



# SmartGrids

BY FONDATION GRENOBLE INP

## Comportement dynamique des réseaux de distribution incluant des convertisseurs d'électronique de puissance

Julia Chêne<sup>1</sup>, Jérôme Buire<sup>1</sup>, Nouredine Hadjsaid<sup>1</sup> et Xavier Legrand<sup>2</sup>

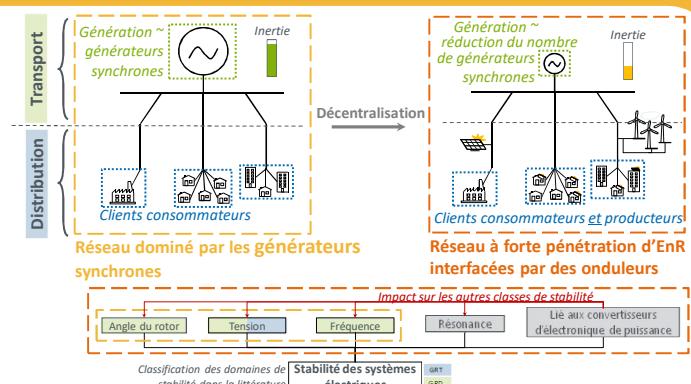
<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, 38000, Grenoble, France

<sup>2</sup> Enedis, France

### I - Problématique

Dans un contexte de forte pénétration d'EnR pouvant mener à de nouvelles questions de stabilités, **une double problématique se présente :**

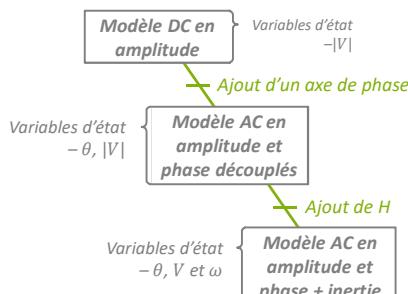
1. Le rôle du GRD dans la gestion de la stabilité s'étend, notamment du fait de la décentralisation de la production
2. Des réseaux dominés par les EnR montrent des nouvelles dynamiques complexes dont **on ne sait pas en expliquer la cause**, ils n'en voient que leurs effets



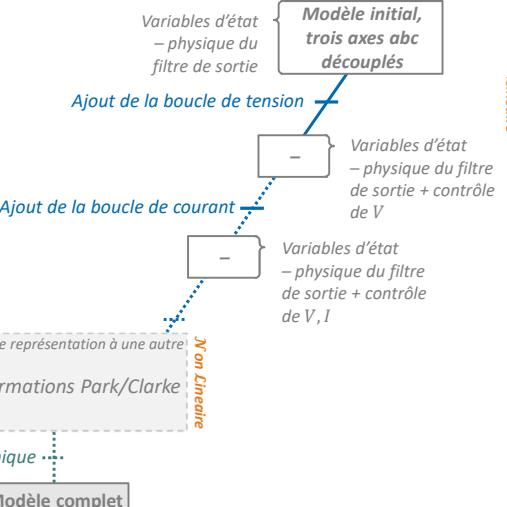
### III - Méthodologie

- Au lieu de réduire les modèles sur la base des modes dominants, il s'agit de les compléter par **l'ajout graduel des dynamiques** et des couplages
- Partir d'un modèle au **comportement dynamique élémentaire** et **compléter le modèle équation par équation**

Modèles en coordonnées polaires –  $|V|, \theta$



Modèles en coordonnées cartésiennes – abc



### III – Limites & Objectifs

Objectif de la méthode :

- Identifier quelle équation fait apparaître une interaction ou un phénomène d'instabilité
- Proposer une **quantification** de la stabilité

Intérêt pour le GRD :

- Adapter la précision du modèle à un phénomène d'intérêt
- Identifier les paramètres déterminants et en extraire des critères d'optimisation de la stabilité.

Limite :

- **Biais** lié au choix des modèles de départ et des équations pour chaque étape

### IV - Conclusions

1. **Prévenir les instabilités** : Le niveau de précision du modèle conditionne la manifestation des modes instables et influence la marge de stabilité. Il est donc essentiel de quantifier les modes instables pour fiabiliser les études de stabilité.
2. **Optimisation de la stabilité** : En intégrant les paramètres critiques au contrôle et en adaptant le dimensionnement, il est possible de réduire l'impact des modes instables



# SmartGrids

BY FONDATION GRENOBLE INP

## Impact de stockeurs participant aux marchés/services système sur les réseaux de distribution

Lucas Lafaye<sup>1</sup>, Marie-Cécile Alvarez-Herault<sup>1</sup>, Rémy Rigo-Mariani<sup>1</sup>, Vincent Debusschere<sup>1</sup>, Philippe Cros<sup>2</sup>, Léonard Bacaud<sup>2</sup>, Jérémie Hirsch<sup>2</sup>, Bastien Gauthier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, 38000, Grenoble, France

<sup>2</sup> Enedis, France

### I - Contexte

#### ➤ Nombre important de stockage dans le réseau HTA

(puissance moyenne 1,3 MW par élément en 2024)

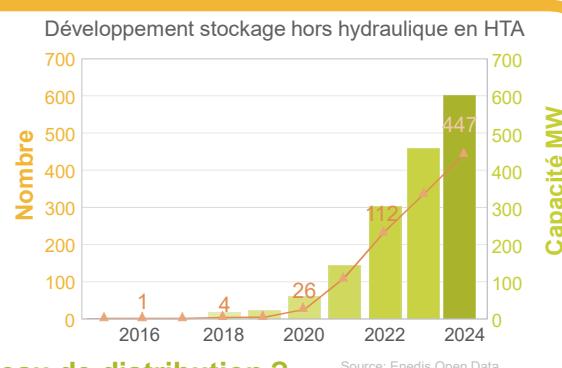
#### ➤ Hausse de l'intérêt des stockeurs dans la participation aux marchés de l'énergie / services système

(Day-Ahead, Intraday / Réserve primaire, secondaire)

#### ➤ Utilisation du stockage sans considération des impacts locaux

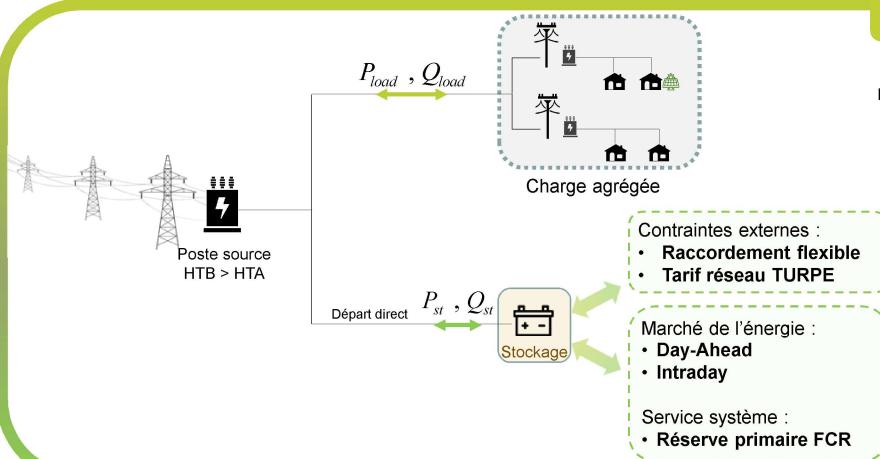


Quel est l'impact de ces stockages dans le réseau de distribution ?



#### Impact technique

#### Impact économique



### II - Méthodologie



- Impact du stockage sur le poste source :
  - Monotone des puissances
  - Vieillissement transformateur
  - Nombre de changement du régulateur en charge
- Impact de contraintes externes sur :
  - le profit du stockeur
  - le revenu du gestionnaire du réseau de distribution

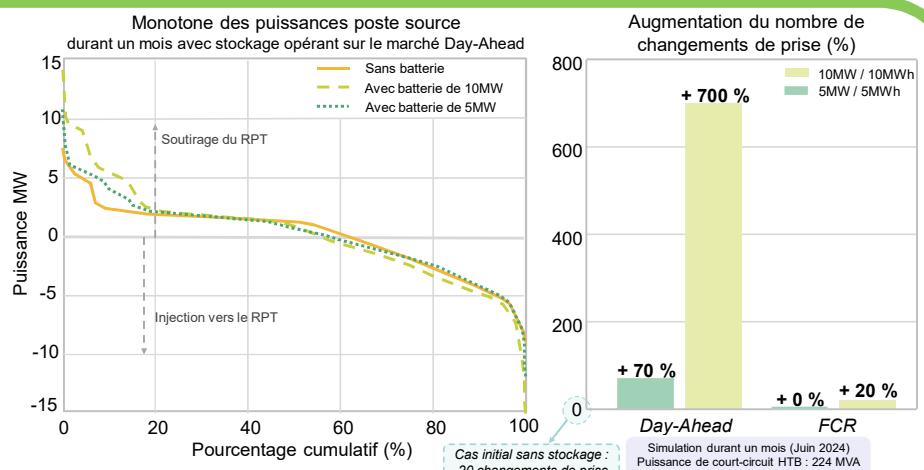
### III - Résultats

#### ➤ L'échange de puissance du stockage conduit à une augmentation du nombre de changements de prise du régulateur en charge du transformateur HTB/HTA.

✓ Cela reste dans les spécifications constructeur.

#### ➤ Augmentation des pointes de puissance en injection et soutirage.

#### ➤ Travaux en cours : Le tarif réseau « stockage » récompense l'installation de stockage dans des zones en contrainte, mais contribue-t-il vraiment à réduire ces contraintes réseau ?





# SmartGrids

BY FONDATION GRENOBLE INP

## « Analyse de nouvelles architectures informatiques de conduite des réseaux de distribution mettant en œuvre des fonctions intelligentes centralisées et réparties »

Paul Enjolras<sup>1</sup>, Nouredine Hadjsaid<sup>1</sup>, Yvon Besanger<sup>1</sup>, Jonathan Cognard<sup>1</sup>, Van Hoa Nguyen<sup>2</sup>, Marc Chapert<sup>3</sup>, Alexandra Krings<sup>3</sup>

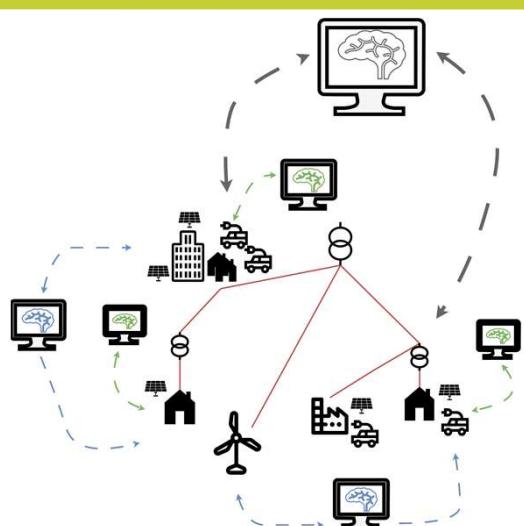
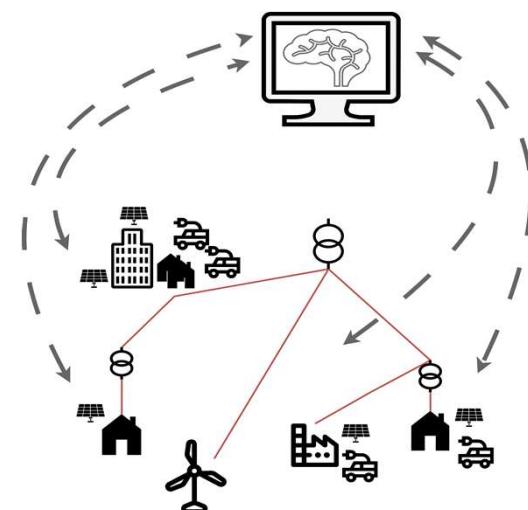
<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, 38000, Grenoble, France

<sup>2</sup> EDF R&D Lab Paris Saclay, F-91120 Palaiseau, France

<sup>3</sup> ENEDIS 92079 La Défense, France

### I - Contexte

L'intégration rapide et à moindre coût des nouveaux utilisateurs sur le réseau de distribution (Producteurs renouvelables, électrification des usages...) passe notamment par l'utilisation de fonctions avancées de conduite des réseaux. Elles sont essentiellement centralisées au niveau des outils des agences de conduite réseau (ACR), et cela peut poser des problèmes de résilience.

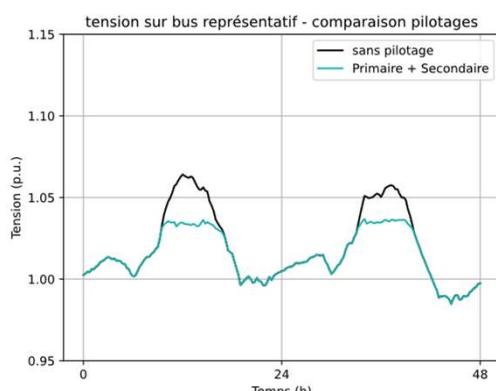
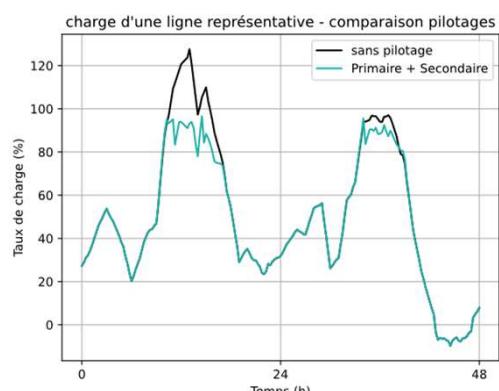
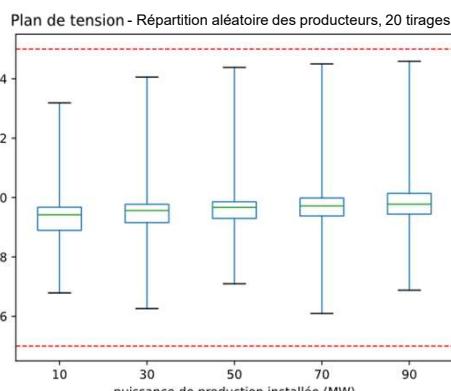


### II - Objectifs

Concevoir et évaluer une architecture de pilotage du réseau électrique de distribution mêlant plusieurs modes de pilotage (centralisé, décentralisé, local...) en mettant l'accent sur la résilience, la simplicité et une empreinte numérique minimale et en acceptant a priori un compromis sur l'efficacité et l'optimalité finale du système.

### III – Résultats préliminaires sur un réseau simplifié

Définition d'une architecture hybride de pilotage avec un contrôle primaire (uniquement local, sans communication) et un contrôle secondaire (plusieurs niveaux centralisés, pilotage heuristique, communications entre équipements du réseau).





# SmartGrids

BY FONDATION GRENOBLE INP

## Estimation du réalisé aux postes HTA/BT par approche générative sur des données centralisées et distribuées

Romain Rombour<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, 38000, Grenoble, France

### I - Contexte

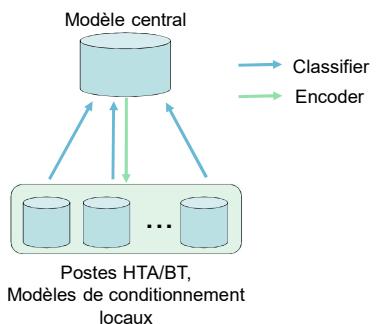
Dans le cadre du dimensionnement des réseaux de distribution, les données locales des postes HTA/BT sont une ressource précieuse. Cependant ces dernières sont sujettes à la réglementation RGPD et ne peuvent pas quitter les concentrateurs. De plus, les données à cette échelle de localité sont souvent incomplètes avec seulement une vue partielle des consommations.

Ce travail a pour but d'exploiter ces données pour estimer la consommation intrajournalière totale de chaque poste HTA/BT à l'aide de données locales sur les postes HTA/BT et centrales provenant des différents panels réalisés par Enedis.

### II - Méthodologie

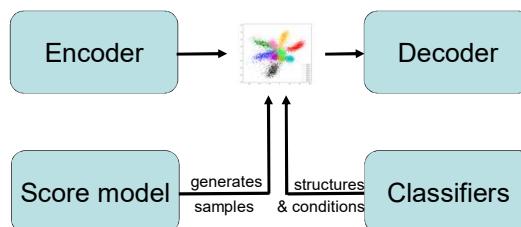
#### Hypothèses :

- Données des concentrateurs confinées aux concentrateurs
- Puissance de calcul limitée au concentrateur (pas d'entraînement lourd)
- Données de panels disponibles
- Informations sur les clients raccordés au poste source disponible
- On veut être capable de gérer l'incertitude sur les prédictions



#### Principe :

- Estimation de la consommation globale par génération des consommations individuelles conditionnées sur les infos clients et les données locales
- Générateur auto-encodeur variationnel (architecture Transformer)
- Données générées dans l'espace latent du VAE par Score Based Generative Modelling et conditionnées par les classifiers centraux et locaux



#### Avantages :

- Contrôle sur la charge de calcul au niveau des concentrateurs
- Flexibilité sur les conditionnements
  - Ajout de nouvelles variables simples
  - Le classifier central peut prendre le relai si manque de données locales
- Gestion de l'incertitude

#### Désavantages :

- Dépendant du modèle central
- Ne peut pas exploiter *directement* les données locales

### III - Conclusion

L'approche présentée ici propose de résoudre un problème d'estimation avec des données distribuées par une approche générative. Par essence, ce type d'approche permet d'approcher beaucoup plus facilement la notion d'incertitude sur l'estimation. Cette approche est assez plastique pour être facilement déclinée pour d'autres problèmes d'estimation ou de prédiction.

## Modélisation de séries temporelles de consommation à l'échelle locale en utilisant des données hétérogènes

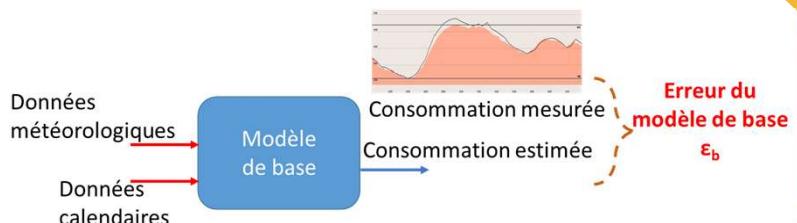
Muhammad Salman Shahid<sup>1</sup>, Anne De Moliner<sup>2</sup>, Benoît Delinchant<sup>1</sup>, Pierre Cauchois<sup>2</sup>, Luc Rodriguez<sup>2</sup>, Thomas Levy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> G2Elab, CNRS, Grenoble INP, Univ. Grenoble Alpes, 38000 Grenoble, France

<sup>2</sup> Enedis, France

### Contexte

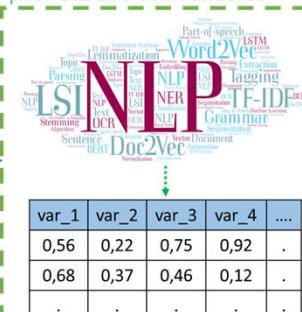
- À différentes échelles, les modèles d'estimation de la consommation d'énergie mis en place par ENEDIS s'appuient sur des données météorologiques et calendaires.
- L'objectif de ce travail de recherche est à identifier l'impact d'un événement ou l'impact d'une tendance sociétale au niveau local sur l'estimation de la consommation en utilisant les informations antérieures, provenant de sites médias ou/et réseaux sociaux.



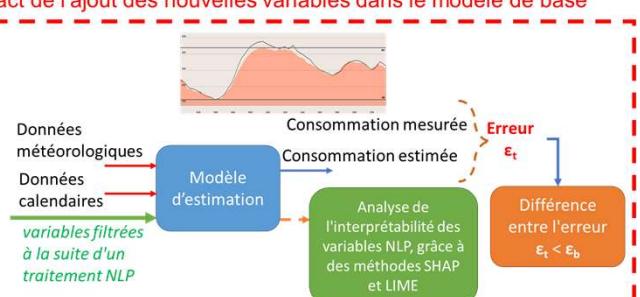
### Méthodologie



#### Traitement de données textuelles pour extraire des variables

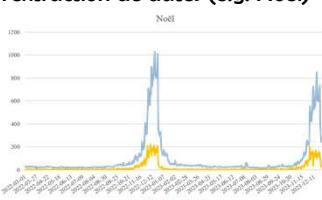


#### L'impact de l'ajout des nouvelles variables dans le modèle de base



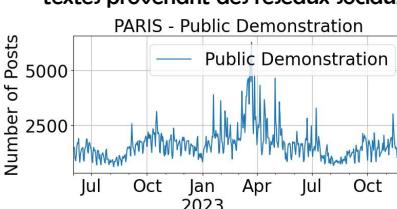
### Premiers résultats

- Construction de variables via NER (Named Entity Recognition) pour l'extraction de dates (e.g. Noël)



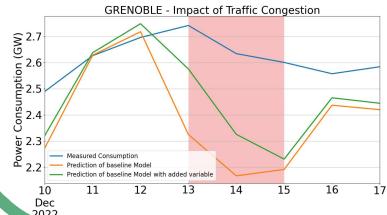
Construction à partir des réseaux sociaux de la Variable « Noel », plus importante fin décembre pour la ville de Lyon

- Construction de variables via zero-shot classification afin d'étiqueter des textes provenant des réseaux sociaux



Pic des manifestations entre Janvier 2023 et Juin 2023 contre la réforme des retraites Dans la ville de Paris

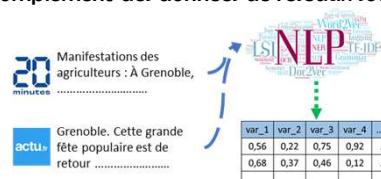
- Analysé de l'impact des événements (identifié par le discours sur réseaux sociaux) sur l'amélioration de l'erreur maximale



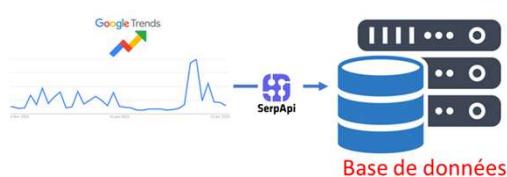
Pic de discours sur l'impact de congestion routière autour de Grenoble causé par la chute de neige. Il permet d'améliorer l'erreur max de l'estimation de la consommation d'énergie pour le 14 Décembre 2022.

### Travaux prévus

- Analysé de l'impact des actualités provenant des sites médias locaux concernant des événements locaux sur le modèle de base, en complément des données de réseaux sociaux.



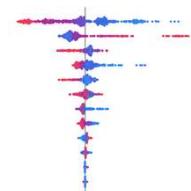
- Automation de la recherche des tendances en temps réel sur Google trends, y compris collecte de l'historique des tendances



- Analysé de l'interprétabilité (locale et globale) des variables extraits pour les événements grâce à des méthodes SHAP et LIME

SHAP & LIME

Interpretability



### Publication Scientifique

- Huang, Y., Shahid, M. S., de Moliner, A., Delinchant, B., Cauchois, P., & Merigeault, J. (2025, June). Modelling local electricity consumption by incorporating data of social media using natural language processing. In 28th Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED), In IET Conference Proceedings CP922 (Vol. 2025, No. 14, pp. 263-267). <https://doi.org/10.1049/cp.2025.1472>
- Shahid, M. S., Cauchois, P., De Moliner, A., & Delinchant, B. (2025, June). Improvement of electricity consumption model using variables constructed by zero-shot labelling on social media data. In Proceedings of the 16th ACM International Conference on Future and Sustainable Energy Systems (pp. 687-698). <https://doi.org/10.1145/3679240.3734636>



Chiara Iodice  
Designer



Eric Fache  
Tuteur designer

# SmartGrids

BY FONDATION GRENOBLE INP



Vincent Debusschere  
Encadrant chercheur



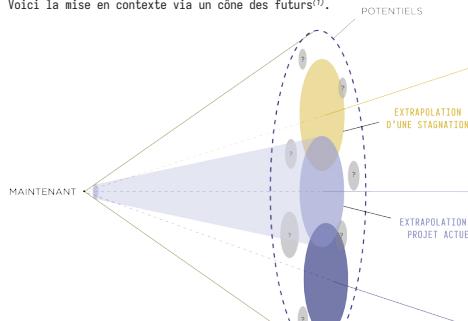
Jane Marchand  
Chercheuse post-doc

## Coupe de courant en milieu rural et stratégie de ré-alimentation basée sur la production locale renouvelable, approche par le design.

### CONTEXTE & FUTUR(S)

Le design de milieu, notion détaillée par Victor Petit, propose une posture de médiation, entre la technique, les usages, les vivants et les environnements. Il invite à sortir du pilotage descendant (top-down) ou du pur localisme (bottom-up) également remis en question par Bruno Latour qui considère que la définition du territoire ne peut pas être se résoudre à une définition spatiale.<sup>17</sup>

Voici la mise en contexte via un cône des futurs<sup>18</sup>.



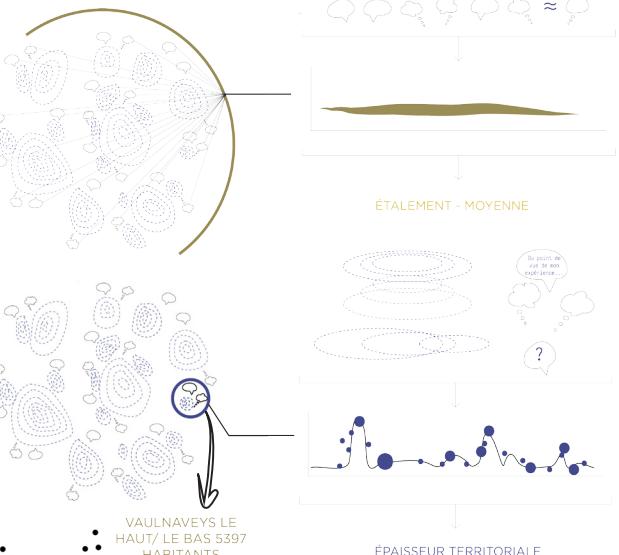
«Cône des scénarios potentiels» • Inspire par le cône des futurs de Stuart Candy réédité par Joseph Verro «The futures of everyday life : politics and the design of experimental scenarios», Candy, 2018, p. 35. Schéma de Pierre-Thomas Beaure Liiss (2017), «Réinvention collective, principe et état des lieux en France en 2017».

Deux visions du territoire :

La vision étalement-moyenne : approche classique, s'appuyant sur des moyennes de données quantitatives recueillies à large échelle, parfois hors-sol.

L'épaisseur territoriale : se focalise sur un milieu au sein d'un système mais dont les gens concernés sont les principaux protagonistes à qui on demande de parler de ce que Latour nomme leurs «attaches et moyens de subsistance». La «territoire» est toujours relié avec un large système. La recherche doit donc être située dans l'espace sans oublier qu'elle fait partie d'un système ayant des impacts sur son fonctionnement et de nombreuses interrelations.

### ÉPAISSEUR TERRITORIALE



Cette commune correspond aux critères de l'étude : une zone rurale avec deux coupures récentes. Je souhaite faire un micro-trottoir exploratoire mais celui-ci s'est révélé bien plus riche que prévu. Je me suis servi des travaux de Nicolas Nova, «Exercices d'observations». Puis j'ai décidé d'en faire une transcription de type «sketchnote» à la manière de Lou Hermann<sup>19</sup>. Les sketchnotes sont à la fois représentatifs de la chronologie de mes interactions, de leur repère spatial ainsi que des interrelations existantes entre tous mes interlocuteurs.

### TERRAIN



Sketchnotes • Technique de transcription inspirée par Lou Hermann, (2001) : dessiner à l'université : Esquisse d'un cheminement.

### JEU DE SIMULATION LUDIQUE

Lors de l'enquête terrain, quasi tous, m'ont répété qu'ils ne se sentaient pas particulièrement concernés et qu'ils pourraient refaire un commun uniquement en cas de scénario catastrophe climatique ou géopolitique. De ce fait, l'idée d'un jeu sérieux est née. Un jeu est un réel instrument d'investigation collective : en simplifiant la réalité, sans compromettre sa complexité relationnelle, les idées peuvent être testées, confrontées et transformées.

### LE LIMBO DE L'ÉNERGIE

Ce jeu permet aux personnes de se projeter en 2036 :

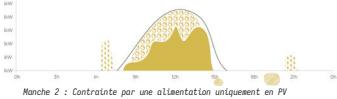
«Aujourd'hui nous sommes dans un monde où l'énergie est omniprésente. Mais l'avenir nous réserve de nombreux défis : une crise énergétique mondiale, une dépendance croissante aux énergies fossiles et nucléaires, et une nécessité de réduire notre empreinte écologique. Ce jeu vous invite à explorer ces défis et à trouver des solutions pour assurer une énergie sûre et durable pour tous. Vous jouerez le rôle de citoyens, d'entrepreneurs et d'organisations qui doivent faire face à des choix difficiles et prendre des décisions éthiques. Le jeu vous aidera à développer des compétences essentielles pour naviguer dans ce nouveau monde énergétique. Alors, prêts à relever le défi ?»



Marché 1 : Conscientiser sa propre consommation



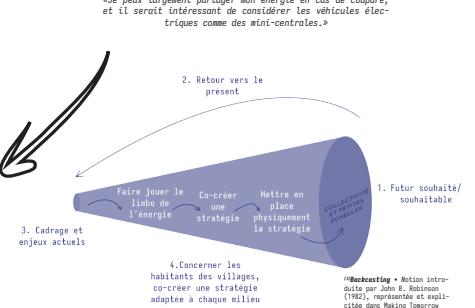
Marché 2 : Contrainte par une alimentation uniquement en P+



Marché 3 : Action de partage de l'énergie

### BACKCASTING

Le cône du scénario petites échelles avec sa dimension «backcasting», notion explicitée dans *Making Tomorrow*<sup>20</sup> permet de rendre intelligible et de pousser la recherche faite grâce à la prospective en proposant de décrire des étapes qui pourraient mener au futur souhaitable. Une liste de jalons que nous avons complétée à la fin de la recherche pour donner des pistes.



«Backcasting» • Motin introduit par John B. Robinson (1982), représenté et expliqué dans *Making tomorrow* (2001).