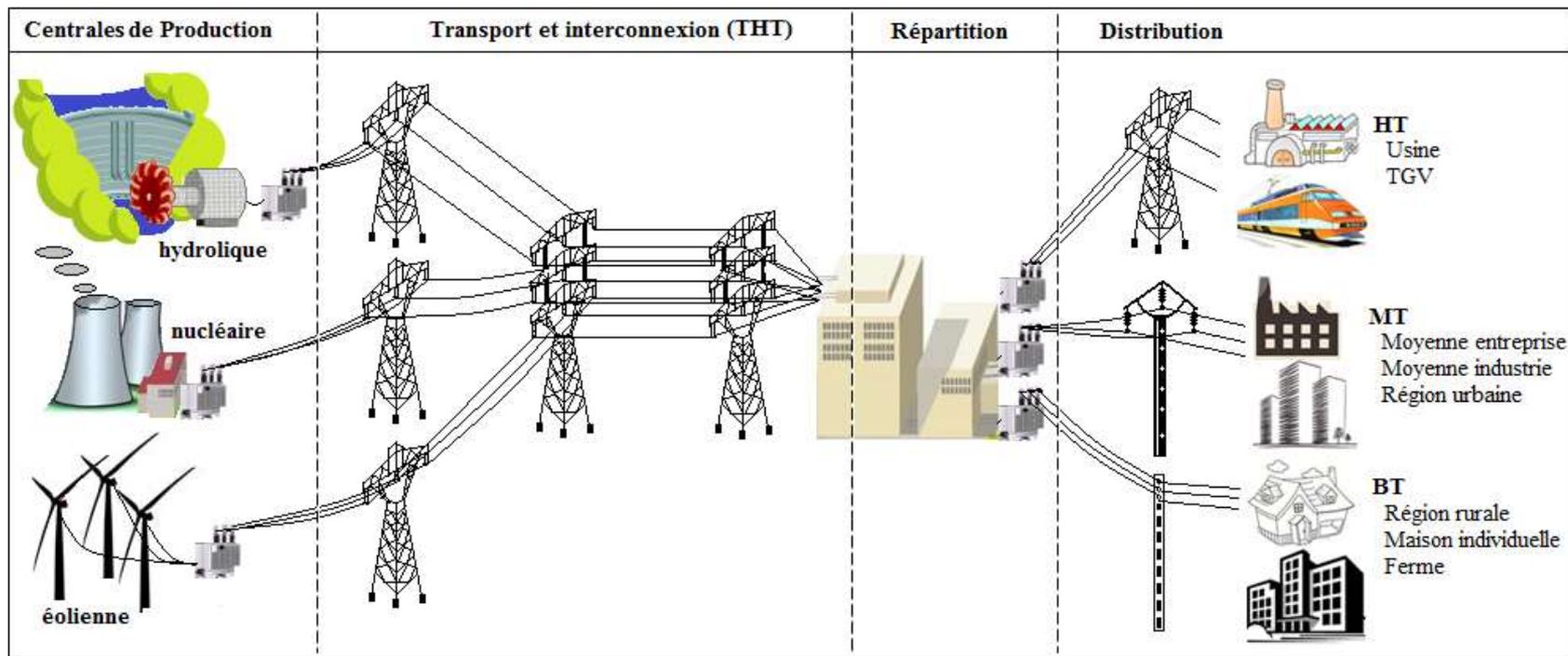


Figure 1.1 : Urban Systems Model Approach (HABITAT III 2015)/Page 3)

## 2/ Le système technique électrique

Une **infrastructure critique** cruciale dans l'offre de services aux territoires ainsi qu'aux autres systèmes techniques

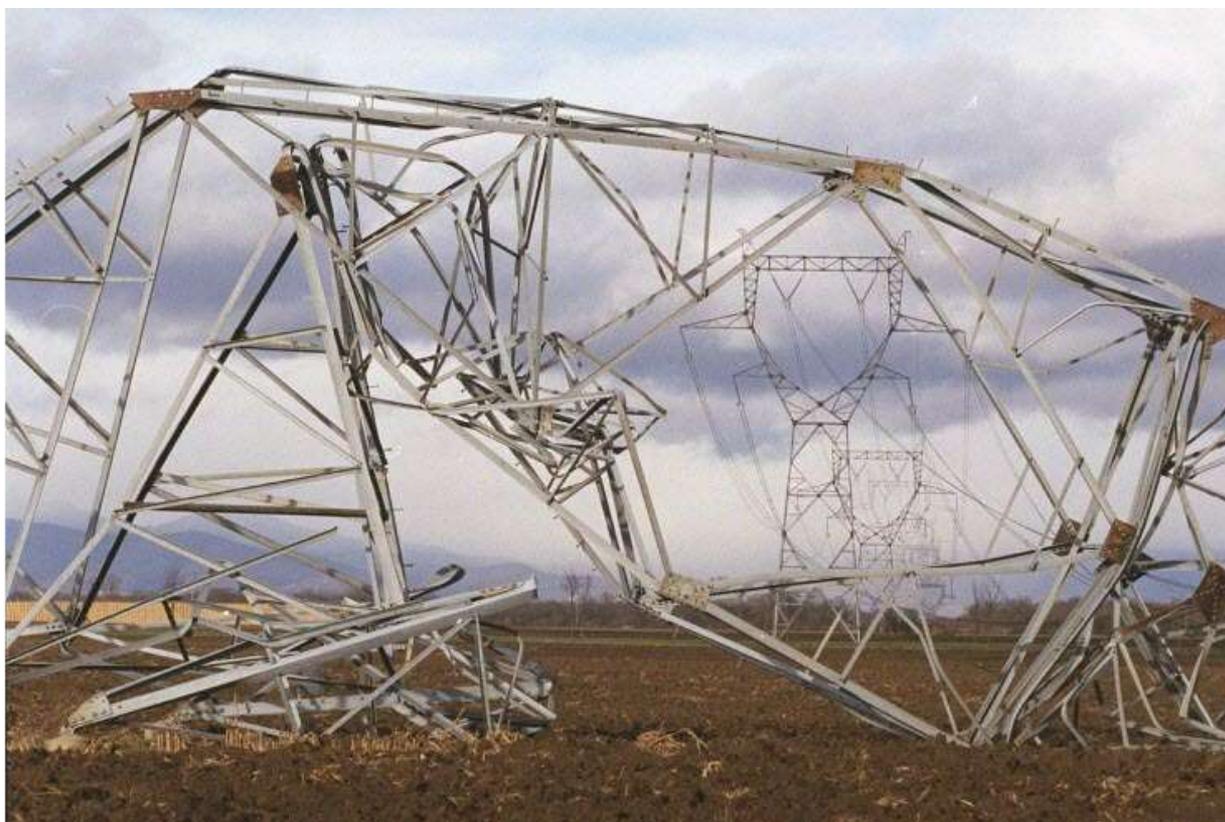


Carte du <https://cdfal95.fr/7-infos-sur-le-reseau-electrique/>

## 2/ Le système technique électrique

---

À Dessenheim, le pylône d'une ligne électrique à haute tension de 400 000 volts a été arraché par la tempête Lothar privant quelque 260 000 foyers d'électricité (26/12/19)



## 2/ Le système technique électrique

---

**Conséquence des fortes chaleurs, un certain nombre d'installations électriques enterrées dans le sol finissent par céder, ce qui provoque des coupures de courant à travers le pays.**

Par Noah Sdiri

Publié le 11/08/2022 à 12h43



Écouter cet article | Canicule : les coupures d'électricité se multiplient à cause des fortes cha... 00:00

Les coupures d'électricité se multiplient au moment où la France connaît un nouvel épisode de **canicule**. En cause ? Les installations électriques enterrées à au moins 80 cm de profondeur et qui ont du mal à supporter la chaleur des sols, qui peut atteindre jusqu'à 90 degrés, relate **Le Parisien**, ce jeudi 11 août.

"Les fortes chaleurs cumulées maintenant sur plusieurs semaines, avec des températures élevées qui ne descendent pas la nuit pendant plusieurs jours, continuent de faire monter la température des sols goudronnés, parfois de plusieurs dizaines de degrés", détaille Enedis,

<https://www.capital.fr>

<https://www.rtf.be/article/la-canicule-provoque-une-gigantesque-panne-d-electricite-dans-l-ouest-de-la-france-9022005>, 2015

<https://www.lesechos.fr/monde/etats-unis/la-canicule-pousse-le-texas-au-bord-de-la-panne-electrique-1776031>, 2022

**La canicule pousse le Texas au bord de la panne électrique**  
Alors qu'une forte vague de chaleur touche le Texas, les habitants et les entreprises sont invités à restreindre leur consommation d'électricité. L'objectif ? Éviter d'atteindre un point de rupture qui causerait des pannes d'électricité dans l'Etat.

**La canicule provoque une gigantesque panne d'électricité dans l'ouest de la France**

Une gigantesque panne d'électricité a touché environ un million de foyers dans la nuit de mardi à mercredi dans l'Ouest de la France, qui pourtant n'est pas en vigilance orange, première conséquence des fortes chaleurs qui se sont abattues sur l'Hexagone depuis mardi.

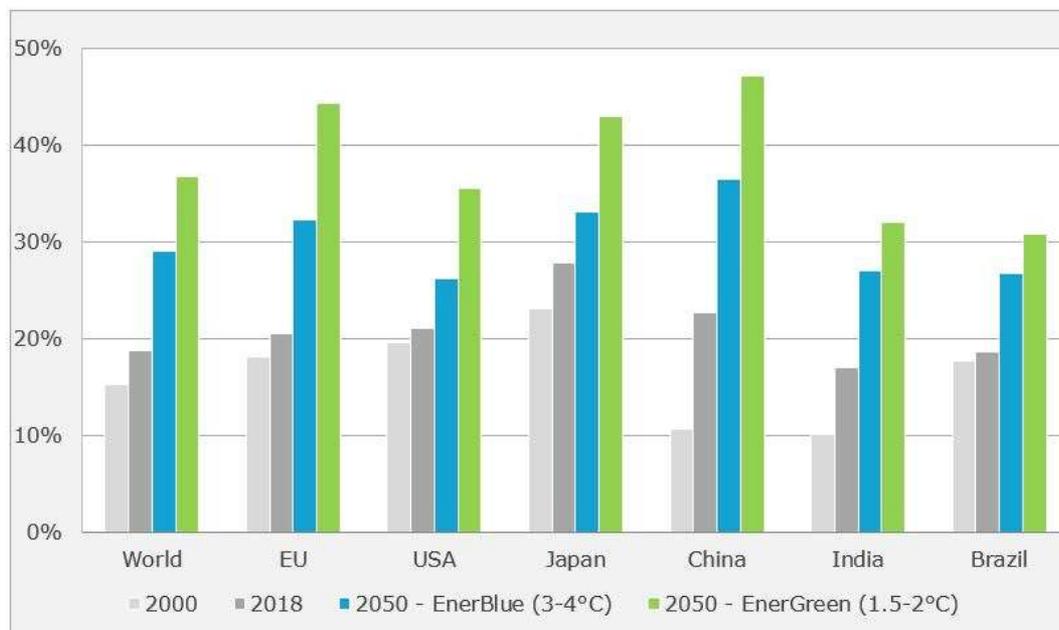
## 2/ Le système technique électrique

---

L'électrification doit s'accélérer pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux.

Au niveau mondial, la demande mondiale d'électricité devrait augmenter de 80 à 90 %. La part de l'électricité dans la consommation finale atteindrait 29 % dans le scénario EnerBlue, et 36 % dans le scénario EnerGreen (avec une forte décarbonation de la production d'électricité).

Pour certains pays, tels que les États-Unis, l'UE ou le Brésil, cela signifierait une forte accélération de l'électrification, tandis que la Chine, l'Inde ou le Japon continueraient à suivre la tendance actuelle.



### Part de l'électricité dans la consommation finale

Source: Enerdata, [Global Energy & CO<sub>2</sub> Data](#) et

[EnerFuture](#)

<https://www.enerdata.fr/publications/breves-energie/electrification-decarbonation-mondiale.html>

Comment réduire alors les incertitudes et les risques auxquels doit faire face le réseau électrique central? A travers quelles opérations est-il possible d'en accroître la résilience, de le rendre plus fiable et sécurisé ?

Il n'existe pas une stratégie universelle de résilience, mais de multiples stratégies, pouvant parfois être combinées.

- Augmenter la robustesse fonctionnelle du système technique
- D'autres stratégies (flexibilité, sécurisation des ressources à travers l'autonomie)

Portées par des Systèmes Techniques Alternatifs  
Ville « post-réseau » ou « au-delà du réseau »  
(Coutard et Rutherford, 2014; 2016)

*En quoi pourquoi et pour qui l'essor de ces systèmes techniques pourrait être pertinent pour réfléchir à la résilience? Résilience pour qui?*

# AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE EN 2030 POUR LES OUTRE-MER ET LA CORSE

«La révolution, c'est l'autonomie énergétique locale»

Atteindre l'autonomie énergétique : le Graal ?  
**L'AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE,  
C'EST POSSIBLE !**



**Micro-réseau** : un sous-système local du REC qui n'est connecté au réseau général qu'en un seul point

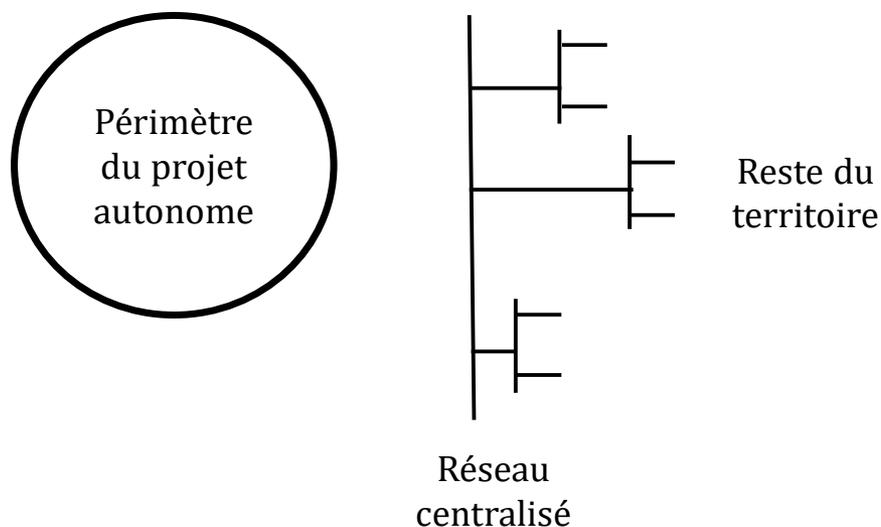
Pour pouvoir fonctionner, un micro-réseau doit comporter 4 éléments indispensables :

- Le réseau local;
- une installation de production d'énergie locale et, en plus, très souvent un système de production de secours (groupe électrogène).
- un système de stockage
- un système de gestion intelligente pour assurer l'équilibre constant entre production et demande d'électricité.

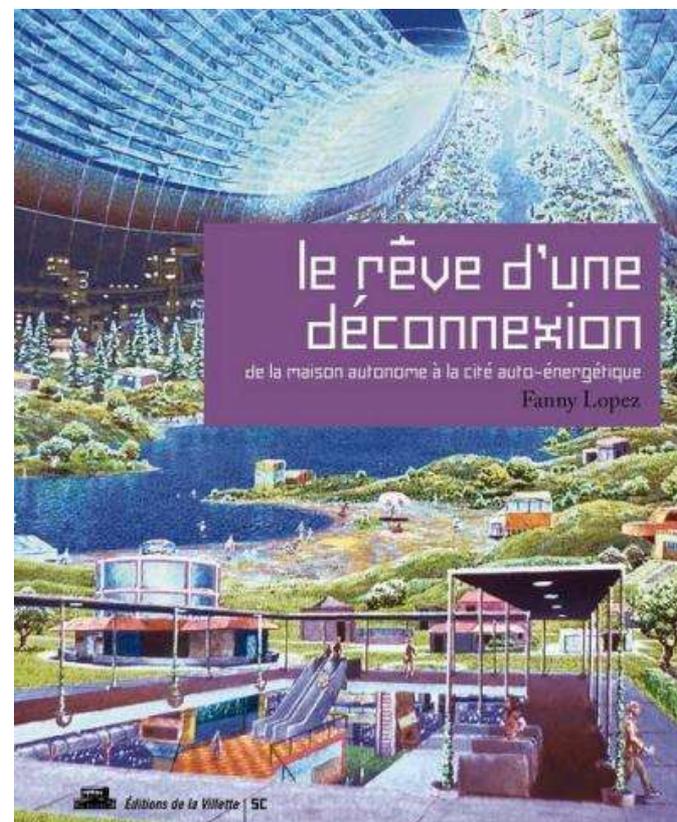
### 3/ Autonomie et résilience

#### ➤ en système fermé

- Pas de connexion avec le réseau électrique central
- Définition claire et figée du périmètre « autonome » qui ne dialogue pas avec ce qui se situe en dehors du périmètre même.
- Acception métabolique, autosuffisance



lien RC / temps normal	lien RC/ crise	périmètre ouvert
X	X	X

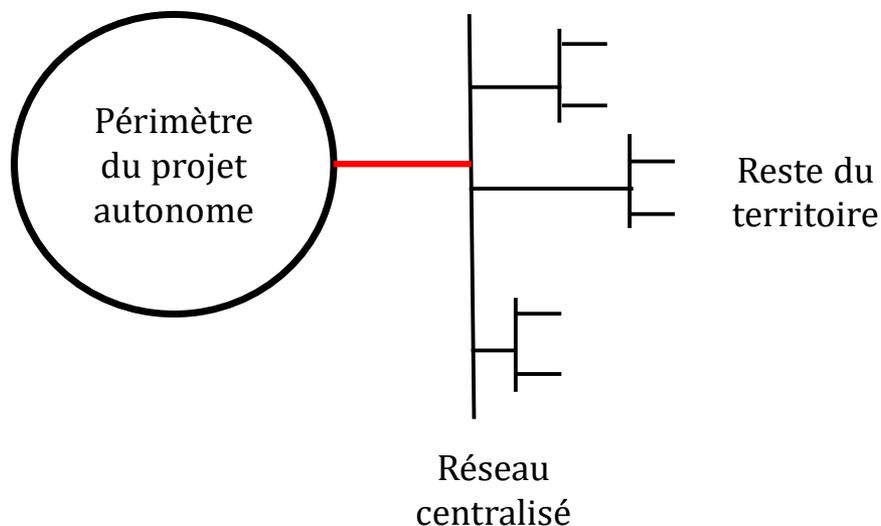


### 3/ Autonomie et résilience

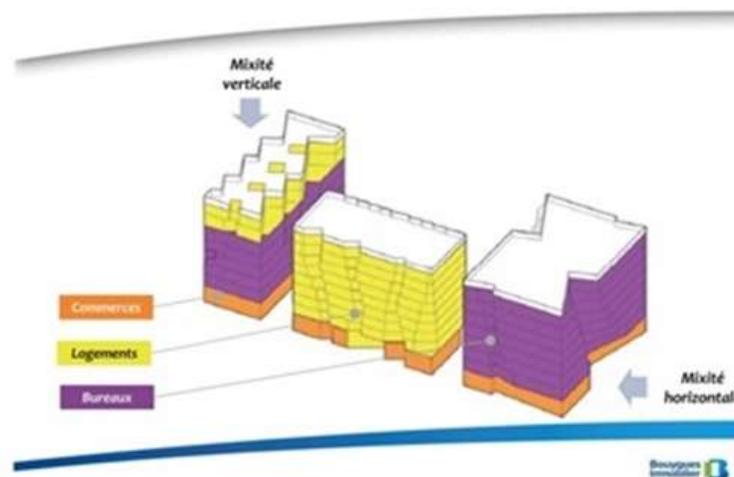
#### > connectée

- Connexion avec le réseau électrique central
- Définition claire et figée du périmètre « autonome » qui ne dialogue pas avec ce qui se situe en dehors du périmètre même.
- Acceptation sociotechnique

lien RC / temps normal	lien RC/ crise	périmètre ouvert
V	V	X



HIKARI, la mixité source de mutualisation

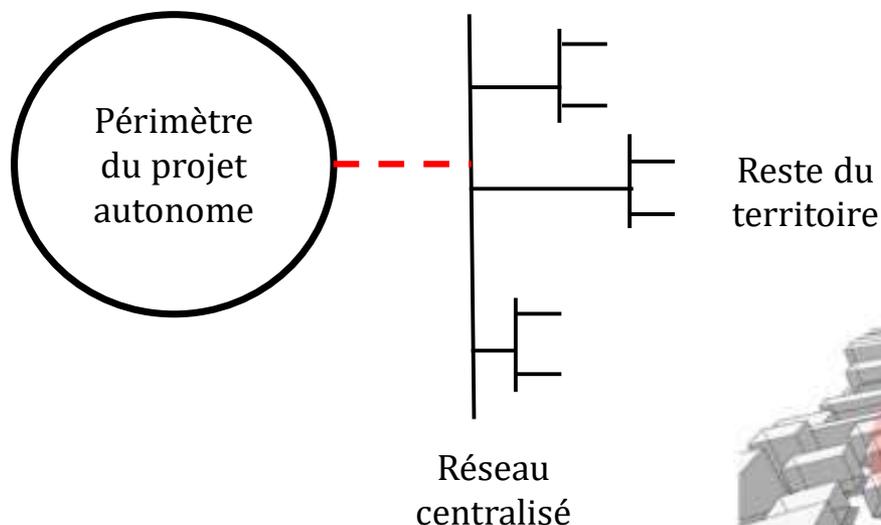


### 3/ Autonomie et résilience

#### > connectée - désynchronisée

- Possibilité de désynchronisation temporaire (micro-réseaux)
- Fonctionnement du territoire par tâches de léopard; smart shelters

lien RC / temps normal	lien RC/ crise	périmètre ouvert
v	x	x

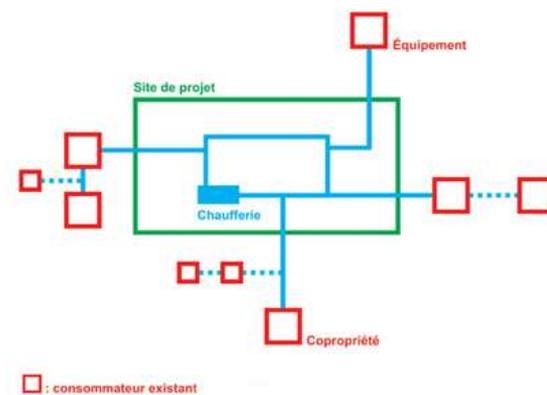
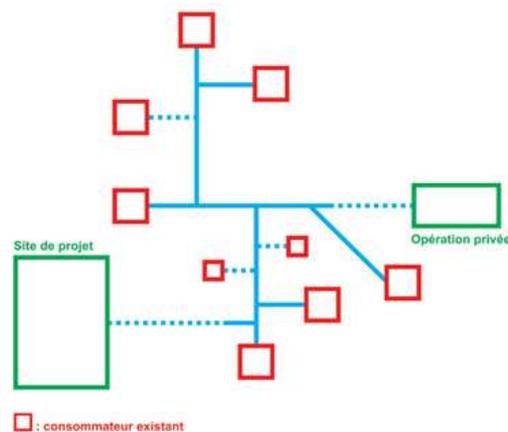
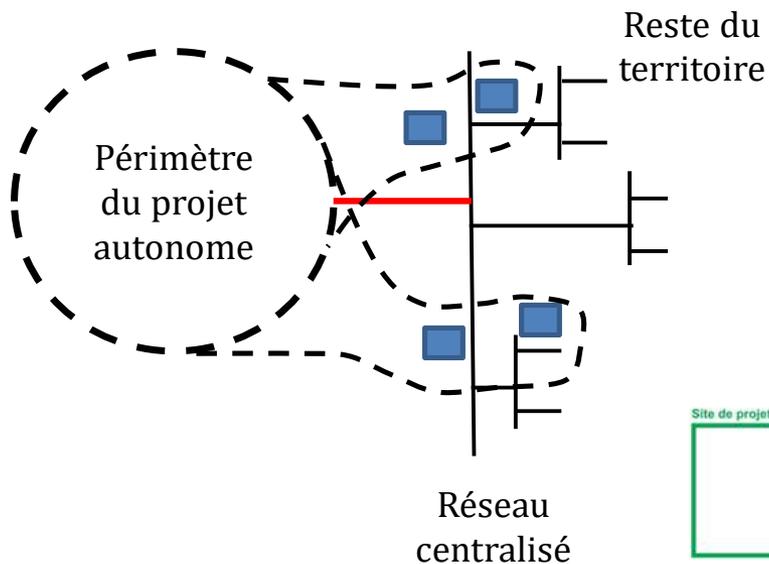


### 3/ Autonomie et résilience

#### > Coopérative

- Connexion au REC
- Le périmètre du projet n'est pas figé dans le temps et dans l'espace

lien RC / temps normal	lien RC/ crise	périmètre ouvert
V	V	V



### 3/ Autonomie et résilience

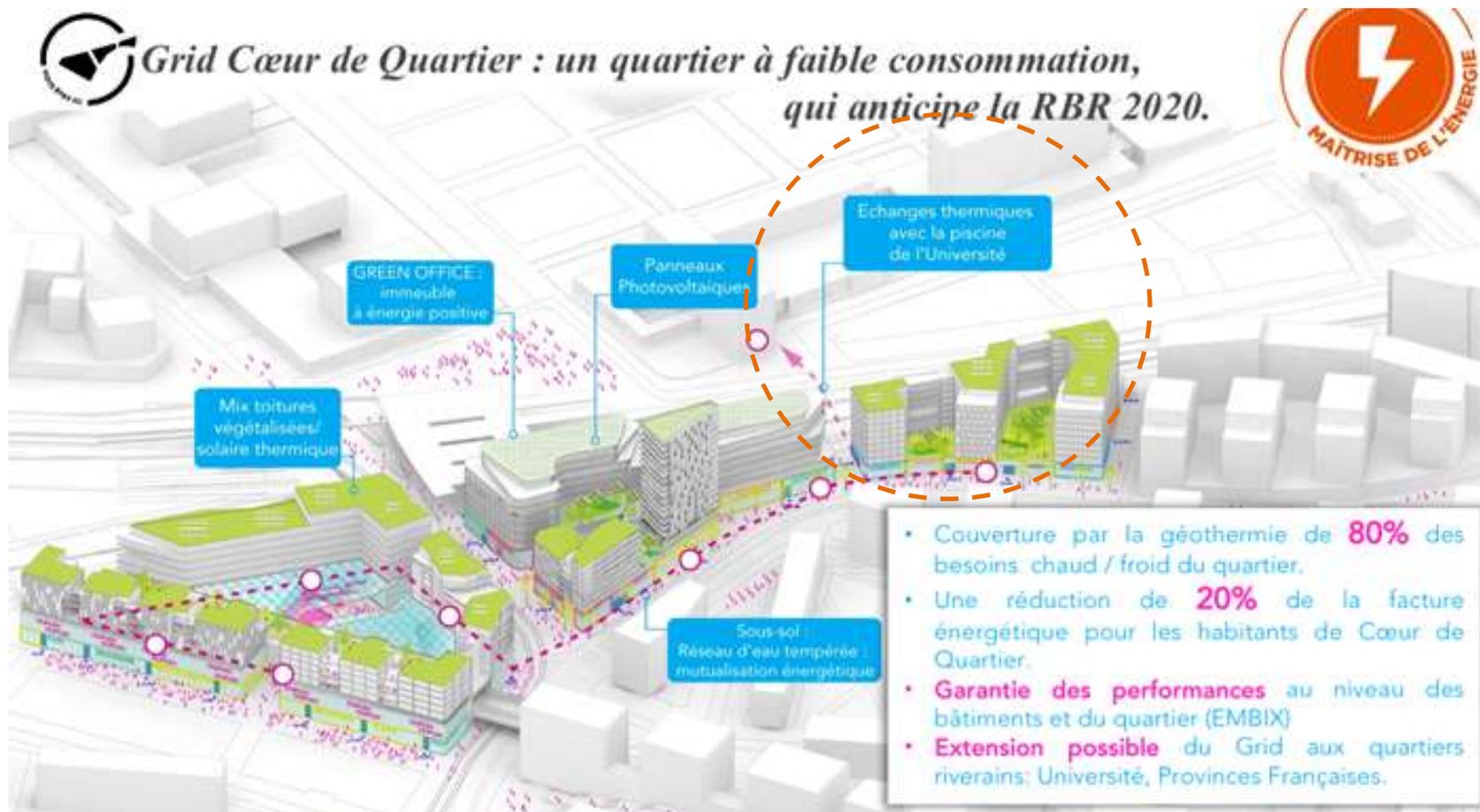


Figure 1: 3D de la solution énergétique proposée pendant le concours d'opérateurs. Crédits de l'image : Bouygues Immobilier, 2013. Dans Béchir, 2021

## 4/ Flexibilité et résilience

### Centrale électrique virtuelle

Il s'agit d'un système sociotechnique qui combine une multiplicité de sites de production, de stockage et/ou de consommation énergétique au moyen d'un dispositif numérique de pilotage centralisé dans l'objectif de participer au marché de l'énergie, de contribuer à l'optimisation de la production énergétique et à l'équilibre du réseau (Auer et al. 2006). Le principe est celui de l'agrégation et agrégateurs s'appellent les gestionnaires de ce ST.

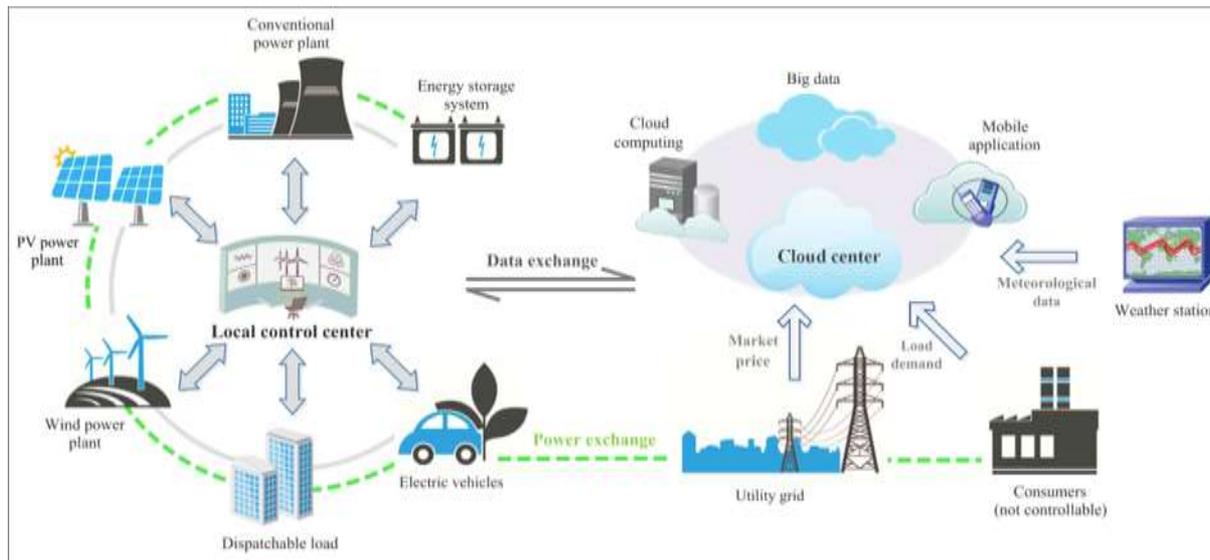
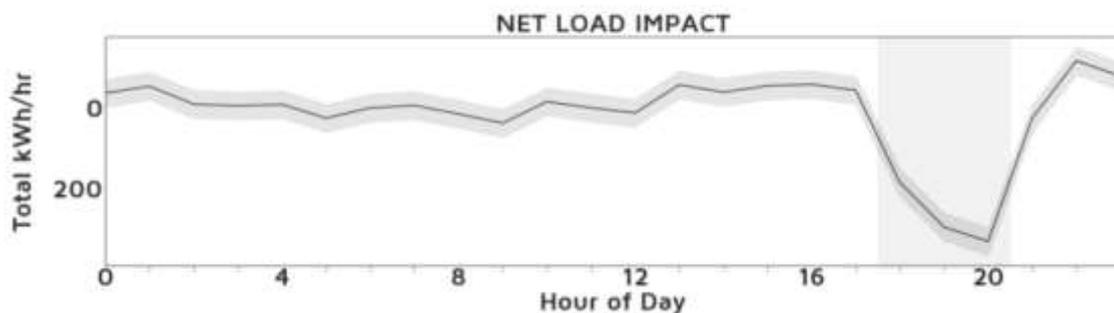


Schéma de fonctionnement d'une CEV  
Yu, Fang, Liu, Liu, 2019.

## 4/ Flexibilité et résilience



### NET IMPACT:

**-19.3%** ±0.5%

Event Demand Reduction

Impact horaire net de l'effacement de consommation réalisé par Ohm Connect sur la demande énergétique (14 août 2020). Source : (Recurve, 2020)

« Ce qui s'est passé en août 2020, c'est qu'il y a eu une vague de chaleur. En Californie, tout le monde avait sa climatisation allumée. Tout le monde était à la maison car c'était le COVID. Ainsi, la charge résidentielle était devenue aussi élevée qu'elle ne l'avait jamais été [...]. En gros, [l'opérateur du réseau électrique] allait manquer d'énergie [...]. Alors il s'est adressé à Ohm Connect. Dans cette circonstance, nous avons dispatché chacun de nos utilisateurs en Californie, donc toute notre centrale électrique virtuelle était opérationnelle [...]. Et la consommation a chuté de 20 %. Nous l'avons maintenu là pendant deux heures jusqu'à ce que le réseau puisse revenir et être en mesure de produire la quantité d'énergie dont ils avaient besoin pour répondre à la demande »

## 5/Conclusion

---

STA peuvent être pertinents pour la résilience / De nombreuses questions soulevées

Récupérer **la portée politique** de la résilience : un véritable défi pour la planification urbaine.

- cadrer les processus et assurer une uniformité de service aux territoires
- prendre la responsabilité de choisir quels périmètres sont à considérer comme prioritaires, par exemple lors d'une catastrophe climatiques, et quels autres ne le sont pas
- accompagner les collectivités locales avec leurs exceptions, dérogations, spécificités : le cas par cas

car il n'existe pas de modèle tout prêt tout fait, chaque projet étant un assemblage unique qui difficilement va pouvoir se reproduire à l'identique sur un autre territoire