

Subventionné  
par :

 Artelys | OPTIMIZATION SOLUTIONS



# Projet ISEUT

Interaction des Stratégies  
Énergétiques et Urbaines  
Territoriales

Interaction des Stratégies Énergétiques et Urbaines Territoriales  
*Synthèse de la méthodologie*

Artelys, E.A.U., Hespul, AudéLor

## L'énergie en France

### Consommation finale d'énergie en 2013...

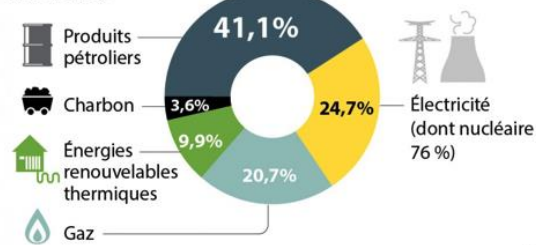
En % de Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole)

#### ... par secteur



#### ... par type d'énergie

En % de Mtep



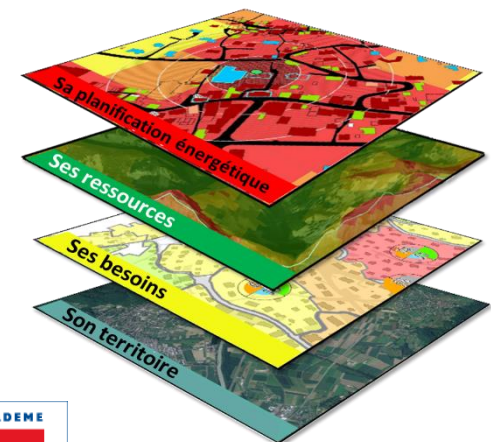
Source : Commissariat général au développement durable

## 4 Les choix urbains ont une forte influence sur les opportunités énergétiques

- | Le secteur du bâtiment consomme **44%** de l'énergie finale
- | Ces enjeux sont d'une importance croissante
  - ↳ **Croissance démographique**
  - ↳ **95% de la population** sous l'influence des villes
  - ↳ Identification des leviers d'actions : production locale d'EnR, actions de maîtrise de l'énergie, nouvelles compétences

## 4 Des méthodologies existent pour construire des planifications mais:

- | Manque d'opérationnalité
  - ↳ Objectifs urbains et énergétiques non articulés, manque d'intégration
  - ↳ Articulation difficile avec les enjeux économiques
- | Accès difficile pour les petites et moyennes collectivités
  - ↳ Accès difficile à la donnée
  - ↳ Outils et ressources limités



## 4 Objectifs du projet

- | Le projet ISEUT vise à l'élaboration d'une méthodologie de planification territoriale pour construire conjointement les documents de planification urbaine (SCoT et PLU) et les politiques énergies climat (PCAET).

## 4 Cette méthodologie s'appuie à la fois sur :

- | L'**expérimentation** du SCoT de Pays de Lorient et des PLU de Lorient Agglomération.
- | Le **développement d'un outil de modélisation**, Artelys Crystal City.
- | Des **apports méthodologiques** des partenaires du consortium (Artelys, EAU, Audélor et Hespul).

Territoires  
d'expérimentation

**LORIENT**  
AGGLOMERATION

**SCOT**

Schéma de Cohérence  
Territoriale du  
Pays de Lorient

Partis pris :

- Cible : communes de moyenne taille (<250 000 habitants)
- Périmètre : transports exclus  
(Les interactions entre urbanisme et transport font l'objet de nombreuses méthodologies existantes)

# MEMBRES DU PROJET

**ISEUT** Interaction des Stratégies  
Énergétiques et Urbaines  
Territoriales

Co-financeur du projet  
APR MODEVAL-URBA 2015

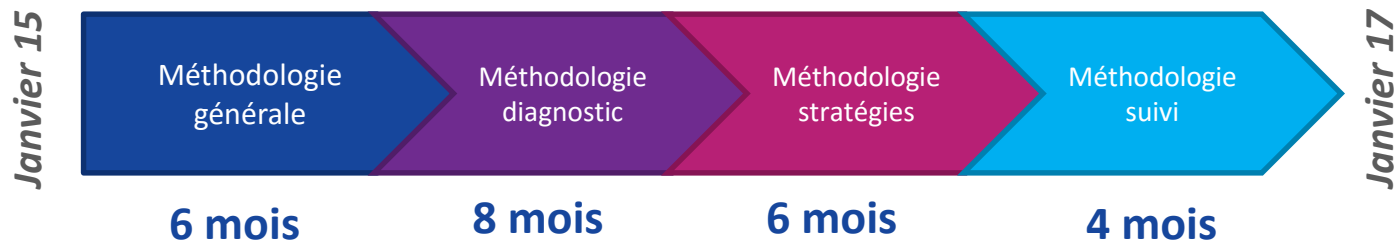


Membres du consortium

**Artelys** | OPTIMIZATION SOLUTIONS



Le projet d'élaboration de la méthodologie a duré 2 ans






Contexte

Méthodologie

Plus d'infos...

# MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE

- 4 3 échelles d'interaction des systèmes urbains et énergétiques ont été identifiées :
  - | Le **bâtiment** (fonction et année de construction)
  - | Les **formes urbaines** (compacité à l'îlot)
  - | La **disposition géographique** de la ville (structuration du tissu urbain et réseaux de distribution énergétiques)
- 4 Le parti-pris d'ISEUT est de développer une méthodologie sur la base des formes urbaines, au sens large du terme, pour :
  - | **Caractériser** les profils énergétiques types
  - | **Proposer** des plans d'action sectorisés
  - | **Suivre et évaluer** les plans d'action dans le temps

Objets urbains	Objets énergétiques
Bâtiments (fonction, âge) 	Consommations Equipements
Formes urbaines (compacité) 	Consommations
Disposition géographique 	Opportunités de réseaux énergétiques

## Forme urbaine :

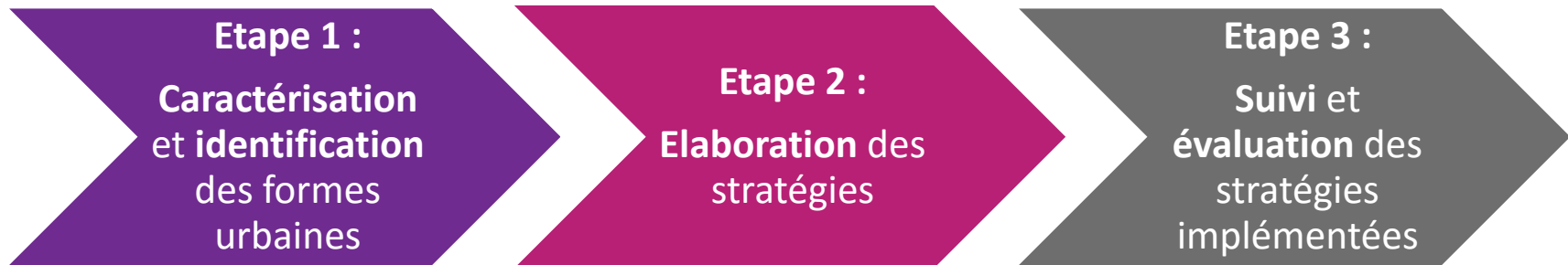
- Polysémique
- Peut désigner le projet urbain, constitué d'un ensemble de bâtiments à l'échelle du quartier
- Peut désigner la forme que prend le tissu urbain à l'échelle de l'agglomération

## Intérêts :

- Appréhender l'énergie par les formes urbaines (langage commun entre services énergétiques et urbains)
- Traiter les bâtiments existants (angle mort de la planification urbaine)

# GRANDES ÉTAPES DE LA MÉTHODOLOGIE

## 4 Les grandes étapes de la méthodologie



## 4 La boîte à outil méthodologique de planification territoriale ISEUT permet de construire de façon conjointe les documents de planification urbaine (SCoT, PLU, PLH) et les politiques énergie-climat (PCAET) via :

- | La production de **recommandations**
- | La **mesure de l'impact** de la planification énergétique sur la planification urbaine et vice-versa
- | La **production d'éléments opérationnels** pour la révision future des documents de planification

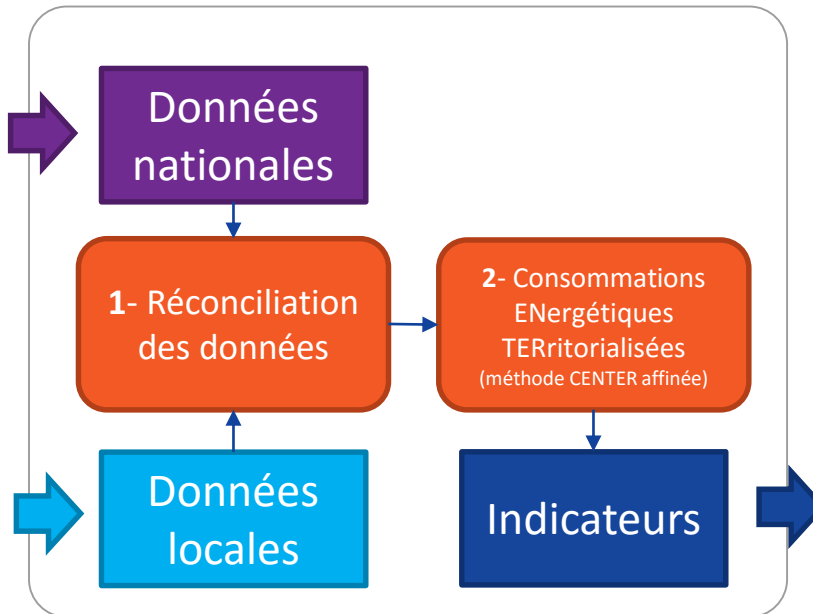
## 4 La méthodologie ISEUT ne vise pas à la production d'une planification supplémentaire mais vient compléter les démarches existantes



## CORPUS MINIMAL DE DONNEES

Données nationales	Enquête Nationale Logement INSEE (2012)
	Base CLAP INSEE (2014)
	Chiffres clefs du bâtiment ADEME (2013)
	Base de données consommations et industrie CEREN (2015)
Données du territoire	Données des réseaux SOEs, MEDEE (jsq 2016)
	Liste des communes reliées au gaz GrDF (2016)
	Données de production renouvelables SOEs, RARE
	Données locales de productions

## PROCESSUS D'ELABORATION DE L'ETAT DES LIEUX



## LISTE D'INDICATEURS

Socio-Urbain	Habitants
	Surface habitable en m <sup>2</sup>
	Salariés
	Revenus
Consommation-production	Identification des formes urbaines
	Consommation énergie utile, finale et primaire
	Production locale d'énergie (EnR, Thermique)
Evaluation	Facture énergétique
	Potentiel EnR
	Emissions de GES
	Emissions de particules
	Précarité énergétique

Contexte

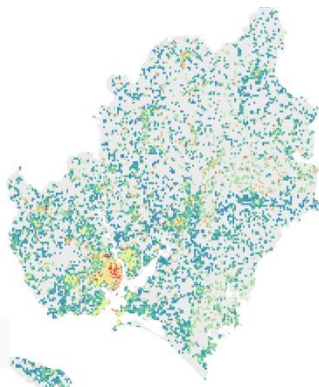
Méthodologie

Plus d'infos...

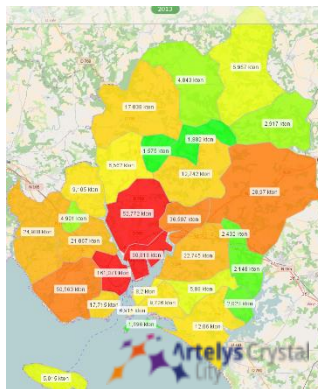
Livrables (extraits choisis)

### Identification des formes urbaines

- Immeuble de grande hauteur
- Centre Historique
- Immeuble discontinu
- Immeuble semi-continu
- Immeuble continu
- Maison semi-continue
- Maison continue
- Maison discontinue
- Habitat intermédiaire



### Emissions de GES, NOx TSP



### Gisement photovoltaïque



### Précarité énergétique





# EVALUER LE PROFIL ENERGETIQUE DU TERRITOIRE

➤ Au-delà de la caractérisation des types de bâtiments\*, il est apparu que les **formes urbaines ne permettaient pas**, à ce stade de disponibilité des données, **d'améliorer le diagnostic du profil énergétique.**

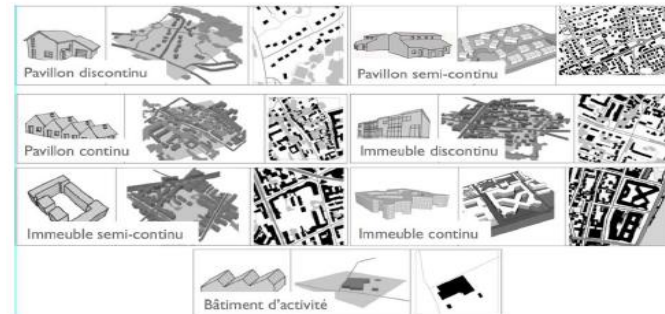
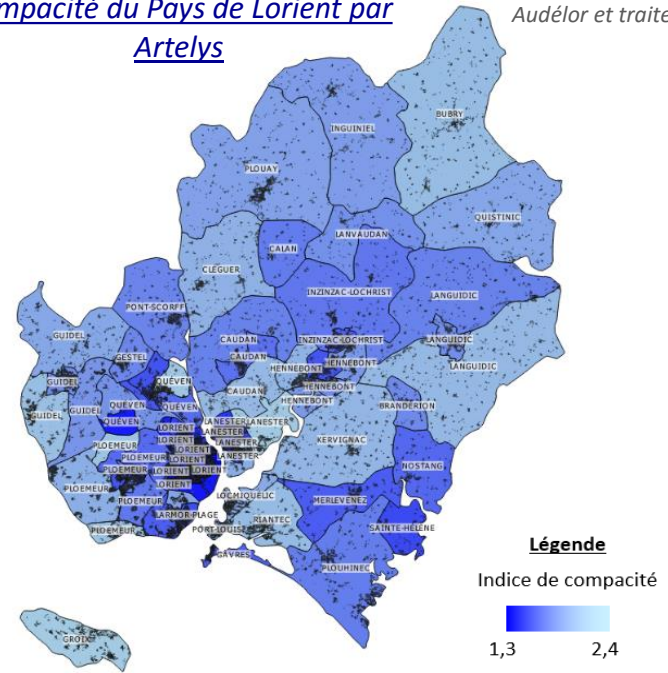
## Conclusion

Les données de consommation à l'échelle du bâtiment sont une opportunité de recherche pour améliorer les modélisations énergétiques

\* Distinction entre logement collectif et maison individuelle et caractérisation par l'âge de construction

Cartographie de l'indice de compacité du Pays de Lorient par Artelys

Source des données :  
BD Topo transmise par  
Audélor et traitement QGIS



Source : projet MAPuCE, FNAU, 2015





- 4 Le but de cette étape est de mettre en relation la **forme urbaine**, les **objectifs énergie-climat** et **financiers** de la collectivité, et les **actions**

*PROCESSUS DE DEFINITION DE LA STRATEGIE A L'ÉCHELLE DU BÂTI ET DE LA FORME URBAINE*

1- Classification des actions sur le bâti résidentiel et tertiaire

**Rénovation**

Par typologie : MI/IC, HLM ou non ou branche et secteur

Par niveau de performance : RT, BBC, passif

**Substitution d'équipements**

Renouvellement

Substitution par des EnR (PAC, géothermie, biomasse,...)

Changement de vecteur de chauffage (passage au gaz, RCU,...)

Systèmes de régulation smart

**Sensibilisation comportementale**

Défi Familles, projets d'aide (SOLENN), ALEC,...

CPF, normes, chartes,...

Livrables

2- Caractérisation des actions sur une base de données de coût et d'impact

**Indicateurs d'évaluation des actions**

- Coût du MWh économisé
- Gain en émissions
- Gain sur la facture
- Investissement
- Coût complet de l'énergie finale

3- Application aux volumes et consommations du tissu urbain

**Courbes de leviers**

- Economies d'émissions du territoire
- Gain sur la facture du territoire
- Economies de consommation du territoire

4- Utilisation du système d'aide à la décision de sélection des actions étant donné les objectifs énergie-climat et financiers

**Plan d'action territorialisé**

- Quantification de l'investissement pour répondre aux objectifs énergie-climat
- Sélection des actions les plus pertinentes pour le territoire

PLU/PLH

PCAET  
Volet action

Contexte

Méthodologie

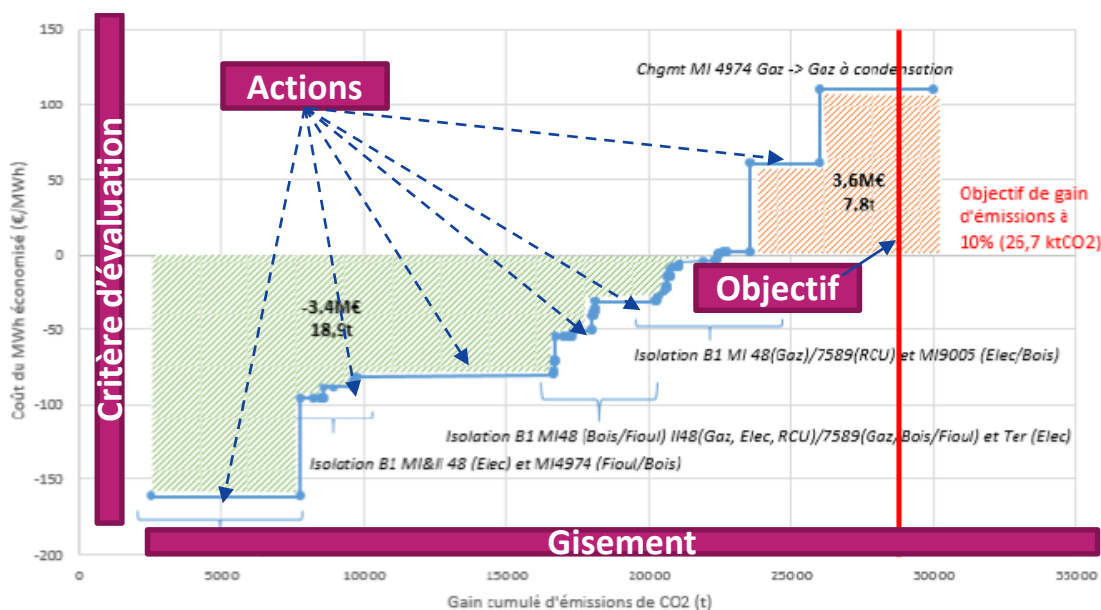
Plus d'infos...



4 L'utilisation de **courbes de leviers d'actions** et d'un **système d'aide à la décision** permet d'adapter la stratégie aux formes urbaines et de:

- | **Sélectionner les actions** à privilégier pour atteindre les objectifs à moindre coût
- | **Calculer les implications économiques** des objectifs énergie-climat
- | **Adapter les objectifs énergie-climat** au tissu urbain

**Courbe de leviers territorialisée d'économies de CO2**



Courbe de levier des économies d'émissions de CO2 – expérimentation sur le cas de Lorient

Les objectifs énergie-climat à considérer
Réduction des émissions de GES
Réduction de la consommation en énergie finale, utile et/ou primaire
Augmentation de la part de renouvelable
Minimisation de l'investissement
Réduction de la consommation en énergie d'origine fossile
Nombre de logements touchés par les actions

Contexte  
 Méthodologie  
 Plus d'infos...



- 4 L'utilisation de **cartes de densité de consommation énergétiques** peut servir à
- | Identifier les opportunités de développement des réseaux énergétiques
  - | Mesurer l'impact du développement urbain sur les opportunités réseaux

## PROCESSUS DE DEFINITION DE LA STRATEGIE A L'ECHELLE DE L'AGGLOMERATION

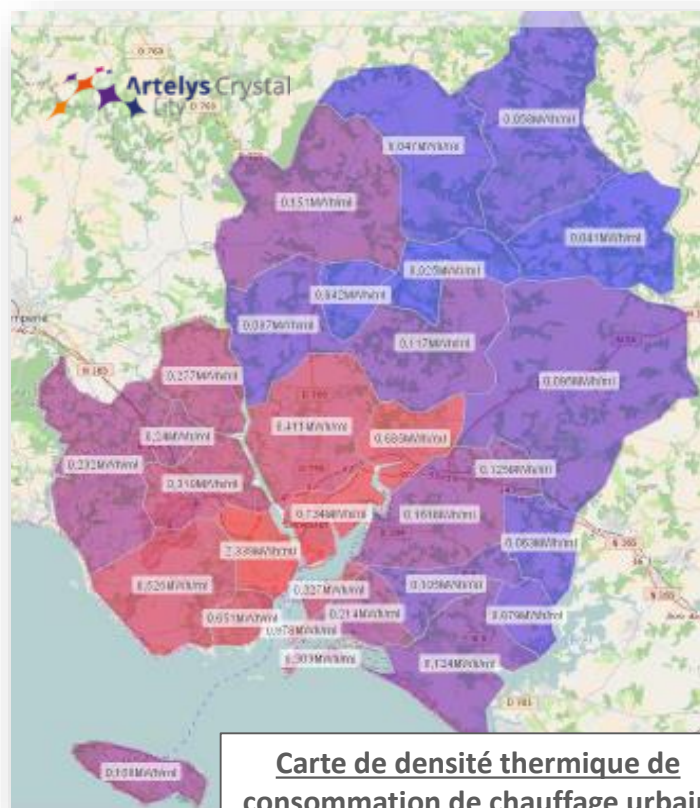
1- Sélection de paramètres pertinents de consommation énergétique et de tissu urbain (Analyse de Covariance)



2- Calage du modèle statistique d'estimation de longueur de réseau sur les données existantes de réseau de chaleur (ou à défaut sur les données SRCAE IdF 2011 open source)



3- Calcul de la densité thermique (consommation/linéaire de réseau estimé) et représentation cartographique



Carte de densité thermique de consommation de chauffage urbain (MWh/ml de réseau) sur le Pays de Lorient

Livrable

Contexte

Méthodologie

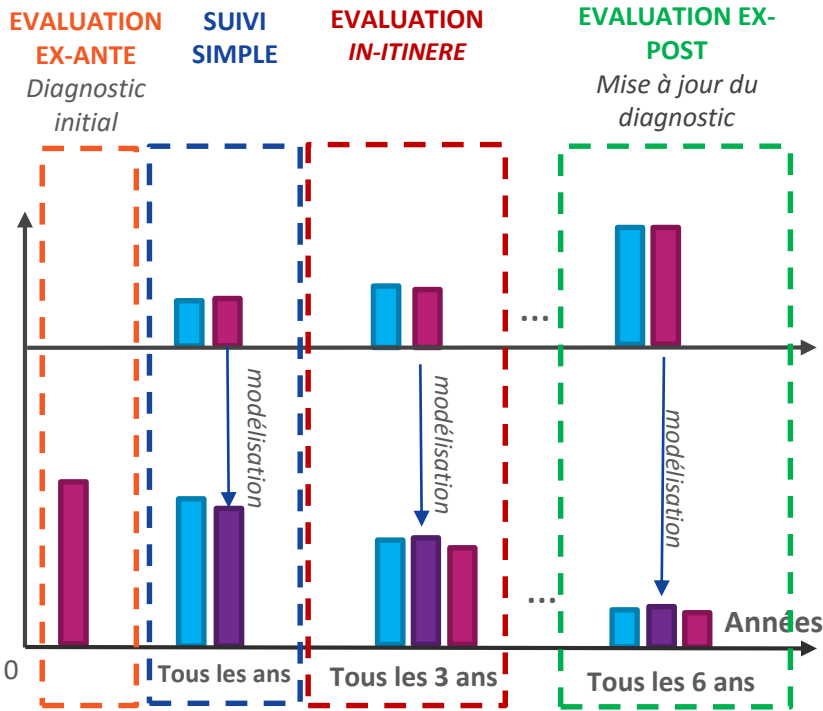
Plus d'infos...

SCoT/PLU

PCAET

- La procédure de suivi des stratégies proposée s'intègre dans le suivi-évaluation plus global des SCoT/PLU/PCAET

## PROCESSUS DE SUIVI/EVALUATION



### Indicateur d'action vs Indicateur d'état des lieux

Les indicateurs d'action décrivent la réalité de la mise en place des actions, par exemple les m<sup>2</sup> construits, les surfaces rénovées, les investissements effectués. Les indicateurs d'état des lieux alimentent le bilan à l'échelle du territoire en termes de consommation, de production.

### Objectifs vs Réalité vs Projection

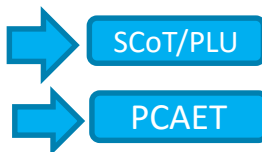
Objectifs = ceux que se donne le territoire, en termes d'investissement, de nombre de logements à rénover, mais aussi en termes de réduction de consommation et d'émission.

Réalité = ce qui est directement mesuré sur le territoire. Dans le suivi, on mesure chaque année les investissements et le nombre de logements rénovés, et à chaque évaluation in-itinere, on mesure la consommation énergétique.

Projection = modélisation à partir des données réelles de suivi d'actions de l'impact sur la consommation, les émissions, etc.



Figure 3: Suivi des investissements de la collectivité (€) à gauche et suivi des rénovations [m<sup>2</sup>] à droite



## 4 Pour plus de précisions sur la méthodologie, contacter

- | Sophie DEBERGUE, ADEME, [sophie.debergue@ademe.fr](mailto:sophie.debergue@ademe.fr)
- | Rébecca ARON, Artelys, [rebecca.aron@artelys.com](mailto:rebecca.aron@artelys.com)
- | Lauriane FILLOT, Artelys, [lauriane.fillot@artelys.com](mailto:lauriane.fillot@artelys.com)
- | Benjamin GIRON, Hespul, [benjamin.giron@hespul.org](mailto:benjamin.giron@hespul.org)
- | Philippe PLANTAGENEST, E.A.U., [p.plantagenest@eau-amenagement.fr](mailto:p.plantagenest@eau-amenagement.fr)
- | Rozenn FERREC, AudéLor, [r.ferrec@audelor.com](mailto:r.ferrec@audelor.com)



# ANNEXES

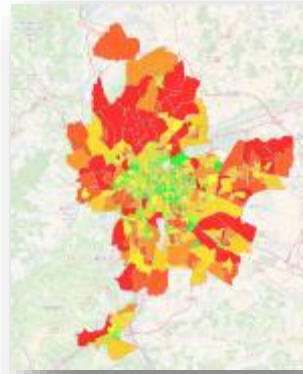
# ARTELYS CRYSTAL CITY EN 5 MOTS

## Artelys SOLUTIONS EN OPTIMISATION

Artelys est une société indépendante spécialisée en optimisation, aide à la décision et modélisation. Artelys a réalisé plus d'une centaine d'études et de projets logiciels pour l'évaluation et l'optimisation des systèmes énergétiques complexes et notamment la construction, l'analyse et la mise en cohérence technico-économique de stratégies énergétiques territoriales.

### Références clés :

- ✓ Accompagnement du Grand Lyon à la mise en place du schéma directeur énergie
- ✓ Accompagnement de la métropole de Grenoble à la mise en place du schéma directeur énergie
- ✓ Accompagnement d'une prestation d'étude pour la définition d'une trajectoire territoriale stratégique pour le PCAET de la métropole de Rennes
- ✓ Etude ADEME « Mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisation » 2015

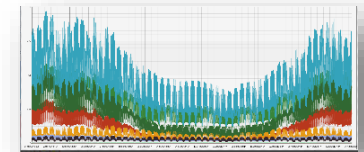


### Maille IRIS

AC City permet de travailler à une maille géographique suffisamment fine pour pouvoir **territorialiser** les actions et leurs impacts

### Pas de temps horaire

Evaluer des solutions de **flexibilité**: smart grids, véhicules électriques, production renouvelable intermittente, stockage,...



### Multi-énergie

AC City permet de modéliser la **compétition** entre les énergies



### Aide à la décision

AC City permet de construire des **scénarios énergétiques** de territoire, à évaluer à la lumière de critères technico-économiques et environnementaux



### Energie utile

La chaîne énergétique modélisée par AC City s'appuie sur un modèle de consommation en énergie utile, qui permet d'agir directement sur les **usages** de consommation



Plus d'informations : [city@artelys.com](mailto:city@artelys.com)

# UTILISER ARTELYS CRYSTAL CITY DANS SA COLLECTIVITÉ

## 1 Analyser son système énergétique territorial, appuyer la concertation

- | Le modèle contient l'ensemble des données énergétiques du territoire mises en cohérence
- | Le logiciel dispose de fonctionnalités ergonomiques permettant d'explorer ces données sous format:
  - Cartographique
  - Graphique : bar chart, pie chart,...
- | L'ensemble des données est **éditable en toute autonomie** par la collectivité

*Exemple Lyonnais : Utilisation du logiciel pour animer la concertation avec les communes*

## 2 Rejouer les scénarios

- | Définition de scénario basée sur la combinaison d'actions unitaires **facilement re-paramétrables** par l'utilisateur.
- | Système de gestion multi-scénario : de **nouveaux scénarios** peuvent être définis
- | Simulation technico-économique du fonctionnement du système et **recalcul des indicateurs d'évaluation**

## 3 Suivre, piloter et coordonner

- | Le logiciel permet d'évaluer « où en est le territoire » suite à la mise en place des actions
- | Système de **mise à jour des données mesurées** sur le territoire (ex: mesures de consommation) en toute autonomie

*Exemple de Cesena : Suivi des actions du SEAP (équivalent européen du PCAET)*

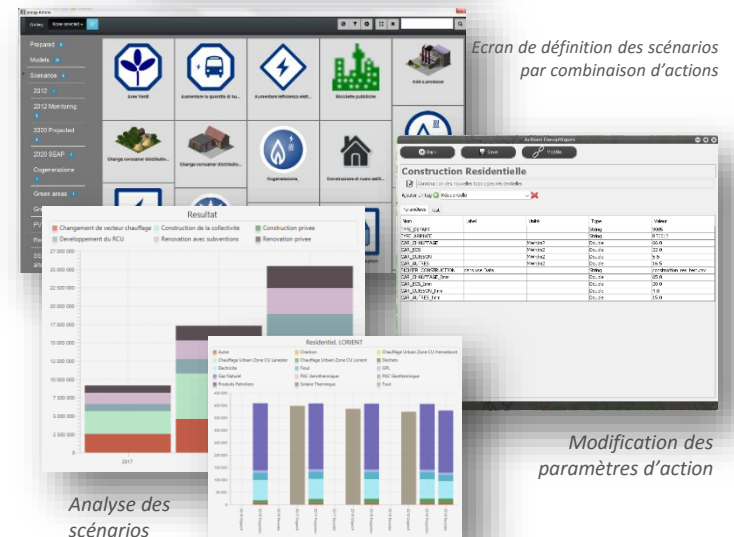
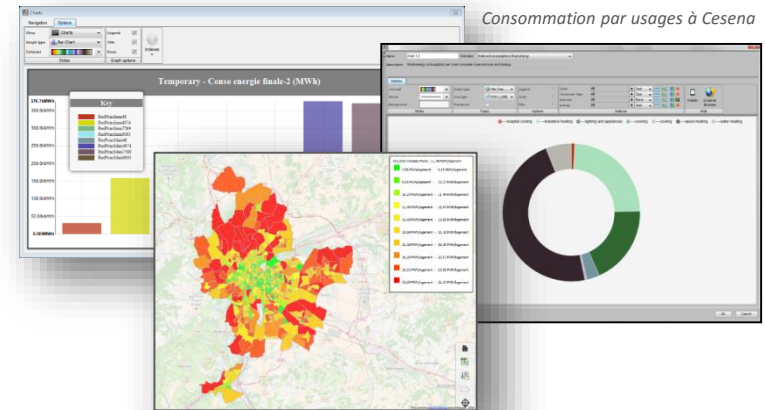
### Intégration et support commercial

Artelys Crystal City est installé par les ingénieurs d'Artelys sur les systèmes informatiques des collectivités territoriales.

Artelys Crystal City bénéficie d'un support technique et commercial :

- Support et maintenance logicielle par contact électronique
- Mise à disposition d'unités d'œuvre pour l'amélioration continue de la configuration

Consommation annuelle résidentielle de Lorient



Analyse des scénarios

Comparaison du suivi/évaluation avec les objectifs globaux à l'échelle du territoire