

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

SYNTHESE DE LA METHODOLOGIE GENERALE

(Rapport 1.2)

ISEUT Interaction des **S**tratégies
Energétiques et **U**rbaines
Territoriales

ADEME/APR MODEVAL URBA 2014
Projet ISEUT
Interaction des Stratégies
Energétiques et Urbaines Territoriales

CREATION & RÉVISION

Indice	Date	Rôle	Nom	Société
0	18/06/2015	Rédacteur	Benjamin GIRON	Hespul
1	08/12/2015	Rédacteur	Violaine GONFRIER	Hespul
2	11/12/2015	Visa	Benjamin GIRON	Hespul
3	27/01/2017	Rédacteur	Benjamin GIRON	Hespul
4	09/01/2017	Rédacteur	Lauriane FILLOT	Artelys
5	10/01/2017	Visa	Rébecca ARON	Artelys
6	10/01/2017	Rédacteur	Benjamin GIRON	Hespul
7	15/02/2017	Rédacteur	Lauriane FILLOT	Artelys
V8	23/02/2017	Visa	Rébecca ARON	Artelys
V9	23/02/2017	Rédacteur	Benjamin GIRON	Hespul
V10	23/02/2017	Visa	Lauriane FILLOT Rozenn FERREC Philippe PLANTAGENEST	Artelys AudeLor EAU

DIFFUSION

Nom	Société
Sophie Debergue	ADEME
Benjamin Giron	HESPUL
Rébecca Aron	ARTELYS
Lauriane Fillot	ARTELYS
Philippe Plantagenest	E.A.U
Rozenn Ferrec	AUDELOR

VERSION DU DOCUMENT

Ce document est la version finale et publique de la méthodologie.

INTRODUCTION

La transition énergétique et l'aménagement du territoire sont deux compétences conférées aux collectivités locales, l'une récente et l'autre plus ancienne. Elles s'articulent à travers deux facettes de ce que certains appellent « le retour des territoires »¹. D'une part, le territoire est l'entité géographique où s'appréhendent les effets de l'anthropocène : changement climatique, érosion de la biodiversité, étalement urbain, pics de pollutions, épuisement des ressources naturelles... D'autre part, le territoire redevient le périmètre d'intervention pertinent et privilégié des politiques publiques où penser les enjeux d'aménagement et de transition énergétique.

En 2015, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) et la loi portant sur la nouvelle organisation territoriale de la République (loi NOTRe) ont reconnu le rôle proactif des collectivités territoriales en matière de lutte contre le changement climatique et en tant qu'acteurs de la transition énergétique. Depuis janvier 2014, la loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et de l'Affirmation des Métropoles (MAPTAM) réaffirme le rôle des communautés urbaines et des métropoles (collectivités supérieures ou égales à 250 000 habitants), qui se voient transférer les compétences énergétiques (PCAET, Concession des réseaux de distribution, et d'aménagement, maîtrise de la demande énergétique) et d'aménagement (PLU(i), PLH, ...). Les petites et moyennes collectivités (collectivités inférieures à 250 000 habitants), qui concentrent 87,4% de la population², commencent tout juste à s'emparer du sujet de la gestion de l'énergie, mais font face à des difficultés en termes de moyens humains, technologiques et financiers pour mettre en œuvre une politique ambitieuse.

Cette évolution du cadre politique et réglementaire, notamment en matière énergétique et d'aménagement du territoire, qui s'est opérée pendant la durée du projet de recherche ISEUT (de janvier 2015 à février 2017) n'en a pas moins renforcé la pertinence et l'intérêt de son objet, à savoir « croiser et enrichir l'ensemble [des] expertises afin d'élaborer une méthodologie pertinente au service des villes, (...) visant à construire conjointement les orientations urbaines (PLU/SCOT) et les politiques énergie-climat (PCET) des territoires puis à les suivre dans le temps »³

Malgré cette avancée légale et réglementaire, qui renforce la convergence des politiques énergie-climat et d'aménagement du territoire, celles-ci restent encore largement marquée par une approche historique sectorielle. D'une part, le développement urbain est pensé à travers un cadre national sur l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, pensé pour organiser et produire du logement neuf. D'autre part, la planification énergétique territoriale est une compétence émergente pour les collectivités, car elle était la prérogative quasi-exclusive de l'État (à de rares exceptions près) depuis l'après-guerre. Les collectivités se cantonnaient jusqu'à peu à des missions et des services

¹ De la démarche TEPOS, au mouvement des territorialistes italien, en passant par la mésologie, il y a une multiplication des approches (techniques, politiques, philosophiques..) prônant à repenser nos cadres de pensée et d'action notamment politique en partant de la réalité géographique des territoires habités.

² DGCL, Insee, Recensement de la population, population totale en vigueur en 2014. [http://www.collectivites-locales.gouv.fr/files/files/Publication_globale\(7\).pdf](http://www.collectivites-locales.gouv.fr/files/files/Publication_globale(7).pdf), page 8, consulté le 15/02/2017.

³ Extrait de la convention entre l'ADEME et les membres du consortium ISEUT.

spécifiques, en général limitées et concédées à l'organisation de la distribution et de la maîtrise de la consommation.

Les objectifs ambitieux de la LTECV, font des territoires les premiers acteurs mobilisés pour décliner et mettre en œuvre les objectifs de réductions de la consommation énergétique finale et d'évolution du mix énergétique local. Il s'agit donc pour les territoires à la fois de se doter d'une vision, d'outils de planification énergétique dédiés, jusqu'alors quasi-inexistants, et d'articuler leurs politiques et pratiques d'aménagement en fonction de ces nouveaux objectifs. Rappelons que les impacts des choix d'aménagement, en matière de transports, de logements, de bâtiments tertiaires sont responsables de plus des ¾ des consommations énergétiques finales⁴.

C'est la contribution méthodologique que le projet de recherche Interaction des Stratégies Energétiques et Urbaines Territoriales (ISEUT) souhaite apporter aux collectivités, en s'appuyant sur une analyse des outils et procédures d'aménagement règlementaires (SCOT, PLUi) et opérationnel (ZAC) existants.

Nous nous appuyerons en particulier du retour d'expérience de l'utilisation de l'outil de scénarisation énergétique Artelys Crystal City®, développé par ARTELYS dans le cadre du projet européen CITINES en 2013, et sur le cadre de l'accompagnement du projet de SCOT du Pays de Lorient.

⁴ Sources : L'énergie en France – CGEDD - 2013

SOMMAIRE

PRESENTATION DU PROJET ISEUT7

- A. APR MODEVAL-URBA..... 7
- B. RAPPELS DES OBJECTIFS DU PROJET..... 7
- C. CALENDRIER ET DÉROULÉ DU PROJET 8
- D. COMPOSITION DU CONSORTIUM 9
- E. PUBLIC CIBLÉ 9
- F. OBJECTIF DU GUIDE MÉTHODOLOGIQUE..... 10
- G. HYPOTHÈSES DE DÉPART 11
- H. LE SCOT DU PAYS DE LORIENT COMME CAS PRATIQUE..... 11

PANORAMA GÉNÉRAL DE L'INTERACTION ÉNERGIE / URBANISME13

- A. LA LOI DE TRANSITION ENERGETIQUE : UN OBJECTIF REGLEMENTAIRE 13
- B. LES TROIS LEVIERS STRATEGIQUES TERRITORIAUX DE LA TRANSITION ENERGETIQUE 15
- C. FAIRE DE L'URBANISME, C'EST PLANIFIER L'ÉNERGIE..... 16
- D. LES COLLECTIVITÉS LOCALES, ACTEURS CLÉS DE L'INTERACTION ÉNERGIE / URBANISME..... 17
- E. DES DÉMARCHES DE PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUES LOCALES STRUCTURANTES..... 19

ENJEUX ET ARTICULATION DES PLANIFICATIONS URBAINES ET ÉNERGÉTIQUES.....23

- A. LA NECESSAIRE RE-ARTICULATION DES COMPETENCES LOCALES AUTOUR DE L'ENJEU ENERGETIQUE..... 23
- B. L'ÉNERGIE DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME 26
- C. L'ÉNERGIE DANS LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT 28

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE.....30

- A. ORGANISATION DE LA MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE 30
- B. UNE APPROCHE PAR LES FORMES URBAINES..... 32
- C. ETAPE 1 : ÉLABORATION DE L'ETAT DES LIEUX DU TERRITOIRE 33
- D. ETAPE 2 : ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE INTÉGRÉE..... 44
- E. ETAPE 3 : ÉLABORATION D'UN SUIVI ET D'UNE ÉVALUATION DES STRATÉGIES 55

CONCLUSION / SYNTHÈSE64

ANNEXES67

A.	ANNEXE 1 : RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE	67
B.	ANNEXE 2 : NOMENCLATURE DES FORMES URBAINE.....	69
C.	ANNEXE 3 : PRESENTATION DE L'OUTIL CRYSTAL-CITY©	72
1.	<i>Un outil basé sur les technologies Artelys Crystal.....</i>	73
2.	<i>Un outil d'analyse technico-économique complet des systèmes énergétiques locaux.....</i>	74
3.	<i>Un outil de pilotage et de suivi de la mise en place de la stratégie.....</i>	78
4.	<i>Un outil d'appui à la concertation</i>	79
5.	<i>Une interface d'utilisation ergonomique et intuitive.....</i>	80
6.	<i>Un outil d'appui à la montée en compétence de la communauté urbaine.....</i>	81
D.	ANNEXE 4 : LEXIQUE	82

PRESENTATION DU PROJET ISEUT

A. APR MODEVAL-URBA

L'Appel à Projets de Recherche (APR) MODEVAL-URBA 2014-2016 a été lancé par le Service Organisations Urbaines de l'ADEME et s'inscrit dans la « Stratégie Nationale de Développement Durable » pour la période 2010-2013 – repris depuis dans la Stratégie Nationale de Recherche (SNR) « France Europe 2020 » et en particulier avec la Stratégie Nationale de la Recherche pour l'Énergie (SNRE), en cours d'élaboration.

Le Service Organisations Urbaines de l'ADEME a souhaité initier et soutenir des recherches transdisciplinaires visant à accompagner efficacement les acteurs de la ville dans la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de politiques énergétiques et climatiques locales permettant d'atteindre le facteur 4. En particulier les problématiques d'évaluation de la performance énergétique des formes urbaines et les réflexions émergentes de maquettes numériques et de modélisation de la ville durable sont l'objet de l'APR dans lequel s'inscrit le projet Interaction des Stratégies Énergétiques et Urbaines Territoriales (ISEUT), qui a été retenu avec 13 autres, dans le cadre de la session 2014-2015.

L'objectif de l'APR MODEVAL-URBA 2014-2016 est de « mener des travaux de recherche sur la ville de manière globale, en s'appuyant sur les avancées scientifiques réalisées et ayant comme objectif principal d'assurer le passage vers l'opérationnel des résultats de la recherche dans les pratiques de planification, de conception ou de réhabilitation de la ville »⁵.

B. RAPPELS DES OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif du projet Interaction des Stratégies Énergétiques et Urbaines Territoriales (ISEUT) a été de:

- Proposer une **méthode d'analyse des points de convergences** entre les **stratégies urbaines et énergétiques**, et de quantification des opportunités de rapprochement de ces stratégies.
- Représenter le territoire de façon globale pour l'**aide à la décision stratégique** tout en tenant compte du **contexte local** des projets de développements énergétiques urbains.
- Accompagner les collectivités territoriales dans leur **montée en compétences** sur le champ énergétique.
- Proposer un **processus de suivi dans le temps** des actions à mener pour atteindre les objectifs du territoire.

⁵ cf. Cahier des charges de l'APR MODEVAL-URBA 2014-2016

C. CALENDRIER ET DÉROULÉ DU PROJET

Le projet de recherche ISEUT s’est déroulé sur 2 ans (de janvier 2015 à février 2017), selon le planning exposé sur la Figure 1.

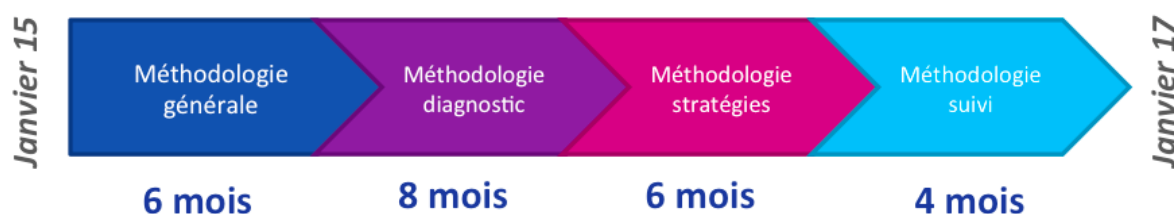


Figure 1 : Planning général de développement de la méthodologie ISEUT

Chacune des étapes du projet a donné lieu à un ou plusieurs livrables, comptes rendus de réunions, présentations, communiqués à l’ADEME. Lors de ces deux années, nous avons présenté l’avancée de notre travail auprès de nos partenaires, du comité d’experts, et d’un comité technique. Une présentation finale s’est d’ailleurs déroulée en présence de ce comité technique le 04 janvier 2017.

➤ Le Comité d’Experts

Pour nous accompagner dans ce projet, et nous assurer un regard extérieur, expert et critique sur l’objet de notre recherche, nous avons sollicité un comité d’experts composé des partenaires suivants :

- CEREMA
- Club Ville Aménagement
- FNAU, Fédération Nationale des Agences d’Urbanisme
- FNSCOT, Fédération Nationale des SCOT
- FNCCR, Fédération Nationale des Collectivités Concédantes des Réseaux
- FLAME, Fédération des Agences Locales de Maîtrise de l’Énergie et du Climat
- ADEME Direction régionale de Bretagne



Figure 2 : Partenaires composant le comité d'experts du projet ISEUT

Ce comité d’experts a été réuni à 2 reprises en milieu et fin de projet.

➤ Le Comité Technique

Pour nous accompagner dans l’expérimentation et la validation de nos résultats, nous avons sollicité un comité technique composé des services et élus de Lorient Agglomération et des représentants du Pays de Lorient.

D. COMPOSITION DU CONSORTIUM

Le projet ISEUT est porté par le consortium suivant :



Artelys : entreprise spécialisée en optimisation, aide à la décision et modélisation, notamment des systèmes énergétiques, qui assure le **rôle de coordination de l'étude.**

(<http://www.artelys.com>)



EAU : cabinet d'urbanisme basé à Paris, spécialisé dans l'élaboration de document de planification urbaine.

(<http://eau-amenagement.fr>)



AUDELOR : Agence d'Urbanisme et de Développement Économique du Pays de Lorient.

(<http://www.audelor.com>)



HESPUL : Association rhodanienne spécialisée dans l'accompagnement des collectivités pour les énergies renouvelables (EnR), la maîtrise de l'énergie et la transition énergétique.

(<http://www.hespul.org>),

E. PUBLIC CIBLÉ

Conformément aux attentes de l'ADEME, ce guide méthodologique s'adresse de manière privilégiée aux petites et moyennes collectivités⁶ souhaitant élaborer leur planification énergétique, en lien avec les documents de planification urbaine. Il s'adresse donc prioritairement à des professionnels de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme qui souhaitent intégrer les enjeux énergétiques dans leurs démarches et inversement à des professionnels de la planification énergétique et aux collectivités, souhaitant intégrer les éléments de leur planification urbaine dans les documents réglementaires énergétiques. Pour les spécialistes de l'énergie, ce guide pourra apporter des éclairages sur les opportunités, les freins et les leviers à actionner pour traiter de l'énergie dans les principaux documents d'urbanismes, en particulier un SCOT ou un PLU(i) et de l'urbanisme dans les documents de planification énergétique comme le PCAET par exemple.

⁶ Celles de moins de 250 000 habitants selon le nouveau seuil pour les Communautés Urbaines depuis 2013

Le projet ISEUT s'est appuyé sur l'outil-logiciel *Artelys Crystal City*® (cf. Annexes), développé par ARTELYS, et les données communiquées par Lorient Agglomération et l'Audélor, pour utiliser son territoire comme « cas pratique ». Ce sont les principes méthodologiques et les conclusions qui en découlent qui vous sont présentées dans ce document, à vocation générique et reproductible, et non les résultats spécifiques auxquels nous sommes arrivés sur le périmètre du Pays de Lorient et de son territoire de SCOT.

Par ailleurs, nous soulignons que si les préconisations de ce guide, permettant de déterminer les interactions possibles entre énergie et urbanisme, s'appuient sur la capacité pour une collectivité à modéliser et construire des modèles statistiques, elles ont une portée générale et ne sont donc pas limitées à un outil d'aide à la décision particulier.

F. OBJECTIF DU GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

L'objectif du projet ISEUT est d'élaborer une méthodologie « visant à construire conjointement les orientations urbaines (PLU(i)/SCOT) et les politiques énergie-climat (PCAET) des territoires, puis à les suivre dans le temps. Cette méthodologie sera concrétisée à travers un prototype d'outil de modélisation multithématique [...] qui se basera sur un outil [...] existant développé par Artelys, Crystal City [...] »⁷.

Il est rappelé que « face au constat de la nécessité d'impulser un changement d'échelle [pour la construction de stratégies urbaines et énergétiques], la méthodologie proposée veillera à favoriser le passage à l'acte des collectivités territoriales [...]. À partir de l'élaboration d'une liste de projets-types urbains et énergétiques et d'une description de leurs interactions possibles, une méthodologie d'optimisation conjointe des stratégies urbaines et énergétiques, se basant sur un système expert, sera proposée »⁸.

Ce guide méthodologique est organisé en 3 parties :

Dans la première partie, **panorama général de l'interaction entre Urbanisme et Énergie**, nous reviendrons très rapidement sur les raisons qui obligent désormais à repenser les politiques publiques locales en matière d'urbanisme, en y intégrant l'enjeu énergétique. Nous aborderons les principaux leviers territoriaux de cette articulation ainsi que la place, stratégique, que les collectivités ont pour ce faire.

Dans la deuxième partie, seront abordés plus précisément **les enjeux et articulations énergétiques des planifications urbaines** en particulier à travers le SCOT, le PLU(i)/PLH, le PCAET et le projet urbain (type ZAC).

⁷ Cf. Annexe n°1 - Descriptif technique de la Convention ADEME n°1417C0060

⁸ Ibid.

La troisième partie présentera de manière spécifique la **méthodologie générale développée dans le cadre du projet ISEUT** pour appréhender l'interaction des systèmes urbains et énergétiques. L'originalité et la spécificité du projet ISEUT est d'avoir choisi comme angle d'approche **les formes urbaines**, qui sont des objets bien connus des urbanistes, et de plus en plus étudiés par les énergéticiens.

G. HYPOTHÈSES DE DÉPART

Certains postulats de recherche doivent être explicités dès à présent pour bien appréhender le présent guide.

Il a été acté par le consortium de s'appliquer à traiter du secteur du bâtiment, résidentiel et tertiaire (60% de l'énergie finale totale en 2010 pour le Pays de Lorient⁹) et **d'exclure les questions de la mobilité** en considérant que les liens entre urbanisme et mobilité sont déjà bien développés dans les documents d'urbanisme et font l'objet de méthodologies éprouvées¹⁰.

H. LE SCOT DU PAYS DE LORIENT COMME CAS PRATIQUE

Le Pays de Lorient et les communes qui le composent n'ont pas attendu l'évolution du dispositif législatif pour s'engager dans la planification de la transition énergétique : ce territoire fait partie des précurseurs historiques en matière d'économies d'énergie, de développement des EnR et a déjà beaucoup travaillé sa stratégie ainsi que l'animation de l'Agenda 21, du PCET et des nombreuses démarches innovantes : Service Énergie au sein de Lorient Agglomération, Boucle locale de l'énergie (BIEN LA), Labellisation Cit'Ergie, Agenda 21-PCET, etc.

En 2015, l'agglomération de Lorient s'est engagée dans l'élaboration de sa **programmation énergétique**, avec pour objectif de réduire la demande en énergie et d'augmenter la part d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) via un « cadastre énergétique » (outil de type SIG) et une stratégie énergétique pour 2020-2030, territorialisée et détaillée à la maille IRIS selon différents types de leviers d'actions.

Parallèlement à cette démarche volontaire innovante, les documents structurants pour l'aménagement et l'urbanisme de l'agglomération de Lorient sont actuellement en cours de révision (SCOT et PLU).

⁹ Chiffres clés de l'énergie en Bretagne / Edition 2015 / Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne

¹⁰ Précisons que l'articulation entre mobilité et urbanisme se fait autour des questions de polarités, connections et services. L'enjeu est donc le bon dimensionnement des infrastructures et services de mobilité au regard de l'urbanisation d'une zone (et réciproquement). Mais cette articulation ne repose pas encore suffisamment sur l'enjeu de l'impact énergétique.

Dans le cadre du projet ISEUT, il a été décidé avec Audélor de s'appuyer sur les études du **SCOT du Pays de Lorient**. Celui-ci est actuellement en cours révision, pour être adopté courant 2017, afin d'intégrer les 6 nouvelles communes de son périmètre et la mise à jour réglementaire (Loi Grenelle 2, Loi ALUR). Il ambitionne d'être « SCOT Facteur 4 », c'est à dire permettre la réduction par 4 des émissions de gaz à effet (GES) de serre à l'horizon 2050. Le volet Énergie Climat du SCOT définira la stratégie en matière d'énergie pour le PCAET qui doit compléter l'Agenda 21-PCET de 2012.

Remarque : Un certain nombre de documents a été joint en **annexes** de ce guide afin de le compléter et préciser, dans un souci que celui-ci soit suffisamment synthétique et accessible au plus grand nombre. À cet effet, un **lexique** a aussi été mis en toute fin du document pour permettre d'expliquer les principaux termes, notions, références et nombreux acronymes utilisés.

PANORAMA GÉNÉRAL DE L'INTÉRACTION ÉNERGIE / URBANISME

A. LA LOI DE TRANSITION ÉNERGETIQUE : UN OBJECTIF RÉGLEMENTAIRE

La récente **loi sur la Transition Énergétique** fixe un certain nombre d'objectifs ambitieux qui visent à diminuer de manière importante la consommation énergétique finale (tout usage confondu) et de faire évoluer le mix énergétique national, en augmentant la part des énergies renouvelables et baissant la part des énergies fossiles et fissiles. Ces objectifs sont résumés sur la Figure 3.

LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE LA LOI DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

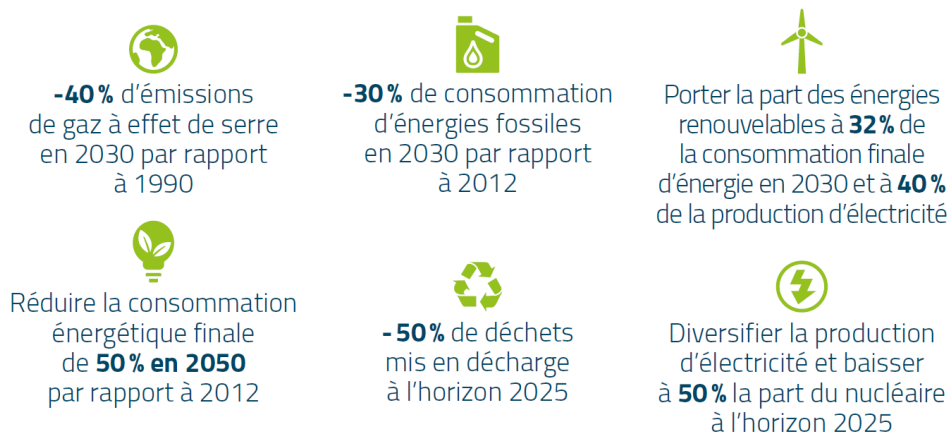


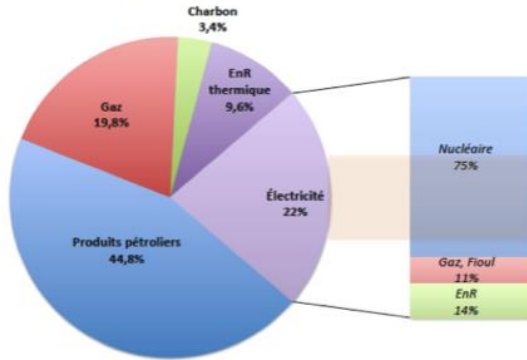
Figure 3 : Résumé des principaux objectifs de la loi de transition énergétique

Il est donc attendu :

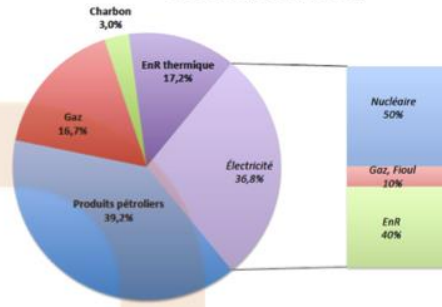
- **une forte réduction des usages énergétiques finaux** : -20% en 2030 et -50% en 2050, par rapport à 2012,
- **une augmentation significative de la part des énergies renouvelables** (EnR) dans le mix énergétique national : 32% en 2030 dont 40% dans le mix électrique et 10% dans le réseau gaz.

Ces évolutions sont schématisées sur les figures ci-après, qui permettent de comparer l'état actuel des consommations énergétiques nationales avec celles projetées à l'horizon 2030 (-20%) et 2050 (-50%).

CONSOMMATION FINALE DE L'ÉNERGIE EN FRANCE (2014)
1 906,8 TWh



CONSOMMATION FINALE ESTIMÉE DE L'ÉNERGIE EN FRANCE 2030 = 1 525,5 TWh (2012-20%)



CONSOMMATION FINALE ESTIMÉE DE L'ÉNERGIE EN FRANCE 2050 = 953,1TWh (2012 - 50%)

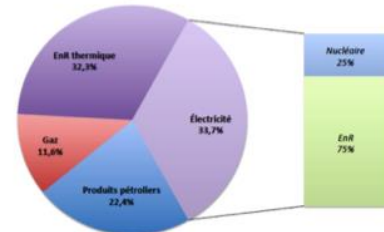


Figure 4: États actuel et projetés des consommations énergétiques finales en France, selon la Loi de Transition Énergétique - HESPUL

Ces objectifs rejoignent ceux établis précédemment par l'ADEME dans le scénario prospectif énergétique 2030-2050¹¹ tels que rappelé ci-dessous :

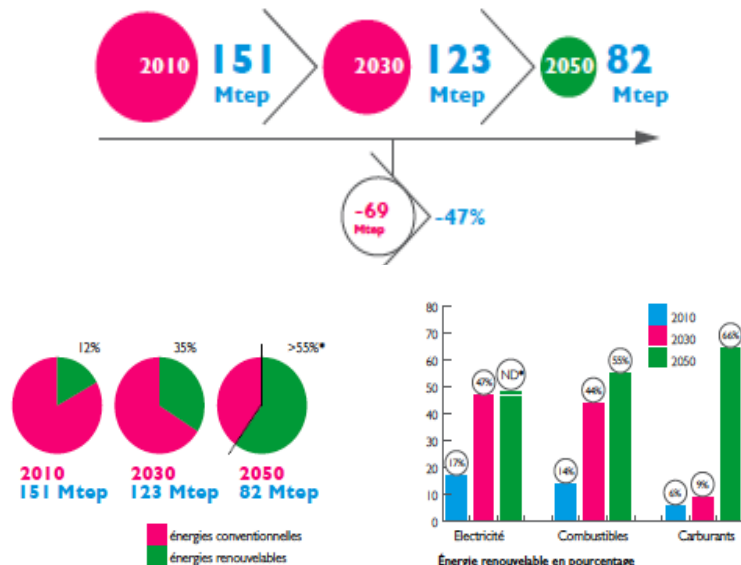


Figure 5 : Extraits de : Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions

¹¹ cf. <http://www.ademe.fr/contribution-lademe-a-l-elaboration-visions-energetiques-2030-2050>

Si l'objectif de la LTECV et de l'ADEME sont moins ambitieux que celui du scénario négaWatt¹², qui vise 100% d'EnR en 2050, il n'en reste pas moins qu'ils ont en commun les 3 lignes de forces de la transition énergétique : **sobriété**, **efficacité** et **énergies renouvelables**.

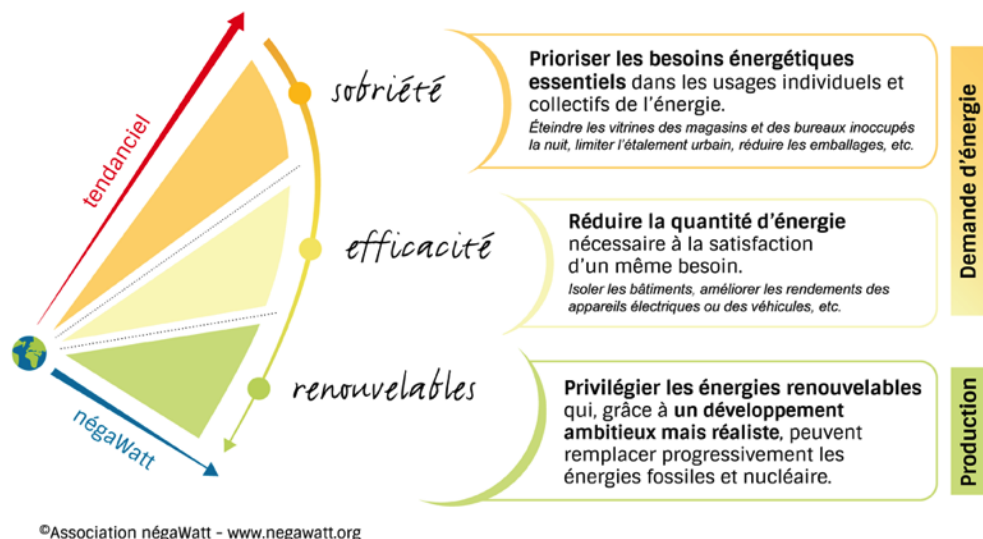


Figure 6 : Trois lignes de force communes entre le scénario NégaWatt et les objectifs LTE-CV

B. LES TROIS LEVIERS STRATEGIQUES TERRITORIAUX DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

Si la loi de transition énergétique apporte un cadre réglementaire qui faisait défaut jusque-là et des objectifs chiffrés et par vecteur à atteindre, elle reste – à ce jour - encore floue sur les moyens de l'atteindre. Cependant, il est certain qu'elle nécessitera une forte mobilisation de l'ensemble des collectivités territoriales pour permettre de passer d'un système énergétique hyper-centralisé, à un modèle décentralisé favorisant les circuits courts énergétiques.

Sur la base de l'analyse bibliographique (cf.I.A - ANNEXE 1 : RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE, p67), des retours d'expériences européens et de l'expertise des membres du consortium d'ISEUT, ce changement de système nécessite l'articulation des **trois grandes composantes de la chaîne énergétique territoriale** suivantes :

- **Les besoins** : il s'agit de réduire les usages énergétiques finaux dans une logique de sobriété.
- **Les gisements** : la mobilisation des gisements d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R)
- **Les réseaux** : L'architecture et la coordination des infrastructures de transport et de distribution d'énergie, qui permet de mettre en relation les besoins et les gisements.

¹² cf. <https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2017>



Figure 7 : Les 3 grands leviers de la planification énergétique territoriale - HESPUL

C. FAIRE DE L'URBANISME, C'EST PLANIFIER L'ÉNERGIE

Les choix urbains ont une forte influence sur les opportunités énergétiques. La demande en énergie et les émissions de CO₂ sont largement dépendantes de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire.

En effet, plus de 75% de la consommation finale d'énergie en France dépend des secteurs résidentiels, tertiaires et des transports.

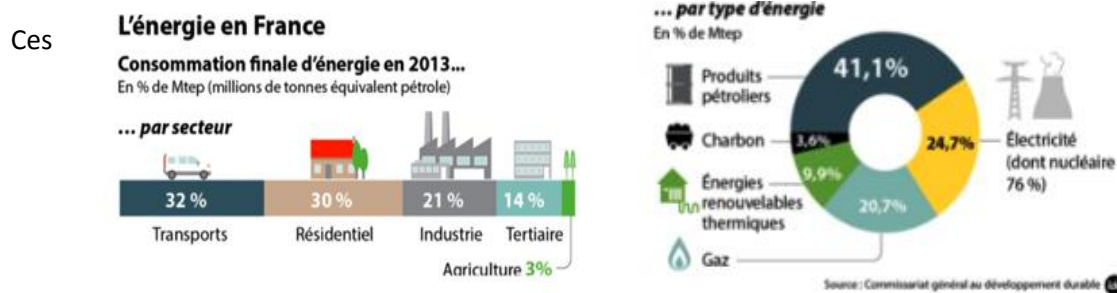


Figure 8 : répartition de la consommation d'énergie finale en France par secteurs et par type d'énergie (Chiffres clés de l'ADEME 2013)

secteurs sont ainsi déterminants dans la dynamique de transition énergétique pour répondre aux enjeux et objectifs. Plus particulièrement, les bâtiments représentent 44% de l'énergie finale consommée et contribuent à hauteur de 18%¹³ aux émissions de GES nationales.

¹³ Source : chiffres clés bâtiment 2013 ADEME

L'importance de cet enjeu ne cesse de croître au regard de l'augmentation de la population urbaine : 60% de la population française vit en milieu urbain, et 95% sont sous influence des villes (selon INSEE 2010).

La transition énergétique s'entend aujourd'hui à différentes échelles, et les objectifs et démarches se multiplient afin de contribuer au défi de développement durable.

Enjeux de l'Urbanisme	Enjeux de développement durable
Étalement urbain	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilité, « Auto-solisme » - Lotissement, Maison individuelle - Développement des réseaux et services - Imperméabilisation des sols : <ul style="list-style-type: none"> o Pertes terres agricoles o Érosion biodiversité
Zonage fonctionnel	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilité intra-zones - Faible taux d'occupation - Consommation d'espace - Spéculation foncière
Règles de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Formes urbaines - Orientations des bâtiments - Densité bâtie
Performance des bâtiments	<ul style="list-style-type: none"> - Neuf <u>et</u> Ancien - % EnR - Raccordement au Réseau de chaleur

Figure 9: Approche comparée des enjeux de l'urbanisme et de l'énergie -

D. LES COLLECTIVITÉS LOCALES, ACTEURS CLÉS DE L'INTERACTION ÉNERGIE / URBANISME

La LTECV place la collectivité comme l'acteur majeur de la transition énergétique, pour aboutir à un système énergétique beaucoup plus décentralisé, dans une logique de circuit-court, entre ressources et besoins. Les collectivités ont récemment vu leur rôle renforcé en matière d'entité organisatrice, notamment sur les enjeux énergétiques. L'atteinte des objectifs ambitieux de cette loi ne sera possible qu'avec la mobilisation de l'ensembles de collectivités, de la Région aux communes..

Par ailleurs, la collectivité a la responsabilité d'impulser sur son territoire des dynamiques de projets, afin d'engager de manière significative et opérationnelle des projets visant l'attente des objectifs. Contrairement à d'autres politiques sectorielles rodées (habitat, construction, transports, ...), l'énergie nécessite de développer localement des outils et démarches ad-hoc (aussi bien en termes de gouvernance, de planification que de mise en œuvre) en lien avec les acteurs du territoire, lesquels n'existent pas la plupart du temps.

À la vue des trois composantes de la planification de la transition énergétique locale évoquées auparavant (besoins, gisements et réseaux énergétiques), et de la forte corrélation entre planification urbaine et énergétique, les collectivités locales sont des acteurs clés par leur capacité à activer les leviers regroupés selon trois thématiques suivantes :

- A. Culture commune et Gouvernance.**
- B. Données, modèle et aide à la décision.**
- C. Utilisation des outils de planification.**

➤ **A. Culture commune et Gouvernance**

Les enjeux énergétiques nécessitent une appropriation des éléments clés (vocabulaire, données, fonctionnement, organisation des filières...) au sein de la chaîne des acteurs. De nouveaux modes de collaboration sont également à définir entre les acteurs actuels et ceux en devenir (ex. services de transition énergétiques dans certaines Métropoles) pour adapter la gouvernance de l'écosystème énergétique local aux enjeux actuels.

⇒ **Planifier les besoins, les réseaux et le mix énergétique local en lien avec la planification urbaine et l'ensemble des acteurs concernés**

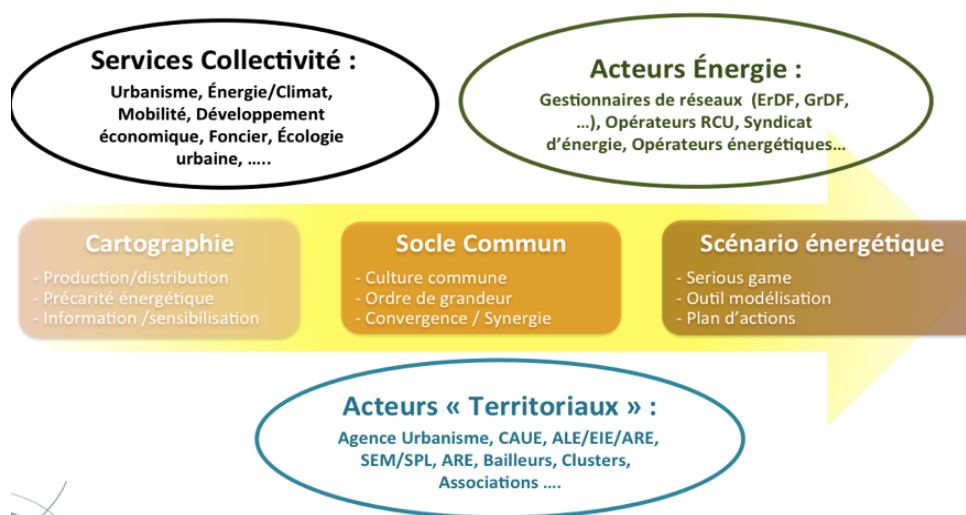


Figure 10 : Enjeu de la gouvernance énergétique - HESPUL

➤ **B. Données, modèles et aide à la décision**

À l’instar de la politique d’Aménagement du Territoire qui a nécessité la création de l’INSEE et d’outils de planification (cf. la Loi d’orientation foncière de 1967), les enjeux de la Transition Énergétique nécessitent la mise à disposition de données et de nouveaux modèles d’aide à la décision pour mieux diagnostiquer l’état actuel, construire et piloter les plans d’actions.

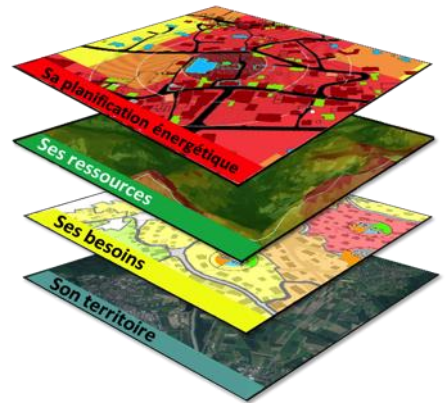
⇒ **Construire une vision énergétique systémique et partagée pour le territoire**

➤ **C. Utilisation des outils de planification**

Les outils de planification à la disposition des acteurs offrent des opportunités d’optimisation du mix énergétique qui sont aujourd’hui partiellement exploitées. Une meilleure connaissance, gouvernance et articulation de ces outils est certainement à imaginer.

⇒ **Déclinaison opérationnelle de la vision énergie/urbanisme sur le territoire**

C’est ce dernier point qu’ISEUT se propose d’étudier de manière plus spécifique, sans pour autant exclure les deux autres.



E. DES DÉMARCHES DE PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUES LOCALES STRUCTURANTES

La prise en compte de l'énergie, de l'air et du climat a fait l'objet d'un nombre importants de conventions internationales, directives européennes, lois nationales et objectifs régionaux depuis ces vingt dernières années. Nous renvoyons pour cela au récapitulatif qu'a fait l'ADEME dans son document **Chiffres clés – Climat, air, énergie » de 2015**¹⁴, qui dresse un panorama en la matière.

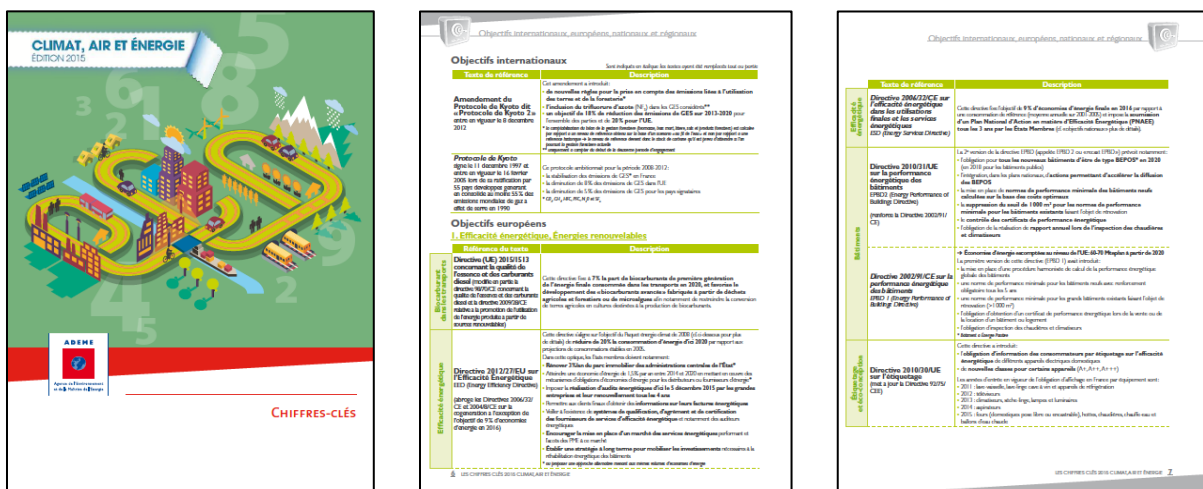






Figure 11 : Aperçu du panorama « Chiffres clés – Climat-Air-Energie » de 2015 de l'ADEME

¹⁴ cf. <http://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique-energie/chiffres-cles-energie-climat>

Il nous semble ici pertinent de mentionner les principales démarches de structuration de planification énergétiques aux échelles européenne, nationale, régionale et territoriale, à la maille du territoire (au-delà du quartier) dans lesquelles peuvent s’impliquer les collectivités ou EPCI. Ces démarches permettent de travailler les trois thématiques évoquées dans le point précédent : **Culture commune et Gouvernance**, **Données, modèles et aide à la décision** et **Utilisation des outils de planification**.

Échelle	Démarches énergétiques territoriales volontaires, non obligatoires
Européenne	<p>(1) La démarche Convention des Maires, est lancée en 2008 par l’Europe après le 1^{er} Paquet-Climat afin de mobiliser, accompagner et fédérer les territoires locaux (de la région à la commune) s’engageant dans l’atteinte des objectifs « 3x20 » pour 2020.</p> <p>Plus de 6 300 collectivités européennes sont signataires de la Convention des Maires. Pour ce faire elles doivent au préalable réaliser un <i>Sustainable Energy Action Plan (SEAP)</i>, équivalent au PCAET.</p> <p>http://www.conventiondesmaires.eu</p> 
	<p>(2) Le réseau Energy-Cities, est une association regroupant plus de 1000 villes de 30 pays européens engagés dans la transition énergétique. Il a une activité de partage d’expérience, de bonnes pratiques, et de lobbying auprès des instances européennes.</p> <p>http://www.energy-cities.eu</p> 
	<p>(3) Les programmes de recherches et de développement européens (Concerto, H2020, ...) sont des dispositifs d’appels à projet de la Commission Européenne qui visent à stimuler l’innovation technique et sociétale dans une démarche partenariale industrie/recherche/collectivités. Des programmes, financés de manière importante par l’Europe, sont spécifiquement dédiés à l’enjeu de la transition énergétique de villes et territoires.</p> <p>http://www.horizon2020.gouv.fr</p> 

Nationale	 <p>(4) Le CLER, association française créée en 1984 pour promouvoir les énergies renouvelables, puis plus largement la transition énergétique dans les territoires. Elle intègre plus de 200 partenaires (collectivités, agences locales de l'énergie, associations locales, bureaux d'études, ...).</p> <p>http://cler.org</p> <p>(5) Le CLER est à l'origine du concept de Territoire à Énergie Positive (TEPOS), qui s'adresse aux territoires ruraux s'engageant à subvenir à l'ensemble de leurs besoins énergétiques grâce aux EnR à l'horizon 2050. Le 1^{er} TEPOS a été la communauté de communes du Mené. Une quinzaine de TEPOS sont actuellement en cours, principalement sur des territoires ruraux.</p> <p>http://www.territoires-energie-positive.fr</p>
	<p>(6) Le Ministère de l'Écologie a lancé en 2015 l'appel à projet Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV). L'objectif est d'accompagner les 212 territoires lauréats s'engageant dans les objectifs de la loi TEPCV.</p>  <p>http://www.tepcv.developpement-durable.gouv.fr</p> <p>(7) Le label Cit'ergie, est la déclinaison française du label <i>European Energy Award</i>, qui accompagne les collectivités (communes, intercommunalités, métropoles) dans une amélioration continue de leur politique énergie-climat. Le processus établi sur 4 ans et piloté par l'ADEME, vise à la mise en place d'outils de planification (PCAET), d'adhésion à la Convention des Maires et d'un appui opérationnel au suivi des objectifs.</p>  <p>http://www.citergie.ademe.fr</p>
Régionale	<p>(8) Des Labels TEPOS ont été lancés par différentes Régions (Rhône-Alpes en 2012, puis Aquitaine, Bourgogne, Poitou-Charentes, ...) en lien avec les directions régionales de l'ADEME. Pour être labellisés, les TEPOS (à l'échelle d'un bassin de vie) s'engagent à diviser par 2 leurs consommations énergétiques globales et les compenser par des EnR pour 2050.</p> <p>http://www.rhone-alpes.ademe.fr/domaines-d'intervention/territoire-et-villes-durables/action-regionale</p> <p>Qu'est qu'un TePOS ? Des Objectifs</p> 



Projet ISEUT – Synthèse de la méthodologie générale



ENJEUX ET ARTICULATION DES PLANIFICATIONS URBAINES ET ÉNERGÉTIQUES

A. LA NECESSAIRE RE-ARTICULATION DES COMPETENCES LOCALES AUTOUR DE L'ENJEU ENERGETIQUE

L'enjeu pour les collectivités est donc d'articuler ces objectifs d'optimisation du mix énergétique avec d'autres, plus ou moins anciens, de l'aménagement du territoire : habitat et urbanisme développement industriel et économique, transports et mobilité, climat et environnement, biodiversité....

Cette prise en compte de l'énergie-climat dans le contenu et l'ordonnancement des outils de planifications a amené un certain nombre de **modifications de la cartographie réglementaire** (suite aux lois Grenelle I & II, NOTRe, TECV¹⁵) telle que présentée ci-dessous, et qui **réorganise les relations entre les différentes échelles d'acteurs** de la Région (SRCAE), à l'EPCI (SCOT, PCAET, PLU(i)) jusqu'à la commune (PLU/PLH).

Urbanisme réglementaire / Énergie Nouvel ordonnancement (2017)

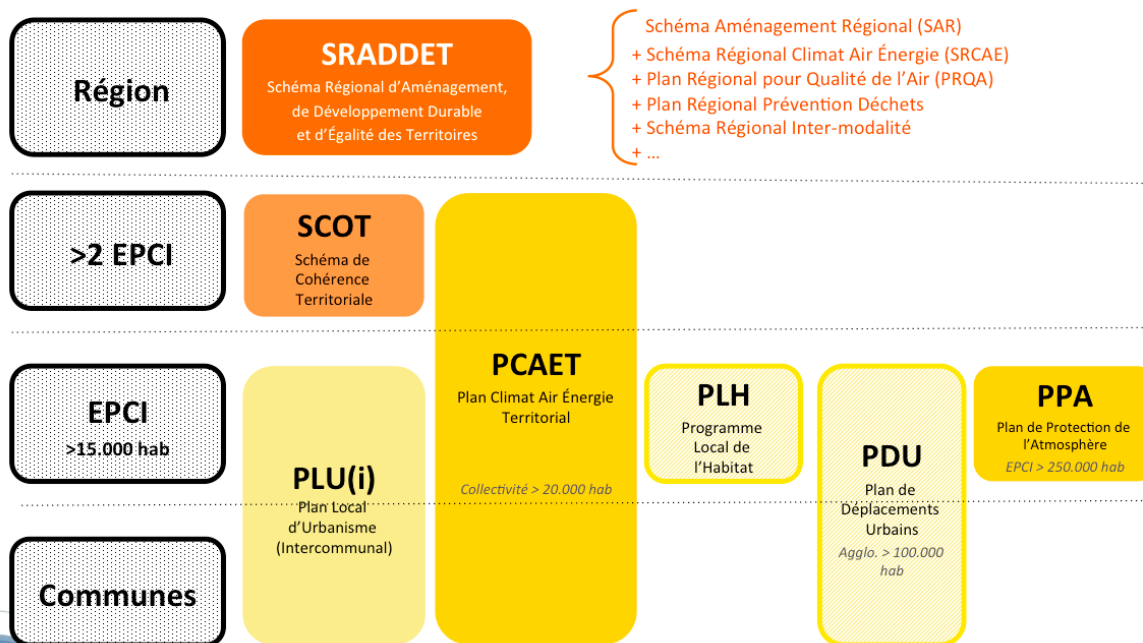


Figure 12: Ordonnancement des principaux documents d'urbanisme, suite à la loi NOTRe

Cette nouvelle cartographie, qui place les nouvelles grandes régions, comme tête de file des politiques énergétiques territoriales, via le SRADDET, nécessite d'avoir bien en tête les objectifs prescriptifs de chacun des documents et outils de planification tels que synthétisés ci-après.

¹⁵ Voir le Lexique en annexe pour plus de détail

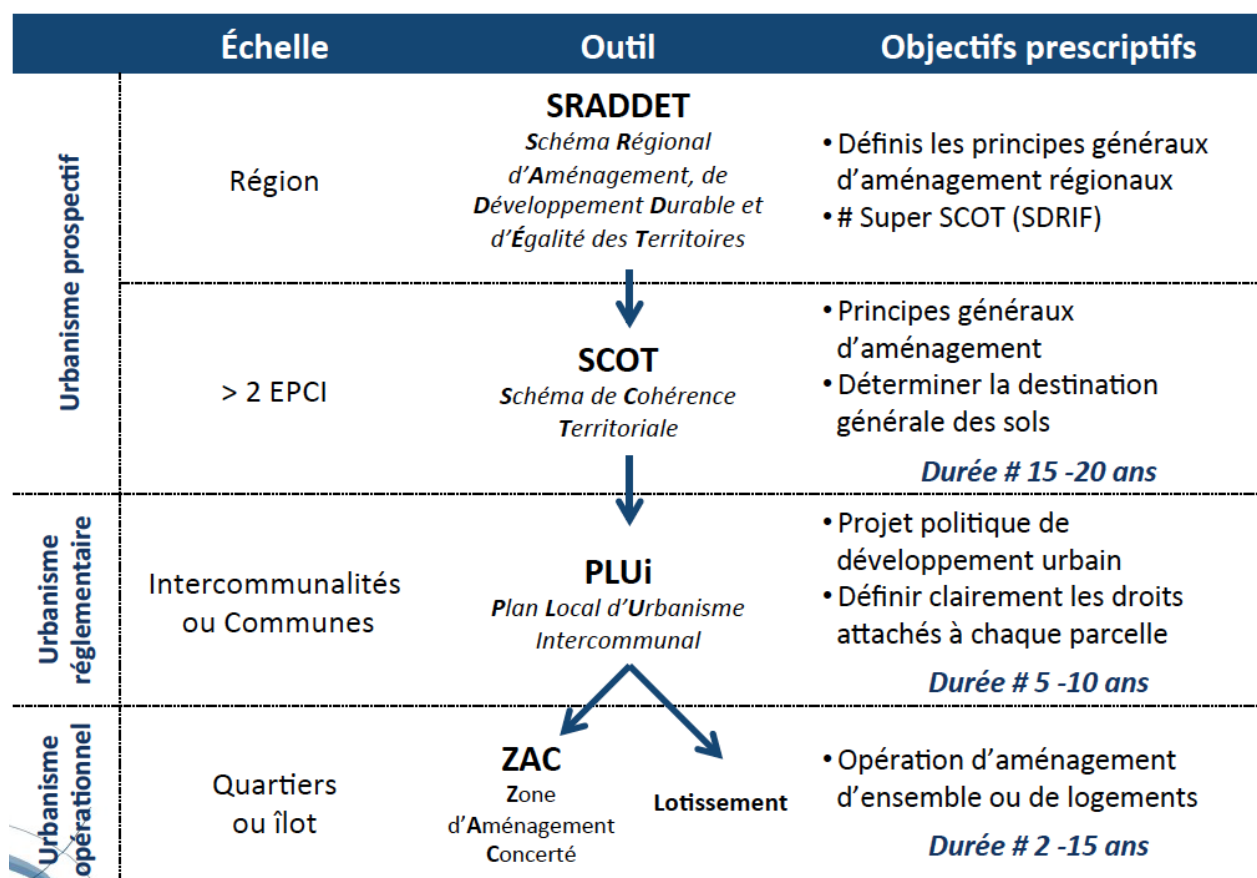


Figure 13 : Objectifs prescriptifs des documents d'aménagement - HESPUL

Il y a donc un **double niveau d'articulation** de la problématique énergétique :

- Une articulation **transversale** au regard des autres compétences et objets de planification.
- Une articulation **verticale** dans la répartition des rôles et responsabilités des différentes instances.

Cette nouvelle cartographie réglementaire et les objectifs de la LTECV obligent les services des collectivités à collaborer de manière transversale autour de la thématique énergétique, jusqu'alors partagée de manière parcellaire entre les grandes directions (habitat, développement économique, transports, aménagement, ...). Il s'agira aussi d'intégrer les acteurs territoriaux classiques de l'énergie¹⁶ - jusqu'alors pris dans leur logique de fonctionnement propre et quasi-indépendante de celles des autorités planificatrices de l'aménagement - dans les processus d'élaboration des planifications énergétiques et urbaines territoriales.

Cet enjeu majeur de la construction d'une gouvernance et culture partagée de l'énergie doit utiliser l'opportunité que représente l'élaboration de schémas et documents de planification pour

¹⁶ Les gestionnaires des réseaux de distribution (GRD), les fournisseurs locaux et nationaux d'énergie, les Autorités d'Organisation de l'Énergie (AOE) : Syndicat de l'Énergie, Métropole, grandes communes...

l'ensemble de ces acteurs afin de : **partager les études, passer à l'action et échanger les informations.**

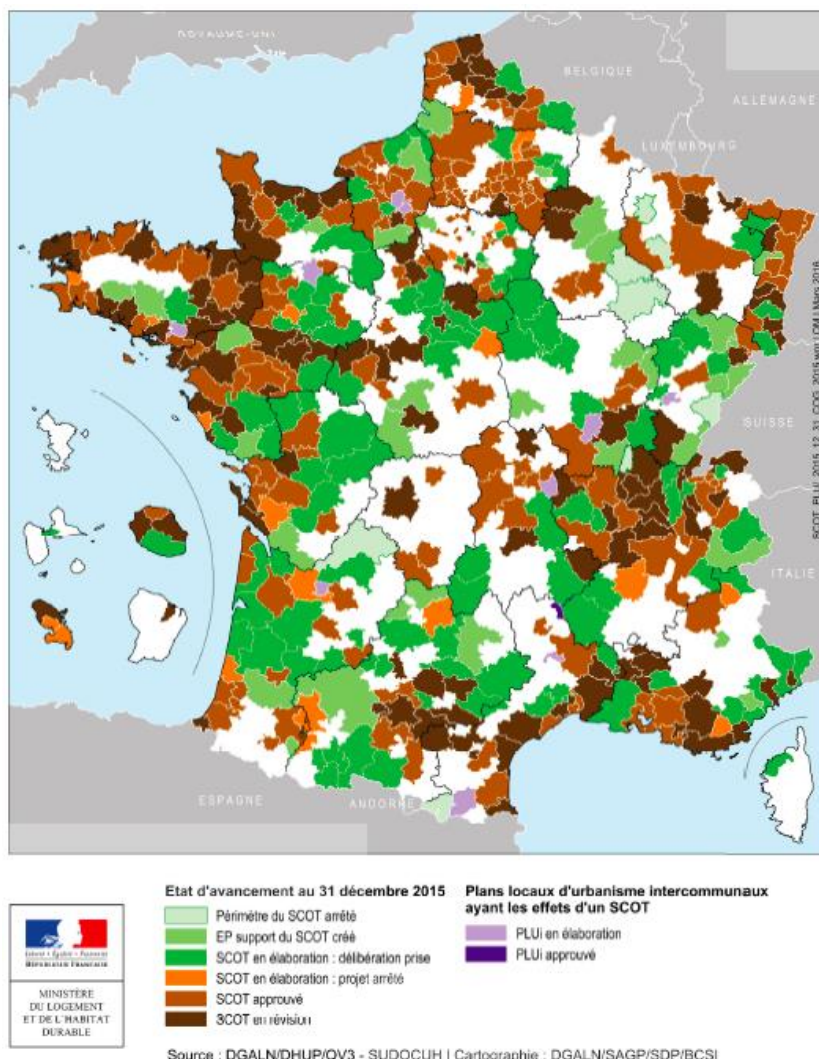


Figure 14 : Etat d'avancement au 31 décembre 2015 des PLU(i) et des SCOT

Un autre point de vigilance qu'il nous semble important de soulever ici est la **différence notoire entre territoires urbains et ruraux en matière d'outils de planification**. Or, comme le rappelle la carte d'état d'avancement des SCOT et PLU(i) ci-dessus, il existe une France rurale qui échappe à la logique de planification territoriale :

- La moitié des communes rurales sont couvertes par le Règlement National d'urbanisme et ne possèdent donc pas de PLU, intercommunal ou non.
- Bien que l'État incite très fortement les collectivités à élaborer leur SCOT¹⁷, **seul 37% du territoire métropolitain est couvert par un SCOT approuvé fin 2015**, (correspondant à un peu plus de la moitié de la population française¹⁸).

¹⁷ Le SCOT n'est pas obligatoire, mais la loi ALUR de 2014 fait que les communes non couvertes par un SCOT au 1^{er} janvier 2017 sont soumises à la règle d'urbanisation limitée et ne peuvent ouvrir l'urbanisation de nouveaux terrains.

¹⁸ cf. <http://www.fedescot.org/images/pdf/Panorama%20des%20SCoT.pdf>

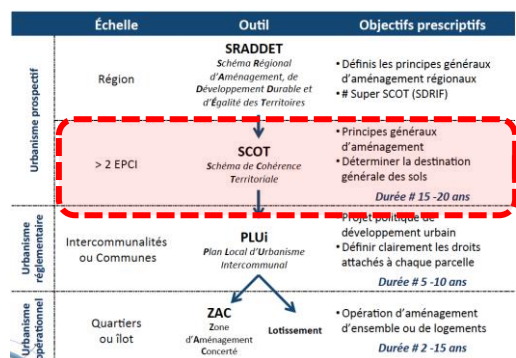
Si ces chiffres sont appelés à fortement évoluer ces prochaines années (67% du territoire national sera couvert par un SCOT dans les prochaines années), il s’agit d’intégrer cette réalité qui fait que **les principaux gisements en énergie renouvelables (éolien, biomasse, photovoltaïque, ...) se situent dans ces territoires dépourvus de documents de planification urbaine et énergétique**. La question de l’articulation des échelles, abordées précédemment prend alors tout son sens.

Ce constat amène à renforcer le rôle structurel des grandes Régions pour l’élaboration d’une stratégie et planification énergétique territoriale, et inciter à l’hybridation des approches planificatrices, caractéristiques des agglomérations - disposant de moyens humains et financiers conséquents - avec des démarches de développement local des communes rurales (type TEPOS).

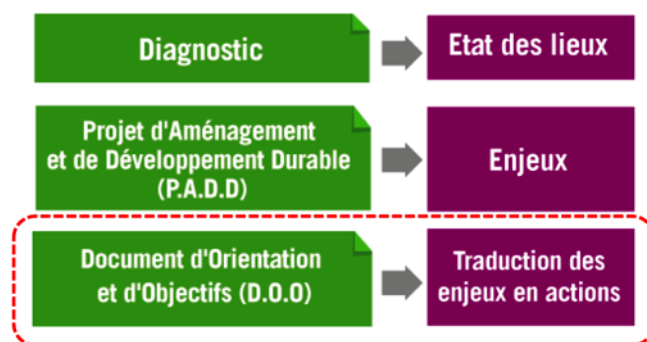
B. L’ÉNERGIE DANS LES DOCUMENTS D’URBANISME

Il existe une littérature assez abondante qui détermine la manière dont les deux documents d’urbanisme que sont le SCOT et PLU(i), peuvent aborder la question énergétique¹⁹. Nous rappellerons donc ici très synthétiquement les grandes caractéristiques et enjeux.

➤ Le Schéma de Cohérence Territoriale:



SCOT - Éléments constitutifs



NB : seul le DOO est prescriptif

Dans un SCOT, pour l’énergie :

- le diagnostic est établi notamment au regard des besoins répertoriés en matière d’environnement, d’équipements et de services (**dont en matière d’énergie**) ;
- Le Document d’Orientation et d’Objectifs (DOO) peut définir des secteurs dans lesquels l’ouverture de nouvelles zones à l’urbanisation est subordonnée à l’obligation pour les constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des **performances énergétiques et environnementales** renforcées

¹⁹ cf. Prise en compte de l’énergie dans les projets d’aménagement – de l’urbanisme de planification aux projets opérationnels – Hespul – Editions du Moniteur (2015)

Analyse SWOT : SCOT

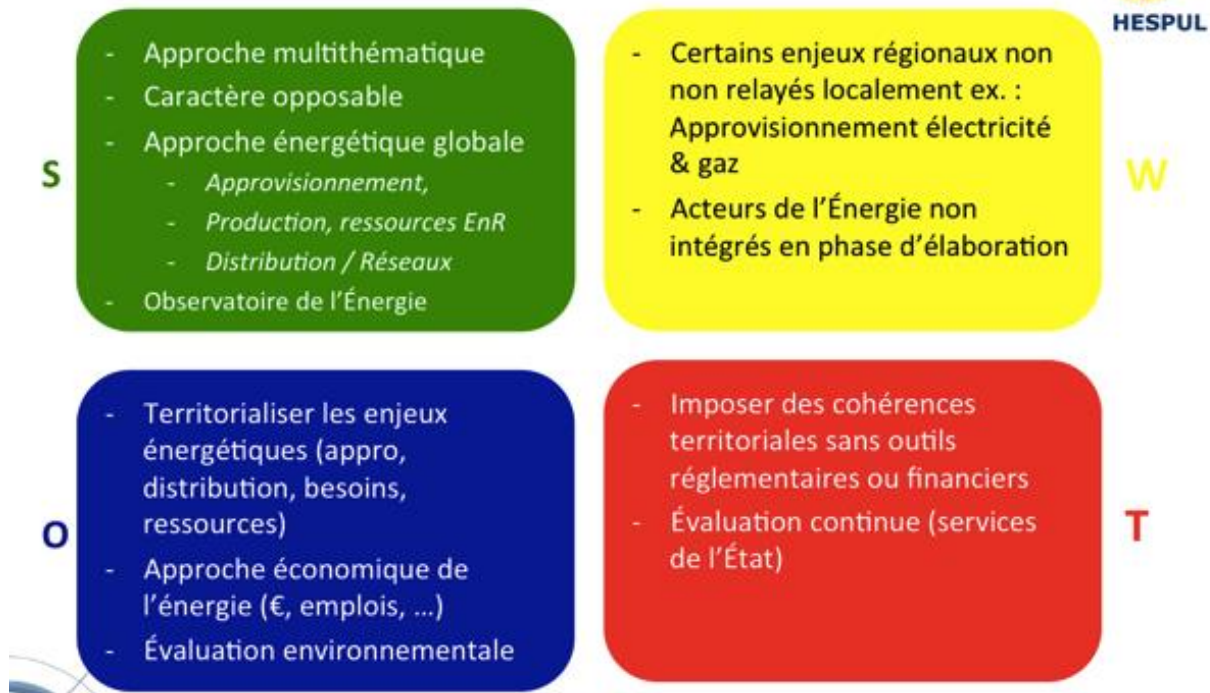
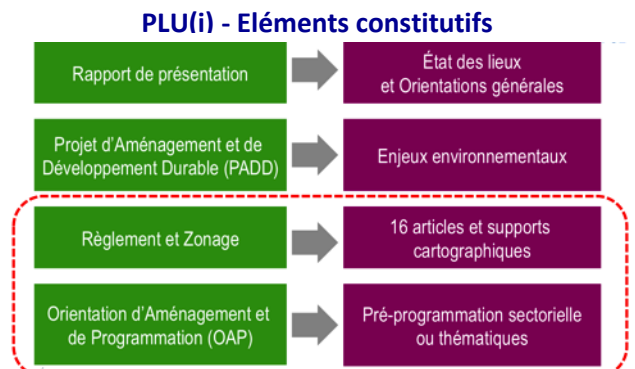
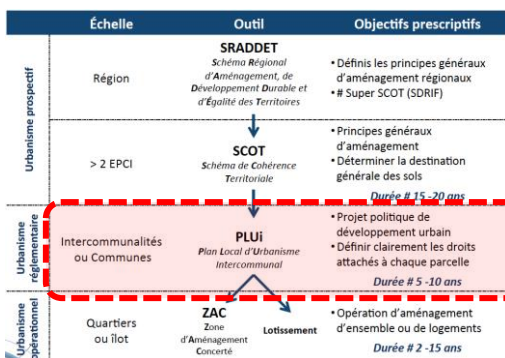


Figure 15 : Analyse Force-Faiblesse-Opportunités-Menace (SWOT en anglais) du SCOT

➤ Le Plan Local d'Urbanisme (intercommunal) :



NB : seuls le Règlement et les OAP sont opposables

Le PLU peut :

- Imposer de respecter des performances énergétiques aux constructions neuves et anciennes (> RT2012) et des % EnR.
- Déterminer des règles (aspect extérieur, voirie, etc.) permettant de contribuer à la performance énergétique des constructions.
- Autoriser un **dépassement de 30% des gabarits** des constructions qui satisfont des critères de performance énergétique élevés.
- Préciser, dans les ZAC, la localisation prévue pour les principaux ouvrages publics (dont les ouvrages publics de distribution d'électricité et de gaz).

Analyse SWOT : PLU(i)

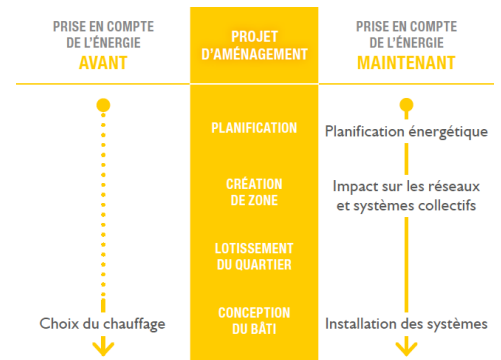


Figure 16: Analyse Force-Faiblesse-Opportunités-Menace (SWOT en anglais) du PLU(i)

C. L'ÉNERGIE DANS LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT

Les projets d'aménagement se trouvent au cœur des enjeux de l'interaction énergie et urbanisme. Ils sont un intégrateur, à l'échelle très locale, du projet énergétique territorial et peuvent agir, par leur nature transverse, sur beaucoup de leviers de l'optimisation du mix énergétique : intégration urbaine, mobilité, approche bioclimatique, production énergétique locale ...

Figure 17 : Prise en compte de l'énergie dans les projets d'aménagement Avant/Maintenant - Infographie Hespul 2016



À cette échelle, la question des choix énergétiques devient d'autant plus cruciale que les décisions prises pour l'organisation spatiale, les constructions, les choix architecturaux et techniques, les équipements publics seront difficilement modifiables à court ou moyen terme.

Si des avancées culturelles et techniques indéniables ont eu lieu ces dernières années, notamment avec le développement des premiers éco quartiers (ZAC de Bonne à Grenoble) et des bâtiments (Groupe scolaire JL Marquèze à Limeil-Brévannes) ou îlot à énergie positive (Hikari à Lyon Confluence), elles butent néanmoins sur de nombreux freins, notamment :

- Des freins économiques : Les investissements pour l'optimisation du mix énergétique peuvent être coûteux et posent la question de leur financement : qui les porte ? Quel montage financier ? Quels impacts sur le prix du foncier et pour l'utilisateur final ? ...
- L'insuffisance d'articulation (échanges, co-construction, co-responsabilité...) dans les procédures et projets d'aménagement entre les concepteurs, utilisateurs et gestionnaires, notamment sur l'enjeu des usages énergétiques - et donc du triptyque négaWatt : sobriété, efficacité, EnR – mais aussi pour la mobilité.

Analyse SWOT : Projet Urbain



S

- Approche multithématique
- Contractualisation des enjeux
- Approche énergétique globale à l'échelle d'un quartier (besoins, ressources, appro, ...)

- Approche Bâtiment de l'Énergie
- Pas de programmation énergétique globale (besoins, ressources, appro, ...)
- Acteurs de l'Énergie pas ou peu impliqués dans l'élaboration
- Faible volet réglementaire (PLU)

W

O

- Étude de potentiel EnR obligatoire
- Co-construction d'une programmation énergétique globale (bât., réseau, ressources, ...) sur la base d'un scénario énergétique

- Absence de pilotage public coordonné des Smart Grids, RCU, EnR,
- Les GRD ont leurs propres outils et règles de modélisation
- Accès à la donnée (> Iris) chère et compliqué

T

Figure 18 : Analyse Force-Faiblesse-Opportunités-Menace (SWOT en anglais) du Projet Urbain

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

A. ORGANISATION DE LA MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

La boîte à outils méthodologique de planification territoriale ISEUT proposée ici permet de construire de façon conjointe les documents de planification urbaine (SCoT, PLU(i), 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.

La méthodologie que nous vous proposons dans ce chapitre permet, en trois étapes, de :

- **Caractériser les profils énergétiques types des formes urbaines** (cf C-ETAPE 1 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT DES LIEUX DU TERRITOIRE p33).
- **Proposer des plans d'action sectorisés** (cf D-ETAPE 2 : ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE INTÉGRÉE, p44).
- **Suivre et évaluer ces stratégies dans le temps** (cf E-ETAPE 3 : ÉLABORATION D'UN SUIVI ET D'UNE ÉVALUATION DES STRATÉGIES, p55).



Figure 19 : Les grandes étapes de la méthodologie ISEUT



Figure 20 : Carte des 25 communes de Lorient Agglomération

Afin de valider cette approche, le principe général du projet ISEUT a été de construire un état des lieux énergétique à l'échelle de l'agglomération de Lorient, afin d'identifier et d'évaluer les stratégies énergétiques pour construire les orientations de développement urbain dans le SCOT du Pays de Lorient et les PLU en cours de révision puis de concevoir un système de suivi et d'évaluation adapté aux modes de faire existants.

Ce travail s'est fait en collaboration avec Audélor, mandaté pour piloter le projet du SCOT du Pays de Lorient, et les services de Lorient Agglomération, en charge d'accompagner les collectivités dans leur PLU respectif. Ils ont mis à disposition les données territoriales nécessaires pour implémenter l'outil de modélisation Artelys Crystal City© (présenté en annexe) dont certaines fonctionnalités ou améliorations ont été prototypées afin de

répondre aux enjeux du projet ISEUT. Les retours de l'agglomération et des partenaires du consortium ainsi que du comité d'experts et du comité technique à qui ont été présentés les résultats de la méthodologie ont été inclus ci-après.

Avant de rentrer dans le détail de la méthodologie (dans les parties C, D et E), nous souhaitons présenter l'approche originale de la méthodologie par les formes urbaines, permettant de trouver un langage commun pour les énergéticiens et les urbanistes et de faciliter le rapprochement entre les deux mondes.

Dans ce chapitre, nous utilisons un code de mise en page pour signaler les différentes formes d'informations que peut contenir ce guide.



Indique un point de vocabulaire ou de précision méthodologique.



Indique un point de vigilance de la méthodologie qui nécessite une attention particulière.



Indique un retour de l'expérience réalisée sur le Pays de Lorient.

B. UNE APPROCHE PAR LES FORMES URBAINES

Lors de la phase de lancement du projet ISEUT, il a été décidé de s'intéresser de manière spécifique à l'interaction énergie/urbanisme à l'échelle de la **forme urbaine**. Ce choix a été motivé par une analyse bibliographique²⁰ qui mettait en avant les points suivants :

- l'approche énergétique des bâtiments fait déjà l'objet d'un nombre important de méthodologies, de référentiels, tant pour la construction de bâtiment neuf que la rénovation du parc ancien (HQE®, BBC Effinergie, ...).
- plus récente, la thématique des réseaux énergétiques est elle aussi bien étudiée depuis quelques années, que ça soit à travers les *Smart Grids* (réseaux électriques principalement) et les réseaux de chaleur (cf. étude bibliographique en annexe).
- A contrario, il est apparu que la question des formes urbaines n'était quasiment jamais étudiée. Pourtant cette notion, fortement polysémique, reste privilégiée par les acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme – réglementaire (SCOT, PLU(i)) comme opérationnel (ZAC, lotissement, ...).



Le terme de « forme urbaine » est un terme emprunté au vocabulaire urbain et très polysémique. Il peut en effet désigner le projet urbain, constitué d'un ensemble de bâtiments à l'échelle du quartier comme la forme que prend le tissu urbain à l'échelle de l'agglomération.

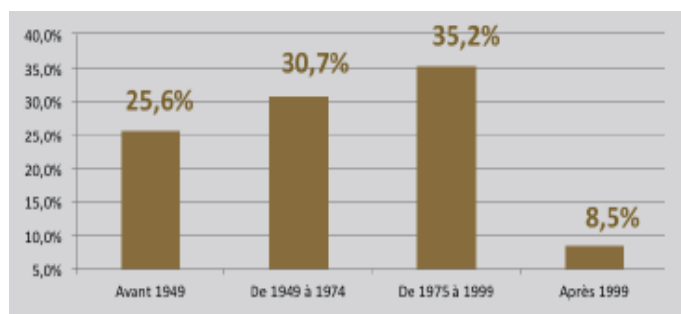


Figure 21 : Résidences principales selon leur année d'achèvement - Le logement en France en 2014 – FNAIM

Le fait d'appréhender la planification énergétique par les formes urbaines permet également de répondre à un enjeu majeur de la transition énergétique des systèmes urbains, à savoir la rénovation énergétique du parc de bâtiments existant, qui compose la plus grande partie du parc total : plus de la moitié des résidences principales actuelles ont été construites avant la 1^{ère} réglementation thermique (voir).

Si l'énergie reste généralement bien appréhendée pour la construction neuve (ne serait-ce que par l'évolution de la réglementation thermique depuis 1974), elle l'est beaucoup moins pour les travaux de rénovation sur l'ancien, qui reste l'angle mort de la planification urbaine, et où réside cependant l'enjeu majeur de la planification énergétique.

L'approche à l'échelle des formes urbaines nous paraissait donc pertinente pour répondre à cet enjeu majeur de l'interaction énergie/urbanisme.

²⁰ cf. Annexe – Analyse bibliographique

Sur la base d'une étude bibliographique d'une quinzaine de documents (cf. annexe), et d'une phase d'analyse comparée des stratégies énergétiques (hors mobilité) dans les documents d'urbanisme (SCOT et PLU) et du Plan Climat Énergie (devenu le Plan Climat Air Énergie en 2015), il est ressorti que le système énergétique urbain territorial pouvait être appréhendé selon 3 niveaux d'échelle de la forme urbaine au sens large du terme :

- Le **bâtiment** : maison individuelles / immeuble collectif / bâtiment d'activité et âge de construction.
- Les **formes urbaines à l'échelle du quartier**, selon une typologie de 7 formes, du pavillon discontinu au faubourg urbain (voir B - ANNEXE 2 : NOMENCLATURE DES FORMES URBAINE pour plus de précisions).
- La **disposition géographique** du tissu urbain, intégrant la caractérisation de sa densité, déterminante pour la rentabilité des réseaux énergétiques (électricité, gaz, chaleur ou froid).

Ces trois niveaux de représentation de type urbain peuvent chacun être associé à un objet énergétique (voir la Figure 22).

Objets urbains	Objets énergétiques
Bâtiments (fonction, âge)	Consommations Equipements
Formes urbaines à l'échelle du quartier (compacité)	Consommations
Disposition géographique	Opportunités de réseaux énergétiques

Figure 22 : Caractérisation des trois niveaux d'interaction des stratégies urbaines et énergétiques

C. ETAPE 1 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT DES LIEUX DU TERRITOIRE

1. APPROCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTAT DES LIEUX

Dans le but d'éclairer le rapprochement des stratégies urbaines et énergétiques de territoire, l'état des lieux peut se comprendre comme la combinaison de deux éléments clés et complémentaires :

- Un **ensemble d'indicateurs**, permettant de quantifier la situation actuelle du territoire, afin de comprendre où se trouvent ses enjeux principaux.
- Une **représentation cartographique de ces indicateurs**, afin de les ancrer dans une vision géographique du territoire, premier outil de la réflexion et de la conception urbaine.

a) Indicateurs d'état des lieux

Le projet ISEUT a retenu la liste des indicateurs présentés ci-dessous. Les indexes correspondent aux variables des indicateurs sur lesquelles on peut choisir de sélectionner ou bien d'agrèger les résultats.



Précisions de vocabulaire énergétique

La typologie représente un type de consommateur, par exemple les immeubles construits entre 1945 et 1974, ou bien la filière « Bureaux » dans le tertiaire.

L'énergie primaire est l'énergie brute, n'ayant subi aucune transformation (par exemple, le pétrole non raffiné). L'énergie finale est l'énergie livrée au consommateur, avant sa consommation (par exemple, l'électricité ou le gaz de ville). Enfin, l'énergie utile est l'énergie finale pondérée par le rendement de l'équipement utilisé, celle dont bénéficie réellement l'utilisateur.

Catégorie	Nom	Indexes	Intérêt
Indicateurs socio-urbain	Habitants	Commune/IRIS	Comprendre les déterminants de la consommation et comparer les zones entre elles
	Surface habitable en m ²	Commune/IRIS, Typologie	Comprendre les déterminants de la consommation et comparer les typologies résidentielles entre elles
	Revenus	Commune/IRIS	Cartographier les zones concernées par la vulnérabilité énergétique
	Salariés	Commune/IRIS, Typologie	Idem que pour la surface habitable mais pour les secteurs d'activité tertiaires et industriels
	Identification des formes urbaines	Carreaux de 200mx200m	Identifier sur le territoire les formes urbaines pour une meilleure articulation SCoT/PLU/PCAET
Indicateurs de consommation	Consommation énergie utile	Commune/IRIS, Energie finale, Energie utile, Equipement, Nom du consommateur, Typologie	Cibler les actions de maîtrise de l'énergie sur les usages et les typologies ; Comprendre les substitutions, compétitions et synergies possibles entre les vecteurs.
	Consommation énergie finale	Idem	Faire le bilan des consommations (PCET, SCoT) ; Comprendre comment sont approvisionnés les besoins.
	Consommation énergie primaire	Idem	Comparer les consommations énergétiques entre elles dans le même référentiel ; Comprendre l'efficacité de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement énergétique.
Indicateurs d'évaluation	Facture énergétique	Idem	Cibler les zones/typologies les plus touchées par un prix de l'énergie élevé ; Quantifier les enjeux financiers de la transition énergétique.
	Potentiel EnR	Commune/IRIS	Cibler le développement des EnR sur le territoire

	GES	Commune/IRIS, Energie finale, Energie utile, Equipement, Nom du consommateur, Typologie	Faire le bilan carbone du territoire ; Quantifier les enjeux environnementaux de la transition énergétique.
	Particules	Commune/IRIS, Energie finale, Energie utile, Equipement, Nom du consommateur, Typologie	Mesurer l’impact de la production et de la consommation sur la santé ; Quantifier les enjeux environnementaux de la transition énergétique.
	Précarité énergétique	Commune/IRIS	Identifier les zones, les typologies et les ménages les plus touchés par la précarité énergétique.

Tableau 1 : Tableaux d'indicateurs proposés dans la méthodologie ISEUT

b) Représentation cartographique

Les indicateurs sont tous calculés à la maille communale, et à la maille IRIS quand les données le permettent.

La représentation cartographique des indicateurs présente un triple intérêt :

- Elle permet de **faciliter la communication entre les acteurs**.
- Elle est le **principal outil des acteurs de l’urbanisme**. Elle est en effet un outil indispensable pour mettre en relation ces différents indicateurs entre eux et savoir où et comment agir. À titre d’exemple, on ne traitera pas de manière équivalente une zone présentant une facture énergétique élevée et un revenu élevé et une zone présentant une facture énergétique élevée et un revenu faible.
- Elle est indispensable pour **identifier les opportunités de développement de réseaux**, objets par essence ancrés dans la disposition territoriale.

Le projet ISEUT s’appuie donc sur un système de représentation géographique dynamique des indicateurs, intégré au logiciel Artelys Crystal City : par exemple, si on veut représenter la consommation en énergie finale, on peut la représenter sous la forme de diagramme circulaire comme sur la Figure 23, dont le diamètre est proportionnel au total de consommation, sous forme d’aplats de couleur en sélectionnant une échelle parlante pour l’utilisateur (voir Figure 24), ou encore sous la forme d’histogramme pour représenter les différents vecteurs de la consommation (voir Figure 25).

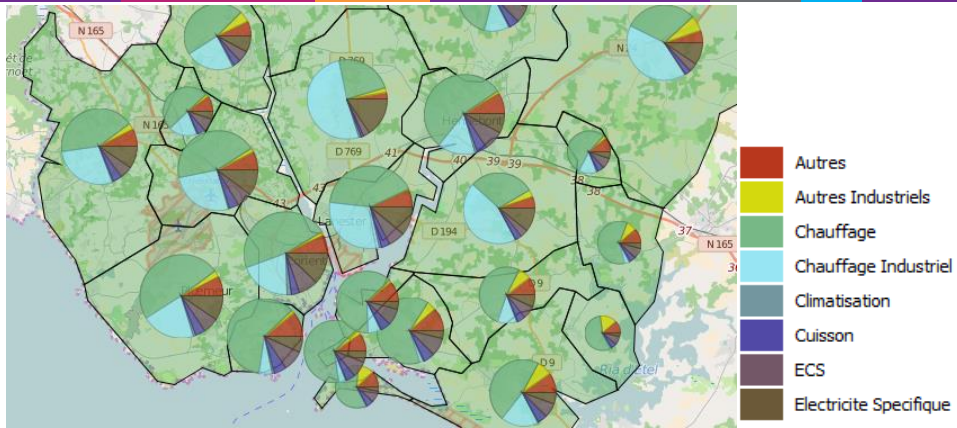


Figure 23 : Consommation en énergie finale par énergie utile sous la forme de diagramme circulaire

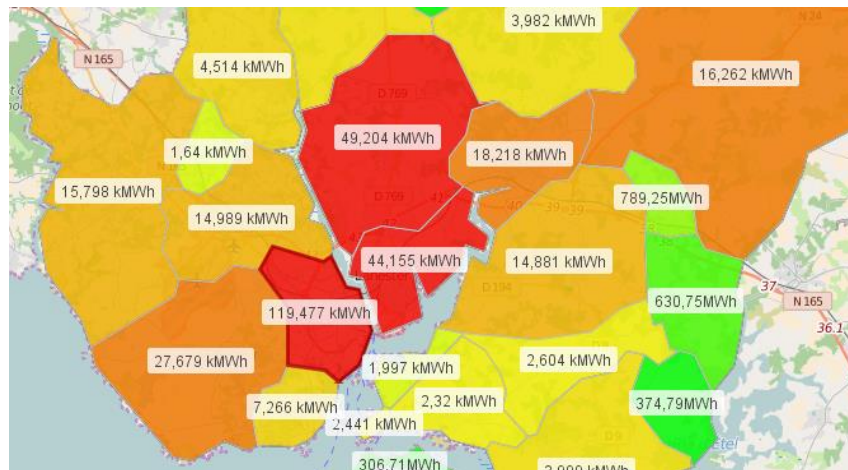


Figure 24 : Carte de consommation en énergie finale en aplat de couleur

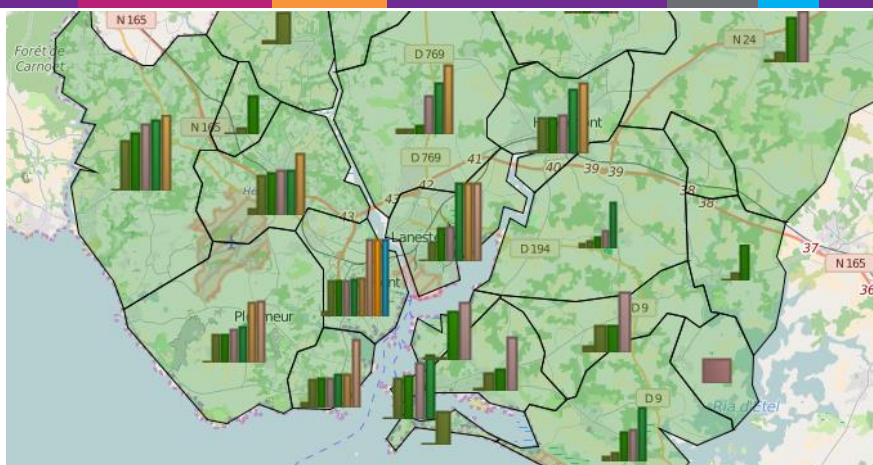


Figure 25 : Carte de consommation en énergie finale pour le chauffage par vecteurs utilisé pour la typologie des résidences principales en immeubles collectifs construits entre 1949 et 1974

2. METHODOLOGIE D'ÉTABLISSEMENT DE L'ÉTAT DES LIEUX

a) *Le modèle de consommation*

Étudier les possibilités urbaines et énergétiques des territoires commence nécessairement par une modélisation et une territorialisation de la consommation. La consommation est en effet l'élément de la chaîne énergétique sur lequel l'urbanisme a la plus grande influence. C'est par ailleurs en décrivant la consommation que l'on peut comprendre de quelle façon elle peut être approvisionnée, et en fonction de sa disposition géographique que les opportunités de développement des réseaux pourront émerger.

La construction d'un modèle de consommation repose avant tout sur les données qui sont disponibles pour les collectivités. Nous avons par ailleurs développé une méthode de traitement de ces données, détaillée dans une partie de ce chapitre (voir paragraphe (4) Le traitement des données, p43).

(1) Les données à disposition des territoires

La première étape consiste à rassembler un jeu de données minimal nécessaire à la modélisation du système énergétique et urbain du territoire.

Le corpus minimal de données décrit ci-dessous se décompose en trois parties :

- les **données géographiques**,
- les **données issues des statistiques nationales** et
- les **données locales** qui nous permettent de corriger les statistiques nationales à l'échelle du territoire en tenant compte de ses spécificités.

(a) *Les données géographiques*

Dans le cadre de l'aménagement des territoires, le partage de l'information géographique est un enjeu territorial important. En ce sens, l'IGN fournit gratuitement l'accès à la BD Topo aux collectivités territoriales et l'accès aux découpages communaux et à la maille IRIS ont été rendus publics.

Actuellement, les données de structures de réseaux sont en la possession des concessionnaires. La collectivité peut, si elle le veut, demander à ses concessionnaires l'accès à ces données d'infrastructure (voir article 179 loi TECV).



Pour ce qui est des réseaux de gaz et d'électricité, la directive INSPIRE élaborée par la Direction générale de l'environnement de la Commission européenne vise à établir en Europe une infrastructure de données géographiques commune pour assurer l'interopérabilité entre bases de données et faciliter la diffusion, la disponibilité, l'utilisation et la réutilisation de l'information géographique en Europe. Les données de structures de réseaux devraient potentiellement être disponibles de façon ouverte dans le futur.

Enfin, pour des données de voirie, les données d'OpenStreetMap peuvent être mises à contribution.

(b) *Les données statistiques nationales*

Les données nationales accessibles sont décrites dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Sources de données nationales minimales pour le modèle de consommation

Base de données	Responsable Année	Secteur/ Echelle	Contenu	Accessibilité aux données
ENL	INSEE 1999-2011	Logement et maille communale et IRIS	Type de logement, vecteur de chauffage, nombre de personne, année de construction, statut d'occupation, copropriété, chauffage individuel/collectif, nombre de pièces habitables et surface en m ²	Totale et immédiate, mise à jour quinquennale
CLAP (segment A88)	INSEE 2011	Emploi et maille communale et IRIS	Nombre d'emploi dans les 88 secteurs	Totale et immédiate, MAJ quinquennale
STMNA	INSEE 2011	Emploi par commune et maille IRIS	Nombre d'établissements	Totale et immédiate, mise à jour quinquennale
IRIS table géographique	INSEE 2012	Population géolocalisée à l'IRIS et à la commune	Nombre d'habitants, identifiants et noms commune et IRIS, région, département, unité urbaine	Totale et immédiate
Codes NAF	INSEE	Codes NAF des secteurs d'activité		Totale et immédiate
Chiffres clefs du bâtiment	ADEME, 2013	Typologies	Chiffres clefs de consommation des bâtiments	Totale et immédiate
Base de données	CEREN	Typologies	Répartition des consommations par usages pour le tertiaire	Totale et immédiate
Profils de consommation	RTE, 2015	Usages et Typologie	Profils journaliers annuels de consommation par usage et par macro typologie de consommateur (Industriel, Résidentiel, Tertiaire)	Totale et immédiate


Le format des données

D'une année sur l'autre, les formats des bases de données peuvent subir des changements. C'est par exemple le cas pour la diffusion des résultats de l'enquête logement de l'INSEE de 2006 et celle de 2011 : les typologies de consommateurs n'étaient plus les mêmes. On peut alors utiliser des traitements statistiques de base afin de conserver une cohérence entre les données.

(c) *Les données locales*

Les données locales comme les factures, les enquêtes, les diagnostics réalisés dans le passé sont autant de données qui peuvent venir compléter les données des concessionnaires décrites ci-dessous dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Sources de données locales accessibles aux collectivités

Document, Responsable	Diffusion	Secteur, Echelle	Contenu	Accessibilité
SOeS	Publique	Communes, IRIS	Données de consommation sur les réseaux d'électricité, gaz et chaleur	Publique et immédiate sur le site du gouvernement : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/
PCET (Essentiel, Intégral) d'ErDF	Collectivité Territoriales, parfois public	Communes, IRIS	Données de consommation en électricité	Les collectivités réalisant un PCET peuvent faire la demande auprès d'ErDF. L'offre intégrale est payante.
CRAC (ErDF, GrDF, autres gestionnaires de réseaux)	Autorité concédante	Variable en fonction des cas (commune ou agrégation de commune)	Données de consommation des réseaux	Les CRACs (Comptes Rendus Annuels de Concession) sont fournis annuellement à l'autorité concédante
Documents des délégations de service public de production	Autorité concédante	Par installation en DSP	Données de production	Rapport annuel
Données SRCAE, Observatoires Régionaux (ex : OREGES Bretagne)	Collectivités, parfois public	Variable en fonction des cas (généralement commune, moyen de production).	Données de consommation générales	Variable (annuel ou en fonction des publications)



Les données de consommation des concessionnaires de réseau enfin disponibles !

Depuis fin 2016, et en application de l'article 179 de la loi de transition énergétique, les données de consommations sur les réseaux de gaz, d'électricité et de chauffage urbain sont publiées sur le site du gouvernement et accessibles du public (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/>).



La qualité des données

Les données locales de consommation et de production sont souvent nombreuses et incohérentes. C'est une des difficultés majeures que nous avons rencontrée lors de l'expérimentation de la méthodologie. Il faut alors trouver un moyen d'évaluer la qualité des données. Une première approche peut consister à regarder l'indice de qualité fourni par le gouvernement sur les données de consommations de réseau. Dans un deuxième temps, on peut utiliser un traitement statistique des données (c'est ce que nous avons expérimenté dans la méthodologie, et qui est présenté au paragraphe (4) Le traitement des données, p43).



Le secret statistique

Les données locales peuvent parfois ne pas respecter le secret statistique. C'est le cas par exemple des données de facturation énergétique, des revenus des ménages récupérés lors d'enquêtes de ménages, etc. La CNIL définit des règles strictes de diffusion des données : les résultats ne doivent permettre une identification ni directe ni indirecte des individus. En cas de violation du secret statistique, les sanctions peuvent aller jusque 1 an d'emprisonnement et/ou 15000 euros d'amende.

(2) Structure du modèle de consommation

Sur la base de ces données, il est possible de construire un modèle de consommation au niveau de finesse détaillé dans la figure ci-dessous.

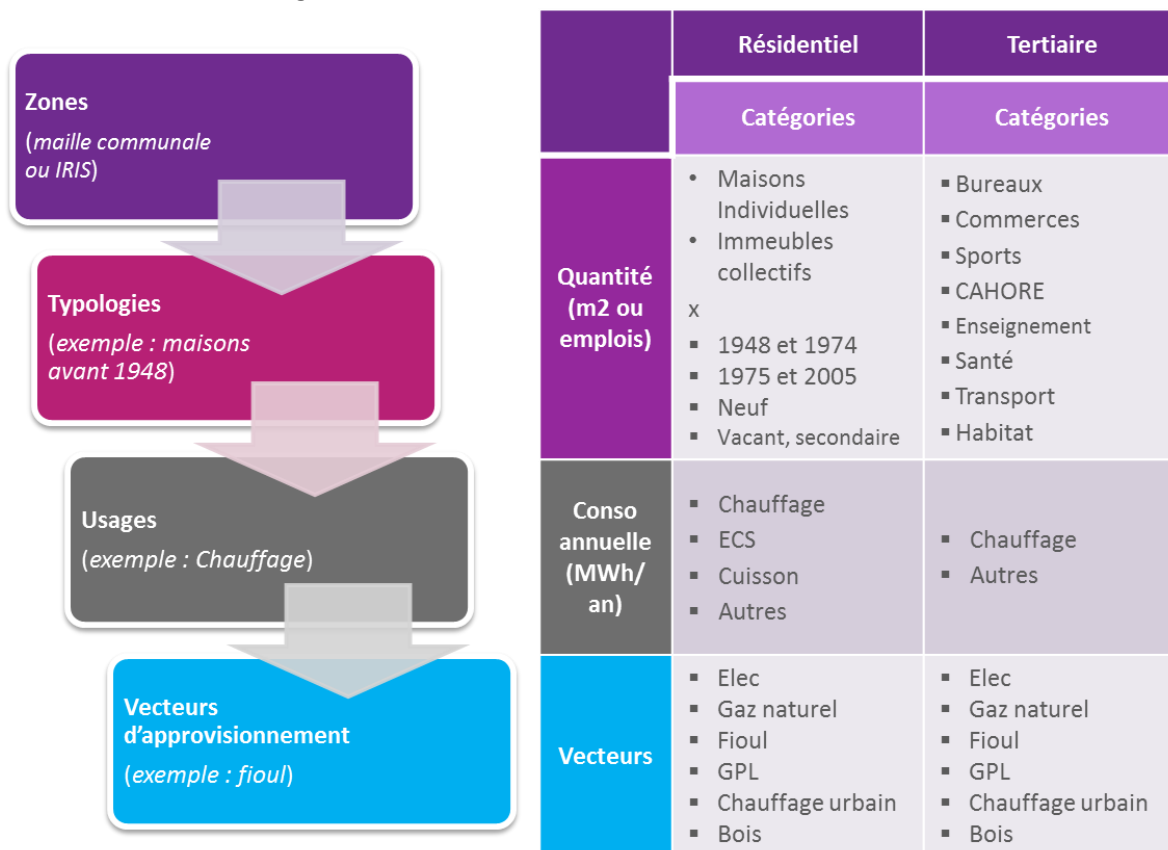


Figure 26 : Détails du modèle de consommation

On peut ainsi par exemple obtenir la consommation de fioul pour le chauffage d'une catégorie de bâtiments de type maison construite avant 1948 sur une zone IRIS.

(3) Pour aller plus loin

Les données concernant les consommations énergétiques sont encore assez limitées. Nous évoquons ici quelques pistes pour lesquelles des enquêtes de territoire pourraient avantageusement venir compléter les données listées.

Les modes de chauffage du tertiaire sont actuellement inconnus à l'échelle de la maille communale. Le traitement statistique des données (voir paragraphe suivant), permet d'obtenir une estimation des modes de chauffage probables du tertiaire, dès lors que les données locales listées ci-dessus sont disponibles pour plusieurs vecteurs. Un enrichissement de ces données ne pourrait cependant qu'augmenter la robustesse des modèles construits.

Les données de consommation des résidences secondaires, vacantes ou occasionnelles sont peu ou mal connues. Les chiffres clefs de l'ADEME ne prennent en compte que les résidences principales.

Parmi les paramètres urbains déterminants de la consommation du bâti (le bioclimatisme via les apports solaires notamment, la compacité et la densité d'habitation, l'effet des îlots de chaleur, l'écosystème autour des bâtiments), nous avons choisi d'étudier la possibilité d'inclure la compacité dans notre modélisation de la consommation.

En effet, d'une part, une simple simulation du comportement thermique des bâtiments nous montre des impacts théoriques significatifs de la compacité sur les consommations de chauffage (voir la figure ci-dessous Figure 27). D'autre part, les données disponibles pour son évaluation sont facilement accessibles via la BD Topo de l'IGN (présentée au paragraphe (1)(a) Les données géographiques).

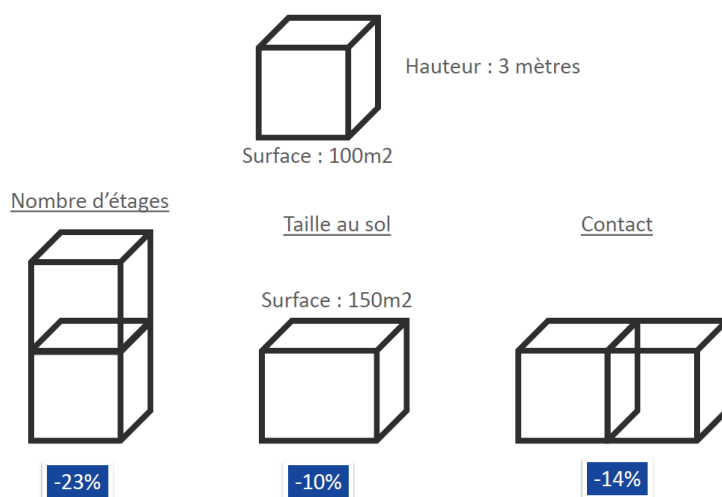


Figure 27 : Simulation du comportement thermique des bâtiments sur différentes compacités

Nous avons cherché à mettre en évidence une corrélation entre les données de consommations mesurées et les données de compacité sur le territoire du Pays de Lorient.

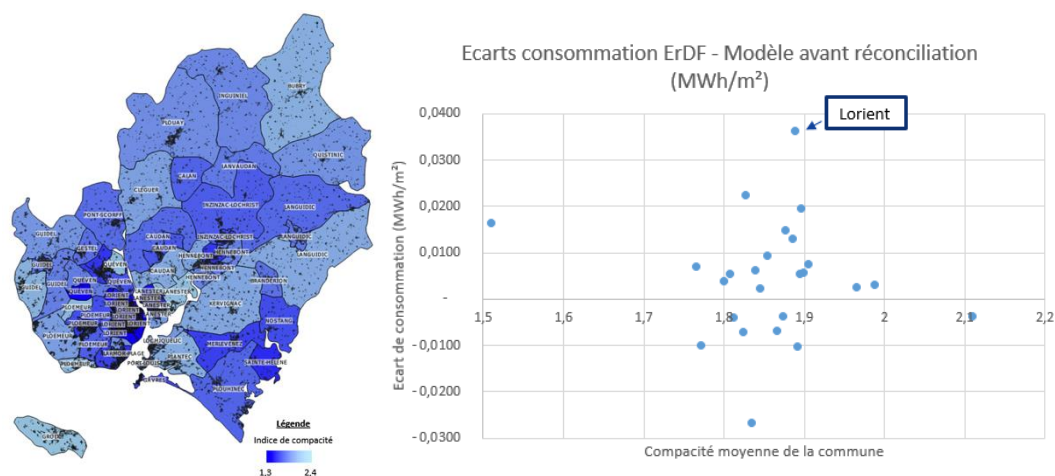


Figure 28 : Calcul de la compacité à la maille IRIS sur le Pays de Lorient (gauche) et mise en relation de la compacité calculée et des données de consommation ErDF mesurée sur la zone (à droite)

Sur la Figure 28 à droite, on a observé que l’erreur des mesures par rapport aux données du modèle de consommations (représentées en ordonnée) est plus grande que la tendance qui pourrait se dessiner par rapport à la compacité (représentée en abscisse).



La qualité des mesures et l’échelle à laquelle elles sont fournies (IRIS) ne nous permet pas actuellement d’inclure le paramètre de compacité des bâtiments dans le modèle de consommation. En effet, ici on moyenne les compacités calculées à l’échelle du bâtiment sur toute une IRIS où les compacités ne sont pas dans la plupart des cas homogènes. Avec l’arrivée des données de consommation à l’échelle du bâtiment dans les années à venir, cela pourrait être intéressant d’étudier à nouveau cette corrélation.

(4) Le traitement des données

Les données disponibles et accessibles aux collectivités territoriales, exposées dans le paragraphe précédent sont donc de deux natures :

- Les **données locales**, représentatives du cas du territoire étudié et de ses particularités, mais généralement trop agrégées pour pouvoir réaliser une analyse approfondie.

→ À titre d'exemple, les informations que peuvent transmettre les gestionnaires de réseaux de distribution n'exposent pas les consommations des différents usages.

- Les **données nationales**, à l'inverse, sont généralement disponibles à un niveau de finesse assez important, mais sont représentatives d'un comportement national moyen dont le territoire peut en réalité grandement s'écarter.

→ À titre d'exemple, les données nationales du CEREN offrent une estimation des parts des modes de chauffage du tertiaire en moyenne nationale, mais il est évident qu'en fonction des réseaux disponibles sur un territoire (gaz, chaleur urbaine, ...) les parts vont grandement différer.

Une méthode de traitement statistique des données visant à tirer le maximum d'information de ces deux types de données, basée sur des techniques d'optimisation peut être utilisée afin de réconcilier ces deux types de données et permettre à la collectivité :

- D'identifier les particularités locales de la consommation.
- De **compléter les informations manquantes à une échelle fine** (vecteur de chauffage des branches d'activité tertiaire et consommation des résidences secondaires par exemple).



La réalisation de ce traitement statistique est originale et apporte beaucoup à la compréhension de la structure de la consommation. C'est néanmoins une étape qui nécessite des compétences en statistiques, en optimisation et en traitement de données poussées.

b) Le calcul des indicateurs

Les indicateurs de l'état des lieux, dont la liste est indiquée au paragraphe 1.a) Indicateurs d'état des lieux, p34, peuvent se calculer aisément sur la base du modèle de consommation établi au paragraphe précédent.

Afin de représenter les indicateurs facilement, on peut utiliser l'outil Artelys Crystal City (voir description en ANNEXE C - ANNEXE 3 : PRESENTATION DE L'OUTIL CRYSTAL-CITY®, p72).

D. ETAPE 2 : ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE INTÉGRÉE

1. APPROCHE GÉNÉRALE DE L'ÉLABORATION DES STRATÉGIES

Les stratégies ont été élaborées aux trois échelles d'interaction de l'énergie et de l'urbain (présentées au paragraphe B - UNE APPROCHE PAR LES FORMES URBAINES, p32 : l'échelle du **bâtiment**, l'échelle de la **forme urbaine et énergétique** et l'échelle de la **disposition géographique de la ville** (voir ci-dessous un schéma de représentation de ces trois échelles).

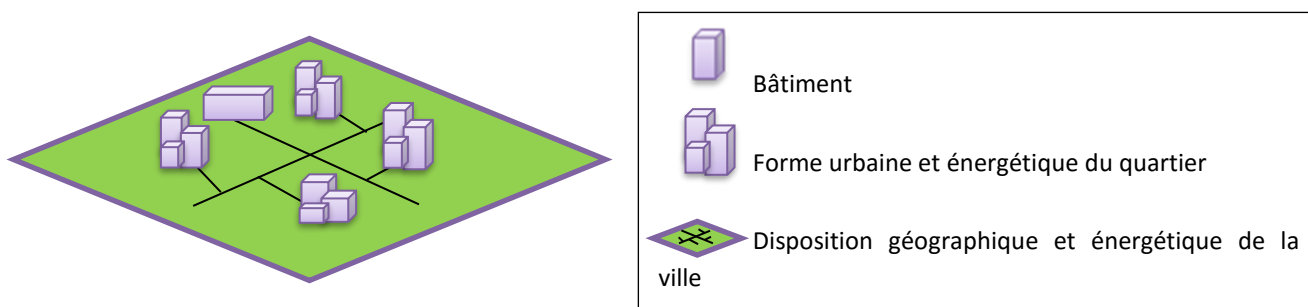


Figure 29 : Trois échelles stratégiques à la convergence entre urbain et énergie

A l'échelle du bâtiment et de la forme urbaine et énergétique, on propose d'orienter la réflexion sur la **mise en relation du tissu urbain, des objectifs énergie-climat et financiers et des actions**.

À l'échelle de la disposition géographique de la ville, on propose d'orienter la réflexion sur **les impacts que le développement urbain peut avoir sur les opportunités de développement de ces réseaux**.

Ces deux approches se complètent l'une l'autre. Ainsi les actions décidées à l'échelle la plus petite auront, si on les agrège, un impact sur la consommation à l'échelle de la ville entière et donc sur les réseaux de distribution de l'énergie. De l'autre côté, les actions décidées sur les réseaux à l'échelle de l'agglomération auront un impact sur les choix énergétiques possibles des projets de construction futurs ou de réhabilitation (changement de vecteur possible).

À chacune de ces échelles, la pertinence des différentes actions peut être évaluée, dans une logique d'aide à la décision, selon des critères de nature :

- **technique** (ex : faisabilité d'une action, domaine d'application, impact, ...),
- **socio-économique** (ex : coût de l'action, économies générées, ...),
- **environnementale** (ex : réduction des émissions de GES ou de polluants).

2. METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DES STRATEGIES

a) À l'échelle du bâti et du quartier : mettre en relation les actions, le tissu urbain et les objectifs énergie-climat et financiers de la collectivité

L'identification des potentiels du territoire et des leviers d'actions correspondants est une étape clé de la démarche de transition énergétique territoriale. Nous proposons ici d'utiliser **des courbes de leviers** afin d'identifier les éléments stratégiques spécifiques au territoire permettant de réduire les consommations ou bien les émissions de manière rentable.

Ces courbes de levier permettent de mettre en regard :

- des **typologies d'actions** ayant un impact sur les performances énergétiques et climatiques du tissu urbain,
- le potentiel, ou **gisement**, de ces différentes actions,
- leur valeur comparée au regard de **critères de classification**.

On peut ensuite, en s'appuyant sur un **système expert d'aide à la décision**, comparer ces différentes actions aux objectifs que la stratégie urbaine et énergétique doit permettre d'atteindre : réduction des consommations, réduction des émissions de CO₂, augmentation de la production renouvelable, etc. Cette approche permet d'optimiser les orientations de la stratégie énergétique et urbaine :

- Comment adapter mes objectifs énergie-climat à mon tissu urbain ?
- À quel coût mes objectifs énergie-climat peuvent-ils être atteints ?
- Quelles sont les actions qu'il faut privilégier pour atteindre mes objectifs à moindre coût ?

(1) Classer les actions

À l'échelle de la forme urbaine, deux types d'action pour la transition énergétique dans les territoires peuvent être pris en compte et comparés :

- **matérielle** (actions sur l'enveloppe du bâti comme la rénovation, la réhabilitation et actions sur l'approvisionnement énergétique des logements comme le changement d'équipement, installation d'équipement renouvelable),
- **comportementale** (incitations, publicités, diffusion de guides).

Selon les formes urbaines, ces actions diffèrent à la fois en ce qui concerne leurs impacts et leurs coûts.



À titre d'exemple sur le territoire de Lorient, une action simple d'isolation des combles pour une maison coûtera environ 170€/an/logement sur la durée de vie de l'action et permettra un gain d'énergie de 30%, alors qu'une action d'isolation plus complexe (isolation des combles, du plancher et des murs extérieurs) coûtera environ 1400€/an/logement sur la même durée de vie et permettra un gain d'énergie d'environ 45%. En ce qui concerne les logements collectifs, la même action d'isolation des combles reviendra à 70€/an/logement sur la durée de vie des travaux pour un gain espéré d'énergie de 11%, et une isolation des combles, des planchers et des murs coûtera 750€/an/logement pour un gain d'énergie estimé à 40%.

Il est donc nécessaire de **distinguer les actions selon les typologies auxquelles elles s'appliquent**. Comme dans l'étape de diagnostic, il est proposé de retenir les typologies de formes urbaines dont il est possible de caractériser la présence sur le territoire. À partir de la description des formes urbaines du tissu étudié, il est possible de caractériser le **gisement de l'action**, c'est-à-dire les gains d'énergies et d'émissions cumulées qu'il est possible d'atteindre.

On propose la classification des actions suivante :

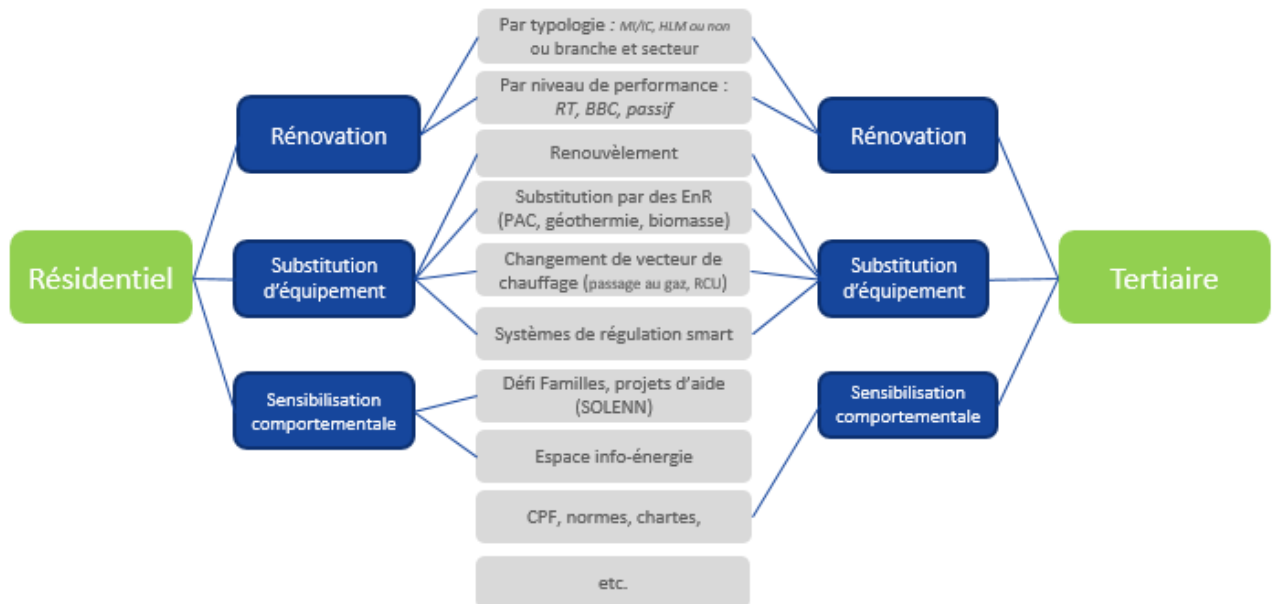


Figure 30 : Classement des actions

Les actions et leur caractérisation sont regroupées dans ce qu'on appelle un **catalogue d'actions**. Afin d'élaborer un tel catalogue, on peut se reposer sur les données et les hypothèses explicitées dans les paragraphes suivants.

(a) Les données de caractérisation des actions

Une action peut être caractérisée par les éléments suivants :

- L'**investissement** lié à la mise en place de l'action.

- Le **gain relatif d'énergie** en fonction de la typologie, du niveau de performance attendu et du rendement du nouveau système, la nouvelle énergie s'il y a et la part du renouvelable.

Pour caractériser ces actions on peut mettre à contribution les bases de données suivantes : Fiches CEE, ADEME, UFE, EnerTech, ANAH, etc. C'est sur ses bases de données que s'appuie le catalogue d'action construit dans le cadre d'ISEUT par le consortium.



Définition de l'investissement et du gain des actions

Les gains et coûts des actions peuvent être très différents en fonction de la technologie utilisée, le pays, la région, et l'année de référence. Il apparaît important de discuter en détails de ces données utilisées pour caractériser ces actions avec les services compétents de la collectivité et les acteurs de l'énergie du territoire concernés.

(b) Les données à disposition du territoire

Afin de territorialiser ces actions, il est nécessaire de récupérer des données caractérisant le tissu urbain du territoire (surfaces des secteurs étudiés) et les consommations. Ces données sont directement reprises de la phase d'état des lieux (voir paragraphe C - ETAPE 1 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT DES LIEUX DU TERRITOIRE, p33).

(c) Les hypothèses complémentaires

Des hypothèses complémentaires sont nécessaires à la classification des actions.

Le **taux d'actualisation** permet de prendre en compte à la fois le coût du temps et le coût du risque. Il est intéressant dans le cadre de la méthodologie de se positionner du point de vue du territoire et donc de prendre un taux d'actualisation qui reflète les attentes de l'intérêt général.

Les **paramètres de gisement** peuvent être vus comme des taux d'atteignabilité. On utilise ces taux d'atteignabilité afin de déterminer le gisement net des économies d'énergie réalisables.



Dans le cadre de l'expérimentation sur le Pays de Lorient, ces taux ont été pris égaux à 70% pour le bâti privé et à 90% pour le bâti social.

Il faut également prendre en compte **l'effet rebond** dans la mise en place des actions énergétiques. L'ADEME estime qu'il est en général compris entre 10% et 30% dans sa publication « Stratégie et Etude » n°24 du 5 mai 2010.

En ce qui concerne la **caractérisation des énergies**, il convient de faire des hypothèses concernant :

- Le prix des énergies,
- Leurs facteurs d'émissions,
- Les coefficients d'énergie primaire.

Ces paramètres peuvent correspondre à des caractéristiques actuelles ou projetées des énergies, la première option caractérisant l'opportunité immédiate des actions, la seconde permettant de se placer dans une logique prospective.

(2) Évaluer les actions

En combinant les données de caractérisation des actions explicitées au paragraphe précédent, il est possible de calculer des **critères de classification des actions**. On peut notamment citer :

- le **coût du MWh ou de la tonne de GES économisé** (calculé en divisant le coût annualisé de l'action par le gain d'énergie/d'émissions espéré),
- le **coût annualisé de l'action** (identique au critère simple calculé ci-dessus),
- l'**investissement nécessaire** à la réalisation de l'action (identique au critère simple calculé ci-dessus),
- Le gain d'énergie finale, d'émission ou de facture énergétique,
- le **coût complet de l'énergie finale** (incluant le coût de l'investissement et le prix de la nouvelle énergie mise en place par l'action).

Cette liste n'est pas exhaustive, et peut être complétée d'autres indicateurs quantifiables (part renouvelable, créations d'emplois, ...).

i

Approche en coût dit « global »

*Il est particulièrement intéressant de développer dans un premier temps une **approche en coûts globaux** afin de déterminer les investissements en termes de services publics : les investissements pris en compte sont alors ceux de tous les acteurs de l'économie de l'énergie sur le territoire (ménages et collectivité administrative compris). **Les éventuelles subventions peuvent être prises en compte dans un second temps**. Ceci permet de comparer de manière cohérente les différents leviers entre eux, pour ce qu'ils apportent au territoire et ainsi constituer une méthodologie intéressante pour déterminer les leviers les plus pertinents au sens de l'intérêt général.*

i

Approche en coût dit « complet »

*Le **coût complet** d'une action prend en compte à la fois l'**investissement** nécessaire à la réalisation de cette action et le **gain sur la facture** qu'il engendre. Ainsi, il apparaît plus intéressant d'un point de vue économique de comparer les actions sur la base d'un coût complet plutôt que d'un coût simple basé uniquement sur l'investissement.*

(3) Évaluer le gisement : les courbes de leviers

La combinaison de ces actions, gisements et indicateurs permet de représenter de manière complète les enjeux de la mise en place de ce type d'actions à l'échelle territoriale. On peut ainsi s'inspirer de la représentation sous la forme de courbe de leviers dite « de McKinsey », présentée par

McKinsey&Company dans son étude « Vers une économie à faible teneur en carbone » parue en mars 2009 et représenter le gisement, le critère d'évaluation de l'action et les objectifs sur un graphe de **courbe de levier territorialisée**.

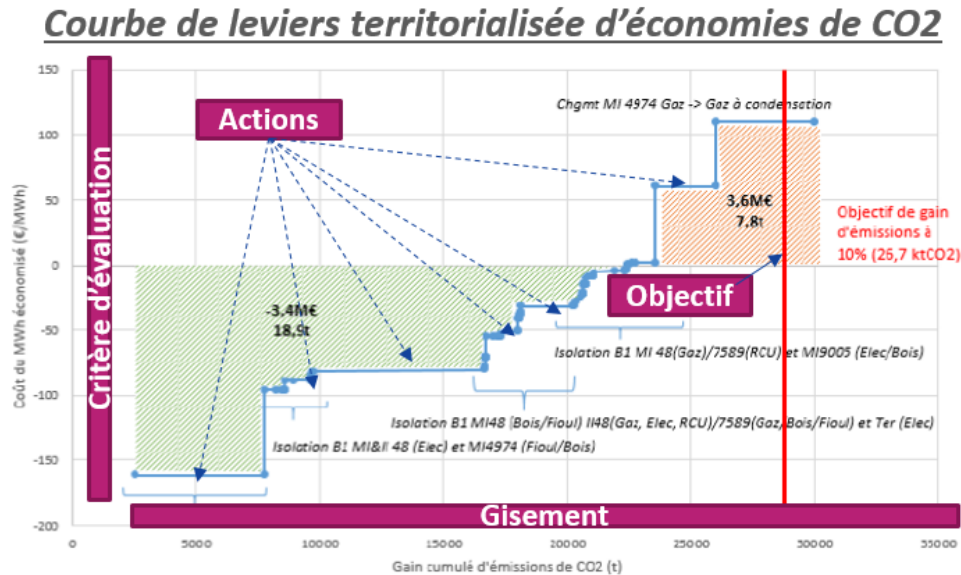


Figure 31 : Représentation d'une courbe de levier territorialisée d'économies de CO2



Comment lire la courbe de leviers ?

Chaque point représente une **action spécifique**, caractérisée par un **indicateur d'évaluation** de l'action (en ordonnée) et un **gisement cumulé** (en abscisse).

En abscisse est représenté le **gisement cumulé des actions** (ici dans notre cas, c'est le gain cumulé d'émissions de CO₂ évitées, en tonne de CO₂).

En ordonnée figure le **critère d'évaluation de l'action** (ici dans notre cas, c'est le coût du MWh économisé).

On remarque que le coût d'économie d'énergie de certaines actions apparaît négatif : c'est le signe que l'action est rentable, car les gains envisagés deviennent supérieurs aux investissements mis en place pour réaliser cette action. La courbe permet d'identifier les leviers d'économies de CO₂ dans le sens où elle met en relation leur rentabilité (coût du MWh économisé par action) et leur gisement.



Expérimentation sur le territoire du Pays de Lorient

Sur la Figure 31, les actions les plus rentables sont les premières en partant de la gauche et apparaissent comme étant les actions de changement des chaudières à fioul par des chaudières à gaz dans les maisons construites entre 1949 et 1974. Si on ne décide de prendre que les actions rentables, on gagnerait 3,4 millions d'euros (investissement et gain sur la facture compris) et on économiserait 64GWh.

Il convient de noter que l'obtention de ces courbes est à la fois dépendante :

- Du **territoire**, les formes urbaines, donc les gisements et opportunités, n'étant pas les mêmes d'un territoire à l'autre.

- Du **cadre d'évaluation technico-économique** choisi. Ce cadre est en particulier déterminé par :
 - les prix des énergies retenus (actuels ou projetés),
 - le taux d'actualisation,
 - les normes de comptabilité CO₂ utilisées.

(4) Sélectionner de façon optimale les actions : le système expert d'aide à la décision

À partir de ces courbes de leviers, il est possible de sélectionner les actions qui permettent d'atteindre un objectif de manière optimale, en s'appuyant par exemple sur un système expert.

Le système expert a pour objectif de sélectionner les actions les plus intéressantes pour un territoire au regard d'un critère de classement donné et permettant de remplir des objectifs donnés.

L'utilisateur choisit un **critère de classement des actions**, et définit **des objectifs énergie-climat et économiques** à remplir. Le système expert va alors calculer le critère choisi pour chacune des actions envisagées, classer ces actions de la plus intéressante à la moins intéressante au regard du critère sélectionné, et enfin choisir les actions. L'algorithme s'arrête une fois les objectifs atteints.



Eviter la double comptabilité

Dans l'exercice de sélection des actions, il faut prendre garde à ne pas appliquer des actions non compatibles entre elles. Il n'y aurait en effet pas de sens à proposer à un logement donné de passer à une chaudière à condensation et à une pompe à chaleur, alors même que ces deux actions distinctes sont à considérer dans la courbe de levier, afin de comparer leurs intérêts respectifs.

À titre d'exemple, les objectifs énergie-climat et économiques à considérer peuvent être les suivants :

- Réduction totale des émissions de gaz à effet de serre
- Réduction de la consommation en énergie finale, primaire et/ou utile
- Part de renouvelable
- Maximum d'investissement
- Réduction de la consommation en énergie d'origine fossile
- Nombre de logements touchés par les actions
- ...

On peut ainsi définir l'ensemble d'actions et de cibles qui permettent d'atteindre au mieux un ou plusieurs objectifs.

(5) Modalités d'utilisations de la courbe de levier et du système expert

Courbes de leviers et systèmes experts permettent d'appuyer la prise de décision collective autour de la question de la maîtrise de nos ressources et de nos émissions.

Cette représentation ambitionne d'offrir un outil de pilotage pratique à disposition des collectivités et mettant en cohérence les intérêts économiques et règlementaires dans la réduction de nos consommations et de nos émissions à l'échelle territoriale.

Ils peuvent être utilisés dans les documents règlementaires de type PCAET ou SCoT afin **d'identifier les leviers locaux les plus pertinents pour maîtriser la demande**. Si l'agglomération est engagée dans une démarche Cit'ergie, TEPOS ou TEPCV, alors elle peut également utiliser cet outil pour l'aider dans la définition d'actions de court et de long terme pour répondre aux objectifs environnementaux et financiers qu'elle s'est fixés.

Ils permettent également **de définir et de chiffrer des programmes de réhabilitation** dans les documents d'urbanismes à mettre en place pour respecter les objectifs règlementaires et environnementaux que se fixe le territoire.

D'un point de vue financier, et sous réserve d'adaptation des hypothèses et des données de coûts aux territoires correspondants, cet outil permet également **de chiffrer précisément les scénarios de politiques publiques engagées d'en faciliter leur traduction opérationnelle** lors de démarche d'élaboration de schéma directeur de l'énergie par exemple.

b) A l'échelle de l'agglomération : mesurer l'impact du développement urbain sur les opportunités de réseaux énergétiques

Afin de déterminer l'impact du développement urbain sur les opportunités de développement de réseau énergétique, les **indicateurs de densité énergétique** et **leur cartographie associée** permettent d'identifier clairement les zones à investiguer plus en détail pour le développement des réseaux de distribution.

Cette cartographie permet de déterminer **quelles seraient les zones les plus intéressantes à densifier** étant données les opportunités de développement d'un réseau énergétique, et inversement **quels impacts sur la rentabilité du réseau ont les décisions urbaines**.

E

Expérimentation sur le territoire du Pays de Lorient

Dans le cadre de l'expérimentation, nous avons choisi de développer un indicateur de densité thermique de consommation raccordable et raccordée au chauffage urbain ainsi qu'une cartographie associée. La consommation raccordable est évaluée à partir du diagnostic de consommation, et un modèle statistique prédit la longueur de réseau nécessaire à partir des données de consommation et de structure urbaine.

*Ainsi sur la **Figure 32** on observe – dans le cadre de l'expérimentation – la densité thermique de consommation raccordable au chauffage urbain en 2030 sur le territoire du Pays de Lorient. Les résultats sont présentés dans l'outil Artelys Crystal City.*

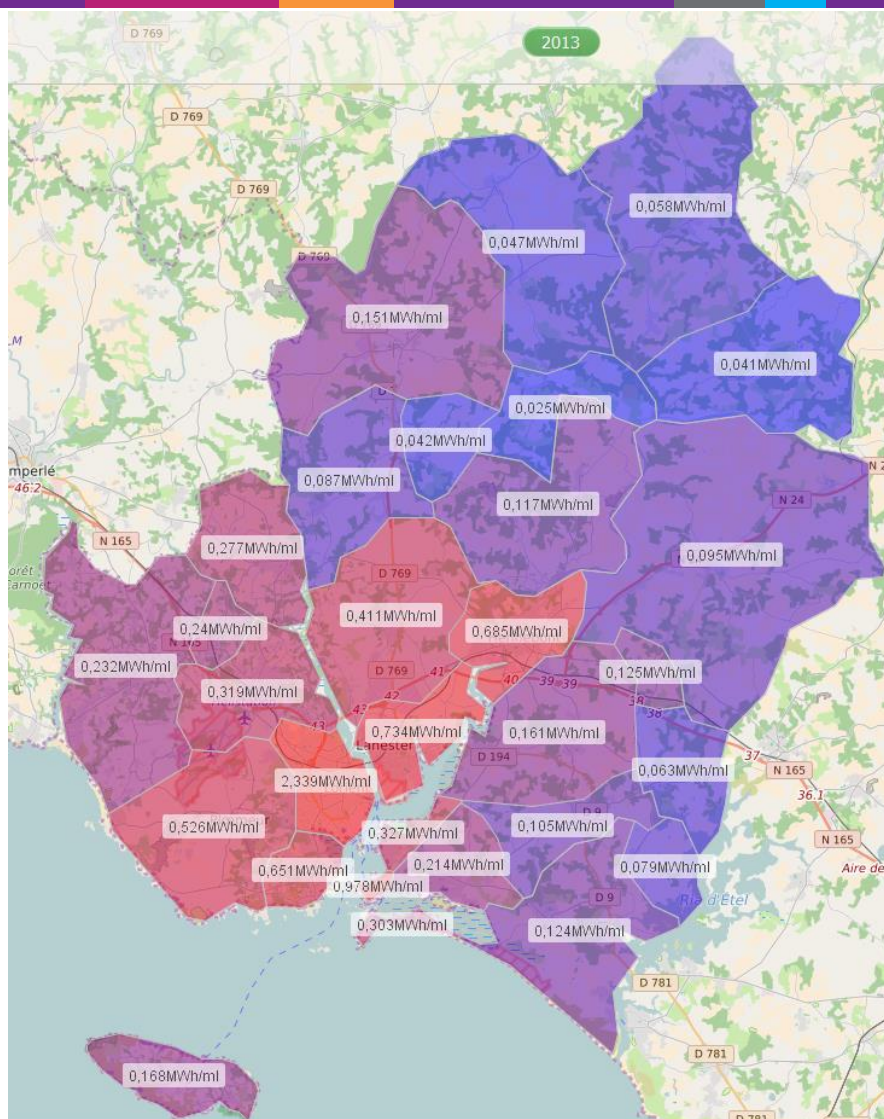


Figure 32 : cartographie de densité thermique de consommation raccordable au réseau de chaleur au Pays de Lorient



Comment lire la carte d'opportunités de développement de réseaux ?

On compare la densité thermique linéaire de consommation sur le réseau à des seuils de rentabilité issus de la littérature ou bien de l'expérience.

Ici dans notre cas réseaux de chaleur, on peut prendre des seuils de rentabilité indiqués par l'ADEME et l'étude du SRCAE Île de France réalisée en 2011 par la DREAL :

→ si la densité est inférieure à 1,5MWh/ml, alors le réseau n'est pas considéré comme rentable. C'est le seuil minimal requis pour l'obtention de subventions auprès du Fonds Chaleur,

→ si la densité est comprise entre 1,5 MWh/ml et 4,5 MWh/ml, la rentabilité du réseau de chaleur est considérée comme moyenne,

→ si la densité dépasse les 4,5 MWh/ml de réseau de chaleur, on a une bonne rentabilité du réseau de chaleur.



Les experts ont trouvé très intéressant le fait d'aborder la question de la capacité d'un tissu à accueillir un réseau de chaleur urbain et de positionner ces opportunités dans une logique globale.

Retour du comité d'expert le 11 octobre 2016, Paris



Afin de rendre le résultat plus opérationnel, il serait intéressant de chercher à établir une articulation entre l'échelle globale des opportunités présentées ici à l'échelle de la commune et des informations plus ponctuelles d'opportunités de développement (par exemple construction d'une ZAC, grosse consommation industrielle, ou encore présence d'un équipement communal).

Retour du comité d'expert le 11 octobre 2016, Paris

L'échelle d'analyse est déterminante ici dans la finesse d'estimation des opportunités : à la maille communale, on pourra déterminer les secteurs à étudier en priorité pour la densification et le développement de réseau, mais ce ne sera pas suffisant pour pouvoir en tirer des conclusions concrètes. À la maille IRIS, l'analyse est déjà plus opérationnelle et permet de cibler un quartier, un ensemble restreint de bâtiments où le développement de réseau est intéressant.

(1) Etablir un modèle statistique de prévision de la longueur de réseau nécessaire

Estimer la densité de consommation sur un réseau potentiel nécessite d'estimer quelle serait la longueur de ce réseau. Dans le cadre du projet ISEUT, un **modèle statistique d'estimation des longueurs de réseaux** de chaleur a été calibré sur les données, publiques, disponibles pour l'Île de France.

S'il est possible d'utiliser directement ce modèle pour sa collectivité territoriale, les estimations obtenues ne seront pas de si bonne qualité que dans le cas où un modèle spécifique est calibré sur les données du territoire. Ainsi, si le territoire a des données suffisantes pour construire un modèle statistique d'estimation du linéaire de réseau, le mieux est d'exploiter les données locales à disposition.

Les données locales à collecter, si disponibles, sont les suivantes :

- **Tracé des réseaux** (ou à minima longueur de réseau par zones IRIS ou communale) (ml)
- **Consommation raccordée** par zone IRIS ou communale (MWh/an)
- **Identification des zones** IRIS ou communales desservies par le réseau.



Dans le cadre de l'expérimentation, nous n'avons pas accès aux données sur les réseaux de chaleur existants. Nous avons donc rassemblé des données open source de la région Île de France, concernant une centaine de réseaux de chaleur, et nous permettant de construire le modèle statistique d'estimation de linéaire de réseau de chaleur.

À partir de ces bases de données, nous avons calibré un modèle statistique de prévision de la longueur de réseau de chaleur étant données la compacité et la densité des bâtiments dans une zone et de la consommation en chauffage urbain raccordée. Ces deux paramètres ont été déterminés comme les plus pertinents pour l'estimation du linéaire de réseau de chaleur.

(2) Estimer la consommation raccordable

Afin d'exploiter le modèle statistique et pouvoir prédire la longueur de réseau nécessaire pour satisfaire la demande estimée, il est nécessaire d'assembler les données précisées dans le tableau ci-dessous.

Base de données	Responsable, année	Secteur, Echelle	Contenu
PLU/SCoT	Agglomération, mise à jour au moment de la rédaction des documents PLU/SCoT	Résidentiel et Tertiaire, maille IRIS	Projection de surfaces de logements et d'activité par zone à 2030
OpenStreetMap	Communauté d'OpenStreetMap, 2016	Résidentiel et Activité, maille bâtiment	Shapefile des contours de bâtiments et de linéaires de voiries.

Avec les données issues du diagnostic des consommations, ces données permettent d'appliquer le modèle statistique et de prédire la longueur de réseau de distribution énergétique nécessaire.

On peut notamment compléter ces éléments par la prise en compte :

- De conditions de raccordabilité fonction du vecteur de chauffage initial
- De ratios d'atteignabilité
- De rythme de renouvellement des systèmes de chauffage existants

(3) Calculer la densité thermique de consommation de réseau et la visualiser.

On calcule le rapport entre la consommation et le linéaire de réseau de chaleur prédit par le modèle, ce qui nous donne une estimation de la densité potentielle de consommation par zone.

On peut ensuite représenter cette densité de consommation de façon cartographique simplement, par exemple en utilisant l'outil Artelys Crystal City.

(4) Modalités d'utilisations de la carte de densité de consommation

Les indicateurs et cartographies peuvent ainsi être utilisés dans les documents d'urbanisme par exemple afin de :

- Identifier les zones de polarité du territoire ;
- Identifier les zones à privilégier pour la densification urbaine dans le PLU pour augmenter la rentabilité d'un réseau énergétique et maximiser son rendement.

Et inversement, ils peuvent être utilisés dans les documents énergétiques de type PCAET, cette cartographie permet :

- D'évaluer l'intérêt du classement d'un réseau de chaleur.
- D'évaluer l'impact de la densification d'une zone PLU sur la rentabilité du réseau.

E. ETAPE 3 : ÉLABORATION D'UN SUIVI ET D'UNE ÉVALUATION DES STRATÉGIES

1. APPROCHE GENERALE DU SUIVI ET DE L'ÉVALUATION DES STRATÉGIES

a) Objectifs et parti-pris de la méthodologie

Les stratégies élaborées avec la méthodologie ISEUT lors de l'étape décrite au chapitre D-ETAPE 2 : ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE INTÉGRÉE, p44 constituent un projet territorial visant à atténuer les effets du changement climatique et à adapter le territoire à ces changements. Le suivi et l'évaluation de ces stratégies a pour but :

- De **donner du sens à la démarche** en justifiant à court terme la mise en place des actions, leur intérêt et leur impact. (Objectif n°1)
- De **piloter la mise en place des stratégies** en adoptant une méthode d'amélioration continue. (Objectif n°2)
- De **mesurer les effets des programmes d'actions engagés**. Cette phase nécessite du recul et du temps et porte sur les impacts stratégiques des actions. (Objectif n°3)

Dans cette méthodologie, conformément à l'ensemble du projet ISEUT, nous nous concentrons sur les secteurs résidentiel et tertiaire car ils concentrent l'essentiel des consommations et des émissions de gaz à effet de serre. On pourrait imaginer réaliser la même approche avec les secteurs Industriel et Patrimoine : il faudrait alors rassembler les données nécessaires à la caractérisation des actions sur ces secteurs. Côté production, on prend en compte tous les projets éventuels.

b) Distinction suivi, évaluation in-itinere, évaluation-ex-ante

La démarche de suivi et d'évaluation se décompose en trois phases :

- **Suivi** : le suivi sert à justifier à court terme, chaque année, de la mise en place des stratégies (correspond à l'objectif n°1)
- **Evaluation in-itinere** : d'une périodicité d'environ 3 ans, cette phase de la démarche permet de piloter les stratégies mises en place dans une démarche itérative d'amélioration. (correspond à l'objectif n°2)
- **Evaluation ex-ante** : d'une périodicité d'environ 6 ans, elle permet de mesurer les impacts du programme d'action mis en place par la collectivité. (correspond à l'objectif n°3)

À chaque phase de la démarche (suivi annuel, évaluation in-itinere, évaluation ex-ante) l'analyse s'effectue à deux échelles :

- à l'échelle de l'action spécifique (par exemple, mise en place d'un programme de rénovation des copropriétés construites avant 1948 se chauffant au gaz naturel), on définit ainsi des **indicateurs d'action**. Cela se matérialise par exemple par le nombre de logements rénovés/touchés par l'action, ou bien directement la mesure de l'investissement réalisé pour cette action.
- À l'échelle du territoire, on définit des **indicateurs d'état des lieux**. Ces indicateurs sont calculés à un niveau plus agrégé que celui des indicateurs précédents. On peut par exemple suivre la consommation globale du territoire en gaz naturel ou bien en électricité pour les secteurs Résidentiel, Tertiaire et Industrie dans leur ensemble. Ces indicateurs sont calculés à partir des projections des indicateurs d'action sur le modèle de consommation actuel du

territoire. Ils nécessitent donc des étapes de modélisation intermédiaire et l'utilisation d'outil de simulation du type d'Artelys Crystal City ©.

La combinaison de ces trois phases de démarche avec les deux échelles d'analyse est représentée dans le Tableau 4.

- **Lors de la phase de suivi**, on calcule des indicateurs d'action à partir des données d'action qui ont été mises en place puis on projette leur impact sur le modèle de consommation initial. On peut alors calculer des indicateurs d'état des lieux et comparer les projections des consommations en tenant compte des projets avec les objectifs que s'est fixé la collectivité au moment de l'élaboration de ses stratégies.
- **Lors de la phase d'évaluation in-itinere**, on calcule les indicateurs d'action, on projette les actions sur le diagnostic initial et on calcule les indicateurs d'état des lieux résultants. De manière complémentaire, des données réelles sont collectées à un niveau relativement agrégé afin de comparer l'évolution des valeurs réelles prises par les indicateurs d'état des lieux à leurs valeurs théoriques issues de la mise en place des actions, et aux objectifs de la collectivité.
- **Lors de la phase d'évaluation ex-ante**, on met à jour le diagnostic, ce qui donne accès à des indicateurs détaillés à l'échelle la plus fine du modèle de consommation. On peut ainsi comparer les objectifs de la collectivité, la projection de la consommation estimée grâce aux données de projet, les données réelles de consommation et celles du nouveau diagnostic. Ce niveau de détail permet d'initier une analyse fine des actions et une nouvelle phase de scénarisation.

Tableau 4 : Utilisation des indicateurs dans les différentes phases de la démarche

	Indicateur d'action	Indicateur d'état des lieux
Suivi	X	X (projection)
Evaluation In-itinere	X	X (projection et résultats agrégés)
Evaluation Ex-ante	X	X (résultats détaillés)

Les planifications énergétiques et urbaines ont généralement mis en place une structure et des outils de suivi pour leurs documents règlementaires de type SCoT, PLU/PLH ou PCAET. C'est même devenu une obligation pour les PCAET d'après le décret n° 2016-849 du 28 juin 2016 de la LTE-CV. La méthodologie de réalisation du suivi et de l'évaluation des actions mises en place présentée ici a donc pour vocation à s'intégrer au maximum au processus existants, et à accompagner la création de ce processus le cas échéant.

La démarche proposée est résumée sur le schéma ci-dessous.

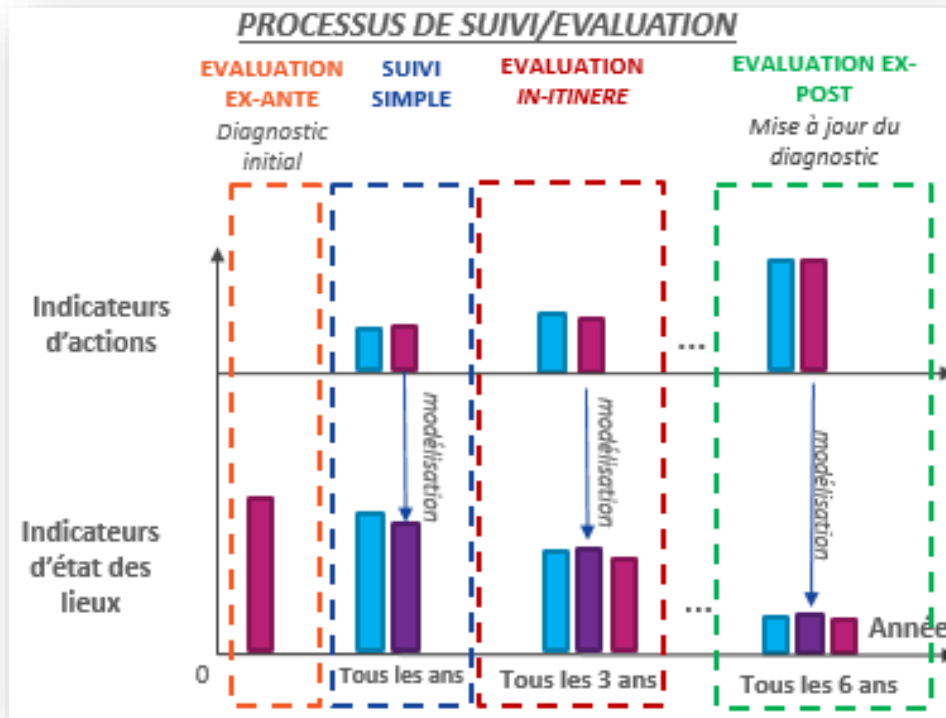


Figure 33: Processus de suivi/évaluation proposé dans la méthodologie ISEUT

c) Les livrables de la méthodologie

Les livrables de l'étape de suivi peuvent prendre la forme suivante :

- Des **indicateurs d'action et des indicateurs d'état des lieux** qui permettent, à différentes phases de la démarche de suivi et d'évaluation stratégique, de suivre ou d'évaluer en détail les différentes thématiques du territoire.
- Un **tableau de bord avec ces indicateurs** qui permet d'avoir une vision globale de tous les résultats, quelle que soit la phase de la démarche, et de les mettre en perspective par rapport aux objectifs territoriaux.

Des exemples de visualisation d'indicateurs d'action sont présentés sur la Figure 34.

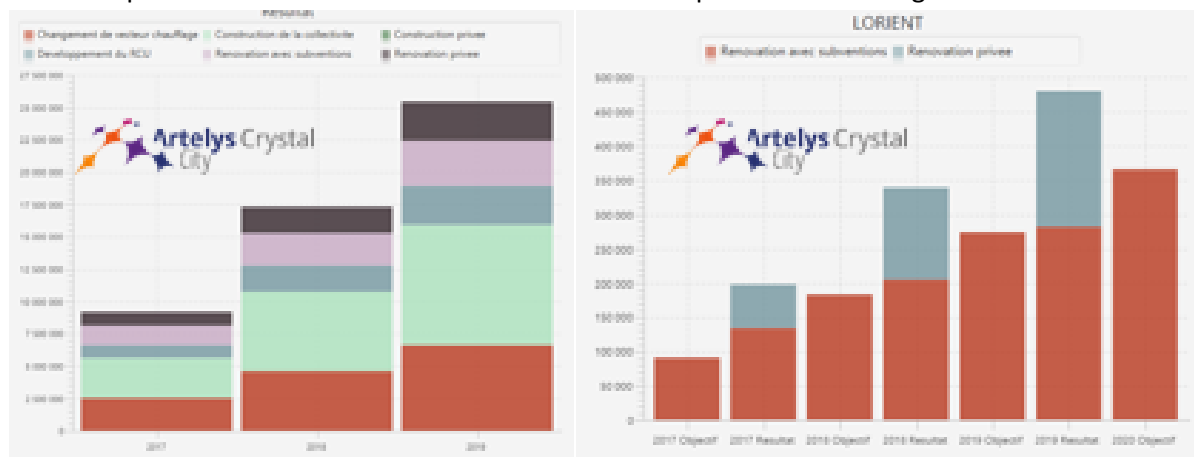


Figure 34 : Suivi des investissements de la collectivité (€) à gauche et suivi des rénovations (m²) à droite

d) Gouvernance

La méthodologie de suivi et d'évaluation, on le rappelle ici, a pour vocation à s'intégrer au maximum dans les modes de faire déjà existants pour le suivi des documents règlementaires de type SCoT, PCAET, PLU/PLH.

Les objectifs de ce système de suivi et d'évaluation du point de vue humain sont de :

- Permettre **l'acculturation des différentes parties prenantes** à la démarche.
- Permettre le **dialogue entre les services techniques** urbanistes et énergétiques, et entre le territoire et ses voisins.
- **Aider à mettre en place un système commun** d'indicateurs pour le suivi et l'évaluation des stratégies.

Le suivi et l'évaluation peuvent être pilotés autour d'un **chef de projet** responsable du programme et d'un **comité de suivi** permanent.

La composition de ce comité de suivi peut comprendre :

- un ou plusieurs élus référents,
- les représentants des services intéressés de la collectivité,
- des représentants de la région,
- des représentants des territoires voisins, et
- d'autres acteurs représentatifs de l'activité énergétique et urbaine territoriale.

À l'issue de la phase de réalisation du suivi, la collectivité peut :

- Publier le **tableau de bord des indicateurs** d'action et d'état des lieux.
- Préparer un **comité de suivi périodique** et y présenter ce tableau de bord. C'est aussi l'occasion de faire le point sur les données à disposition du territoire et de compléter éventuellement les sources de données identifiées en amont de la démarche de suivi et d'évaluation présentée ici.
- Rédiger un **rapport présentant le bilan et l'interprétation des résultats** de ce tableau de bord, incluant les remarques faites lors du comité de suivi.

L'évaluation peut être menée de la même manière par le chef de projet, en lien avec le comité d'évaluation.

2. METHODOLOGIE DE SUIVI ET D'ÉVALUATION

a) Les étapes de construction du suivi et de l'évaluation

Ci-dessous sont décrites les différentes étapes que l'utilisateur peut réaliser dans l'ordre pour effectuer le suivi et l'évaluation des stratégies mises en place.

1. **Renseigner les objectifs du territoire** par exemple en termes de réduction de consommation, de réduction des émissions et de production renouvelable dans le système d'intégration prévu à cet effet. Cette première étape peut typiquement être réalisée à l'issue de la phase d'élaboration des stratégies.
2. **Chaque année, lors de la phase de suivi :**

- a. **Collecter les données des actions réalisées sur le territoire.** Ce sont par exemple des données de construction en m² de nouveaux logements ou bien des données de subvention de rénovations.
 - b. **Calculer les indicateurs d’actions réalisées sur le territoire,** par exemple à l’aide d’un outil de calcul type Artelys Crystal City©
 - c. **Calculer les indicateurs d’état des lieux.** On les calcule dans un deuxième temps car ils ont besoin des résultats des indicateurs d’action pour être calculés (ex : projection des consommations et des productions). Le calcul de ces indicateurs nécessite des modélisations intermédiaires. On préférera utiliser des modélisations homogènes à celle utilisées lors de l’état des lieux et de l’élaboration des stratégies. Des outils de simulation comme Artelys Crystal City© peuvent assister cette étape.
 - d. On peut alors **visualiser les indicateurs** un à un et suivre leur évolution d’année en année. Ci-dessous un exemple du suivi des investissements de la collectivité (**indicateur d’action**) et de la consommation en énergie finale des immeubles construits entre 1949 et 1974 à Lorient (**indicateur d’état des lieux**) calculé grâce à la projection des actions réalisées sur le diagnostic du territoire. On peut compiler les différentes vues des indicateurs dans un **tableau de bord** et faire ainsi la synthèse de ce qui s’est passé année après année sur le territoire.
3. Tous les trois ans, on effectue une **évaluation in-itinere des stratégies** mises en place. Pour cela, il faut :
- a. **Collecter les données d’évaluation du territoire.** Ce sont par exemple des données fournies par les concessionnaires de réseaux de distribution d’énergie comme Enedis ou GrDF.
 - b. Collecter aussi les données des actions réalisées sur le territoire.
 - c. Calculer les indicateurs d’action.
 - d. Calculer les indicateurs d’état des lieux.
 - e. **On peut alors visualiser les données à la fois du suivi, de l’évaluation et des objectifs** des différents indicateurs. On peut compiler les visuels de ces indicateurs sous la forme d’un tableau de bord et d’un rapport synthétique, permettant ainsi de mettre en perspective les stratégies qui ont été mises en place sur le territoire et de les corriger si besoin.

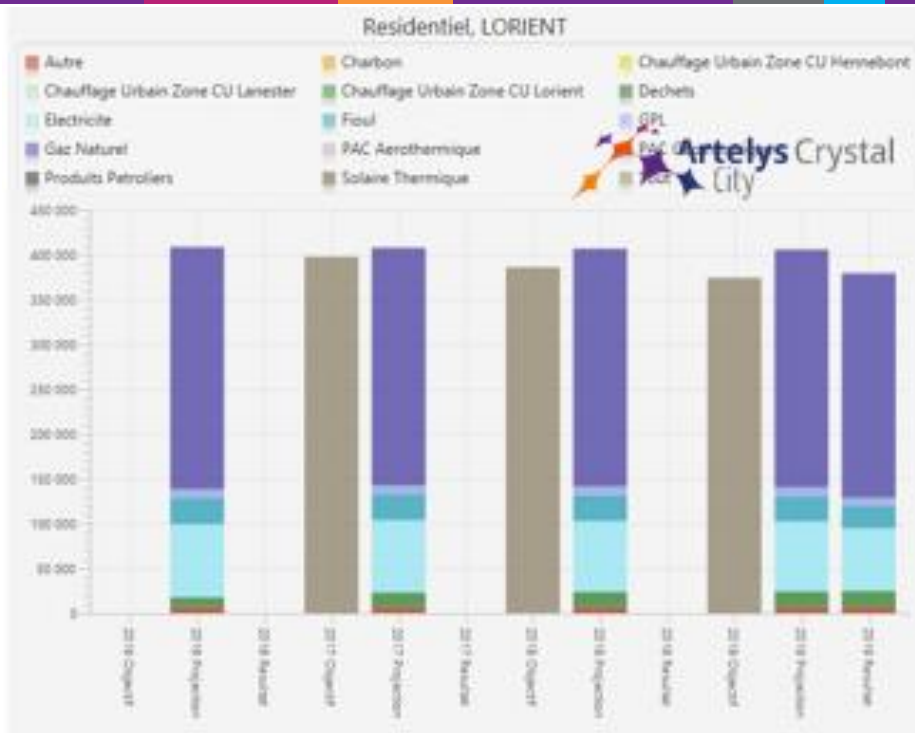


Figure 35 : Suivi/évaluation/objectifs pour la consommation en énergie finale (MWh)



Figure 36 : Part du renouvelable dans la consommation suivant la démarche suivi/évaluation/objectif (expérimentation sur le territoire du pays de Lorient)

4. **Tous les six ans, on effectue une évaluation ex-ante.** On refait alors un état des lieux du territoire en reprenant la méthodologie décrite à l'étape 1 (paragraphe C-ETAPE 1 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT DES LIEUX DU TERRITOIRE, p33).

b) Liste des indicateurs et tableau de bord

On propose ici une liste d'indicateurs d'action ainsi que leur indices (niveau de finesse auquel l'information est collectée) :

Indicateurs	Unité	Indices
Suivi des rénovations	m2	Année/Zone/Typologie/Vecteur de chauffage/Type de rénovation (subventionnée/non-subventionnée)/Projet
Suivi des constructions sur le territoire	m2	Année/Zone/Typologie/Vecteur de chauffage/Type de construction (privée/publique/etc.)/Projet
Suivi des changements de vecteur chauffage	m2	Année/Zone/Typologie/Vecteur de chauffage initial/Vecteur de chauffage final/Projet
Suivi des investissements de la collectivité	€/an	Année/Zone/Type d'investissement/Typologie/Vecteur de chauffage initial/Vecteur de chauffage final/Projet
Capacité de production ENR installée	kW	Année/Zone/Type de producteur/Projet

On propose ici une liste d'indicateurs d'état des lieux ainsi que leur indices (niveau de finesse auquel l'information est collectée) :

Indicateurs	Unité	Indices
Suivi de la consommation en énergie finale	m2	Année/Zone/Energie finale/Energie utile (uniquement en projection)/Typologie
Suivi de la consommation en énergie primaire	m2	Année/Zone/Energie finale/Energie utile (uniquement en projection)/Typologie
Suivi des émissions de GES/NOx/TSP de la consommation (3 indicateurs)	m2	Année/Zone/Energie finale/Energie utile (uniquement en projection)/Typologie
Suivi de la production locale	MWh	Année/Zone/Type de producteur/Energie finale
Part du renouvelable dans la consommation	MWh et %	Année/Zone/Type de producteur (détaillé pour les productions renouvelables locales, « Non renouvelable » sinon)/Energie finale



Le système d'intégration des données de suivi et d'évaluation du territoire

Le système d'intégration des données conçu dans le cadre du projet ISEUT et adapté à l'outil de modélisation Artelys Crystal City © est constitué d'un jeu de fichier au format .csv rempli par l'utilisateur à chacune des phases de la démarche (objectifs, suivi, évaluation) et pour

chacune des thématiques choisie (projet, consommation, production, émissions, facture, investissement).

Ces fichiers sont ensuite lus par l'outil Artelys Crystal City© pour le calcul des indicateurs d'action et des indicateurs d'état des lieux.

Le système d'intégration des données est construit selon la logique des objectifs réglementaires. Il reprend donc les 3x20 (consommations, émissions, part EnR), à l'instar des documents réglementaires (LTE-CV, SRCAE, SRADDET,..).

c) Les sources de données et les données nécessaires

La liste des données à disposition du territoire pour l'état des lieux mérite d'être complétée pour effectuer le suivi et l'évaluation des stratégies mises en place sur le territoire par des données complémentaires.

(1) Données nationales

Les données suivantes utilisées dans la méthodologie de suivi proposée sont disponibles en ligne à l'échelle nationale et mises à jour au minimum annuellement.

Tableau 5 : Données nationales complémentaires pour le suivi

Base de données	Responsable	Contenu	Lien
DPE	ADEME	Code postal, type de logement (maison/appartement), année de construction, surface habitable, consommation de chauffage, méthode de diagnostic, vecteur de chauffage, consommation en énergie finale, année du diagnostic des logements ayant effectué un diagnostic énergétique depuis 2013.	Lien vers la base de données DPE
Label « éco-quartier »	Ministère du logement et de l'habitat durable	Dossiers de presse annuels (depuis 2013) des campagnes de labellisation « éco-quartier ». Liste des nouveaux quartiers diplômés « éco-quartiers » et « engagés dans la labellisation »	Lien vers la page gouvernementale des éco-quartiers (dossier de presse en page 2)
Contenu CO2 des réseaux de chaleur et de froid	CEREMA	Contenu CO2 des réseaux de chaleur et de froid de France mis à jour annuellement	Lien vers la base de donnée CEREMA

(2) Données des collectivités

Les données suivantes sont internes aux collectivités et doivent donc être récupérées auprès des services compétents.

Tableau 6 : Données des collectivités complémentaires pour le suivi

Base de données	Interlocuteur	Contenu
Subventions de la collectivité pour la rénovation énergétique	Service d'attribution des subventions pour la rénovation énergétique ou service Energie	Nombre de logements bénéficiant de subventions et montants correspondant ou montant annuel total des subventions allouées
Constructions résidentielles sur le territoire	Service en charge du suivi du PLU/PLH ou du SCoT ou service Logement	Commune, type de logement (individuel/collectif) et surface par logement des constructions neuve
Données énergétiques du patrimoine bâti	Service du patrimoine	Etiquettes DPE climat et énergie et consommation énergétique du patrimoine bâti, superficie/puissance des panneaux solaires sur les toitures de bâtiments publics
Historique de valorisation des CEE par la collectivité	Service en charge	Liste des reventes de CEE de la collectivité
Contrat du fournisseur d'électricité de la collectivité	Service en charge	Caractéristique du mix électrique utilisé par la collectivité (part d'électricité à haute valeur environnementale)
Bilan sur les réseaux des observatoires régionaux	Données publiques ou accessibles par les services en charge des réseaux	Données de consommation de RCU des communes

(3) Données externes

Finalement, les dernières données à récupérer doivent être demandées à des organismes externes à la collectivité.

Tableau 7 : Données externes complémentaires pour le suivi

Base de données	Interlocuteur	Contenu
Historique des rénovations des logements sociaux	Bailleurs sociaux	Nombre de logements sociaux rénovés et année de rénovation

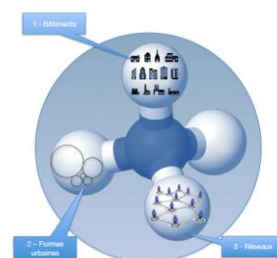
CONCLUSION / SYNTHÈSE

Le projet ISEUT a été développé par un consortium pluridisciplinaire entre janvier 2015 et février 2017. Il s'inscrit dans l'APR MODEVAL URBA de l'ADEME, et vise à l'élaboration d'une **méthodologie de planification territoriale pour construire, conjointement, les documents de planification urbaine (SCOT et PLUi) et les politiques énergies climat (PCAET)**. Cette méthodologie s'appuie à la fois sur :

- L'expérimentation du SCOT de Pays de Lorient et du PLU de la ville de Lorient,
- le développement d'un outil de modélisation, Artelys Crystal City© par la société Artelys qui pilote le projet,
- d'autres apports méthodologiques de la part des partenaires du consortium : le cabinet d'urbanisme EAU (Économie Aménagement Urbanisme), Audélor (Agence d'urbanisme et de développement économique du Pays de Lorient) et l'association HESPUL.

Méthodologie développée :

La méthodologie d'ISEUT s'appuie sur le constat que l'interaction entre systèmes urbain et énergétique s'opère à 3 niveaux d'échelle : Les bâtiments, les formes urbaines et les réseaux.



Le parti-pris est double :

- ne pas traiter les questions de mobilité, bien qu'impactantes énergétiquement, car déjà étudiées par ailleurs,
- privilégier l'**analyse par les formes urbaines**, notion phare en matière d'urbanisme, mais peu abordée d'un point de vue énergétique, contrairement aux bâtiments et aux réseaux.

En s'appuyant sur le développement de prototypes de modèles et de l'outil Artelys Crystal City© et sur les études du SCOT du Pays de Lorient, l'objectif est de déterminer une typologie générique de formes urbaines sur un territoire donné, d'en caractériser le profil énergétique (consommations, potentiels MDE²¹ et EnR) de proposer des plans d'actions en faveur de la planification énergétique, et d'en assurer le suivi et l'évaluation dans le temps.

Cette méthodologie nécessite une phase préalable d'élaboration d'état des lieux énergétique, détaillée dans l'étape 1, en s'appuyant sur les données accessibles pour toutes les collectivités aux petites et moyennes collectivités, public cible d'ISEUT.

Il est rappelé dans les deux premières parties du présent guide comment les enjeux de l'urbanisme et de l'énergie étaient imbriqués et que les évolutions récentes des documents de planification (SCOT, PLUi, PCAET) permettent de mieux les articuler et – surtout – de structurer et co-construire une vision planifiée de la transition énergétique territoriale, laquelle doit nécessairement s'appuyer sur



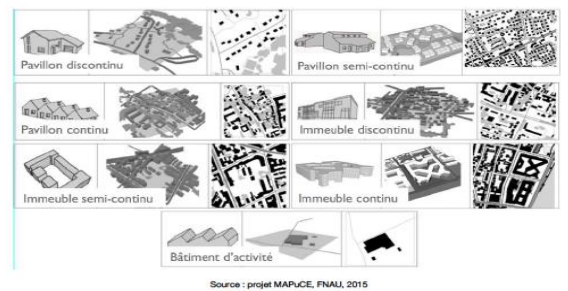
²¹ MDE : Maîtrise de l'Énergie

trois leviers : les **gisements**, les **besoins** et les **réseaux de distribution**. Ces trois leviers permettent de dépasser le schisme historique de la planification urbaine entre la construction neuve et la rénovation du parc ancien, qui est un enjeu fondamental des politiques énergétiques territoriales du fait de la prépondérance de l’empreinte énergétique du parc existant.

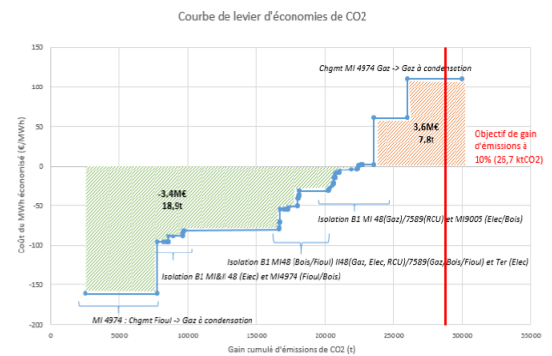
Principales conclusions d’ISEUT :

Compte-tenu du niveau d’informations énergétiques disponibles et de l’analyse du cas de Lorient, il ressort du projet ISEUT les principales conclusions suivantes, adressées au petites et moyennes collectivités :

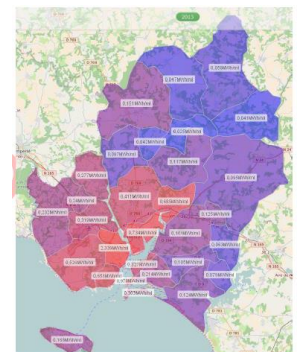
- **l’approche par les formes urbaines ne permettait pas**, à ce stade de disponibilités des données, **de diagnostiquer un profil énergétique**. Celui-ci reste déterminé à l’échelle du bâtiment (typologie – individuel ou collectif - et année de construction). La généralisation des données de consommations à l’échelle du bâtiment pourrait constituer une opportunité de recherche pour améliorer les modélisations énergétiques par formes urbaines.



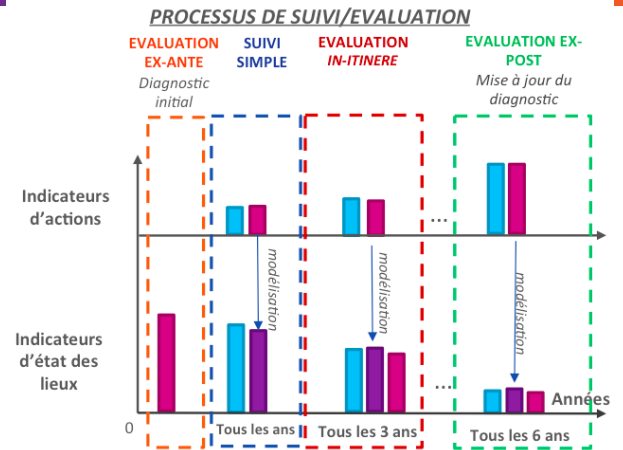
- Cependant, une fois reconstitué l’état des lieux énergétique territorial, il est possible de procéder à **l’analyse comparée de programmes d’actions d’efficacité énergétique à l’échelle du bâti**, en déterminant une **scénarisation territoriale** en fonction d’indicateurs économiques et de contraintes règlementaires énergie-climat. Ainsi, il est possible d’élaborer un système d’aide à la décision, visant à adapter la stratégie énergétique aux formes urbaines (adaptations des objectifs et des bouquets d’actions à appliquer) et comparant les implications économiques.



- L’utilisation de **cartes de densité de consommation énergétiques** (à l’instar de la chaleur urbaine), peut servir à identifier les opportunités de développement des réseaux de distribution énergétiques et mesurer l’impact du développement urbain sur les opportunités des réseaux. Ces informations sont de nature à structurer les choix d’aménagement et de développement des zones urbaines dans les SCOT et les PLUi



- Une **procédure de suivi et d'évaluation périodique**, applicable par les collectivités pour leur planification énergétiques (transcrites à travers leurs SCOT, PCAET ou PLU), qui dissocie les phases de diagnostic initial *ex-ante*, de suivi annuel, d'évaluation tri-annuelles *in-itinere* et d'évaluation finale *ex-post* (tenant lieu de diagnostic pour la révision des documents)




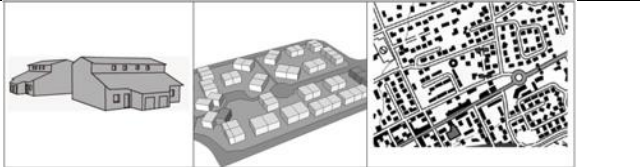
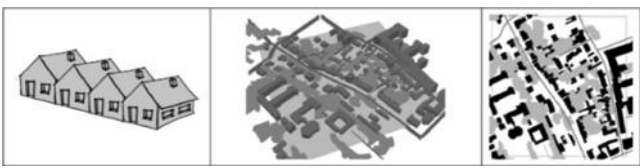
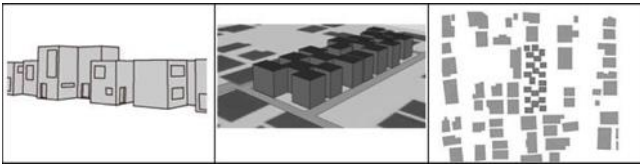

ANNEXES

A. ANNEXE 1 : RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

n°	Titre	Nature	Auteur Année	Liens
1	Prise en compte de l'énergie dans les projets d'aménagement : de l'urbanisme de planification aux projets opérationnels	Guide de recommandations	Hespul 2014	http://www.hespul.org/guide-prise-en-compte-de-lenergie-dans-les-projets-damenagement-de-lurbanisme-de-planification-aux-projets-operationnels/
2	Urbanisme & Énergie: Les Enjeux Énergie-Climat dans les documents d'Urbanisme	Retour d'Expériences	ADEME & CAUE 63 2012	http://www.caue63.com/upload/fichiers/WS1343658277W50169925e1f9f0.pdf
3	Fiches Grenelle II / Énergie-Climat & Bâtiment-Urbanisme	Guide de recommandations	ETD / CERTU 2010	http://www.etd.asso.fr/index.php/Nos-publications/Fiches-decryptage-Grenelle
4	Planification énergétique « Facteur 4 » de l'agglomération Bordelaise	Retour d'Expériences	ALEC 33 AURBA 2010-14	http://www.aurba.org/Etudes/Themes/Environnement/Planification-energetique-facteur-4-de-l-agglomeration-bordelaise-seconde-phase
5	Plan Local d'Urbanisme & développement durable : un document pratique pour innover	Guide de recommandations	ARPE PACA 2012	http://www.ahren.asso.fr/publications/Guide_PLU/Guide_PLU.pdf
6	Cahier des Charges d'Elaboration d'un schéma directeur Réseau de Chaleur	Guide de recommandations	AMORCE 2009	http://www.amorce.asso.fr/fr/espace-adherents/publications/rdc/parties-prenantes/rct-30-elaboration-du-schema-directeur-dun-reseau-de-chaaleur/
7	Comment assurer la prise en compte de l'environnement dans le cadre d'une ZAC	Guide de recommandations	CETE Lyon 2009	http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etude_Envt_ZAC-2.pdf
8	Réseau de chaleur et outils de l'urbanisme, Panorama des interactions	Guide de recommandations	CETE Lyon CERTU 2011	http://www.ouest.cerema.fr/IMG/pdf/2011-02-15_reseaux_de_chaleur_et_outils_de_l_urbanisme_-_version_publicue_v1.pdf
9	PLU Facteur 4 de Brest Métropole	Retour d'Expérience	Brest Métropole	http://www.brest.fr/cadre-de-vie-deplacements/le-document-durbanisme/document-durbanisme-en-viqueur-plu-facteur-4.html

10	Réussir un projet d'urbanisme durable Méthode en 100 fiches pour une approche environnementale de l'urbanisme	Guide de recommandations	Groupe Moniteur ADEME 2006	Site ADEME
11	Etudes sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements –Rhône-Alpes, 2011	Études	CETE Ouest CETE Médit. CERTU DREAL RA	http://www.ouest.cerema.fr/IMG/pdf/111216_RAP-guide-etudes-enr-amenagement-L128-4-cu_v1.pdf
12	Repenser les villes dans la société post-carbone (REX de Tours, Mulhouse, Grenoble, Plaine de France, Lille, ...)	Études & Retours d'Expériences	ADEME 2013	http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/VPC_TOME2_CGDD.pdf
13	Guide de la Planification Énergétique Territoriale	Études & Retours d'Expériences	Projet REVE d'AVENIR	http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/guide_planification_energetique_territoriale.pdf
14	Smart Cities Initiative: How to Foster a Quick Transition towards Local Sustainable Energy Systems	Études & Retours d'Expériences	European Project THINK 2011	http://www.eui.eu/Projects/THINK/Documents/Thinktopic/THINKTOPIC2.pdf
15	The Amsterdam Guide to Energetic Urban Planning	Études	TU Delft 2011	http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3Afce6ea01-5fd1-42da-8c8f-bb92f955f036/
16	The Rotterdam Energy Approach and Planning (REAP) – Towards CO2 Neutral City Planning	Études	TU Delft 2009	http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1342044185050/8756911-1342044630817/V2Chap08.pdf
17	Planification et Facteur 4 Les dossiers FNAU n°33 Janvier 2015	Études & Retours d'Expériences	FNAU	http://www.fnau.org/file/news/FNAU%2033%20FACTEUR%204%20PDF%20DEF%20planches.pdf
18	Intégrer les questions énergétiques et la lutte contre le changement climatique dans les SCoT	Études & Retours d'Expériences	EtD Mai 2012	http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Nos-publications/Notes-d-Etd/Integrer-les-questions-energetiques-et-la-lutte-contre-le-changement-climatique-dans-les-SCoT

B. ANNEXE 2 : NOMENCLATURE DES FORMES URBAINE

Type de forme urbaine	Illustration	Composition	Situation	Densité	Etage
Pavillon discontinu		Maison individuelle 4 façades	Au centre de la parcelle	Densité très faible : < 5 lgt/ha	R+1/+2
Pavillon semi-continu		Maison jumelées	Dans lotissement	Densité faible : 20 - 40 lgt/ha	R+1/+2
Pavillon continu		Maison en bande, maison de ville ou maison mitoyenne sur 2 faces	Alignement sur rue	Densité moyenne : 40 à 70 lgt/ha	R+1/+2
Habitat intermédiaire		Mix entre log indiv et log collectif, accès individuel à l'espace extérieur privatif par chaque logement		Densité moyenne : 70 à 120 lgt/ha	R+1/+3
Immeuble discontinu		Bâtiments de type tertiaire ou logement collectif avec façades		Densité moyenne : 70 à 100 lgt/ha	R+1/+6

Immeuble semi continu				Ensemble de bâtiments de type tertiaire ou logement collectif	Correspond à la morphologie de l'îlot	Densité forte : #120lgt/ha	R+1/+6
Immeuble continu				Bâtiment de type tertiaire ou logement collectif	Îlot fermé	Densité forte : > 200 lgt/ha	R+1/+6
Immeuble de grande hauteur				Tours ; gratte-ciel, barres d'immeubles	Cœur d'îlot	Densité très forte : >100 lgt/ha	R+12 et +
Centre historique					Organisé autour de cours intérieurs (+ parfois à l'intérieur du périmètre des anciennes murailles)	Densité très forte : > 200lgt/ha	R+2/ 5
Bâtiment d'activité				Bâtiments industriels commerciaux ou agricoles		Faible densité	R+1/+3

Projet ISEUT – Synthèse de la méthodologie générale

C. ANNEXE 3 : PRESENTATION DE L'OUTIL CRYSTAL-CITY©

Développé dans le cadre du projet Européen CitInES²², *Artelys Crystal City©* propose, via la construction d'une vision d'ensemble du système énergétique local, un appui complet aux décideurs énergétiques locaux.

Artelys Crystal City© est à la fois :

- Un outil d'aide à la décision pour la construction de la stratégie énergétique locale ;
- Un outil de suivi et de pilotage de la mise en place de cette stratégie ;
- Un outil d'appui à la concertation avec les parties prenantes du système énergétique local.



Figure 37: un modèle multi-énergie de l'ensemble de la chaîne énergétique au pas de temps horaire avec Artelys Crystal City

Les sous-sections suivantes détaillent les différentes qualités qui font d'*Artelys Crystal City©* un outil de référence pour l'évaluation et le suivi des stratégies énergétiques locales :

- Efficacité et fiabilité des simulations numériques (voir §1.C.1 et §2)
- Représentation multi-énergie de l'ensemble de la chaîne énergétique, adaptée à l'analyse de modifications structurelles du système énergétique local (voir §2)
- Appui à la structuration des processus organisationnels, de la gouvernance et de la concertation (voir §1.C.1, §3 et §4)
- Simplicité d'utilisation et ergonomie de l'interface graphique (voir §5)
- Configuration, intégration au système informatique (voir §6)

Artelys Crystal City© a été développé par des experts en optimisation des systèmes énergétiques et en édition de logiciels.

²² www.Citines.com

1. Un outil basé sur les technologies Artelys Crystal

De l'expérience d'Artelys est née la plateforme logicielle *Artelys Crystal*, dédiée à l'optimisation de la gestion des actifs énergétiques (physiques ou financiers). *Artelys Crystal* est une plateforme **générique et paramétrable**, qui permet une représentation complète et spécifique de l'ensemble du système énergétique (parc de consommation, moyens de production et de transport, contrats d'approvisionnement et de vente, marché).

Artelys Crystal permet de décrire dans le détail la structure du système énergétique étudié et les particularités de ses actifs (rendements, plages de fonctionnement, coûts, etc.), permettant ainsi la représentation de comportements complexes de tout ou partie du système (stockage, smart grids, effacement, etc.). *Artelys Crystal* permet la représentation de tels systèmes à un **niveau de détail élevé** (pas de temps horaire, modélisation géographique fine, etc.), autorisant ainsi une analyse à la fois globale et fine du système.

Le système de gestion multi-scénario natif de la plateforme *Artelys Crystal* permet au configurateur de **générer aisément des scénarios d'évolution de la structure du parc**. Ce système permet également de construire des modèles passés ou actuels du système énergétique afin d'en assurer le **suivi dans le temps**. Les fonctionnalités de gestion des données lui permettent également de générer des **scénarios d'évolution des paramètres exogènes** du système (évolution des prix, de la demande, etc.), afin de représenter les évolutions auxquelles le système est soumis.

Sur la base de cette description, *Artelys Crystal* permet de simuler des scénarios d'évolution, et d'optimiser pour chacun d'eux la gestion de l'ensemble du parc de consommation, des moyens de production, des contrats d'approvisionnement et de vente (actifs énergétiques). La combinaison de ces fonctionnalités permet de produire différents **indicateurs de performance**, utiles à l'utilisateur pour qualifier les différents scénarios et mener une **analyse multicritères** globale sur l'ensemble de ces scénarios.

Artelys Crystal permet une modélisation détaillée du comportement des différentes technologies d'approvisionnement, de production et de transport, en prenant en compte :

- Les contraintes techniques et opérationnelles, notamment
 - temps minimum et maximum de fonctionnement
 - contraintes d'arrêt-démarrage
 - montée en puissance par le biais de contraintes de gradient
 - dépendance aux états passés
 - pertes en ligne
- les contraintes économiques du système
 - coûts des combustibles
 - coûts de démarrage
 - coûts fixes et coûts variables
 - coûts liés au non-respect des contraintes environnementales (CO₂, etc.)
 - prix des marchés énergétiques
- les contraintes environnementales
 - émissions de gaz à effet de serre
 - rejets polluants

The screenshot shows a software window titled 'Edition' with a map background. The form contains the following fields and data:

- Name: Chaufferie Bois Hennebont
- Category: Thermal (Chaudiere Bois)
- Energy input INPUT: co2
- Energy input FUEL: Autre
- Energy output PRODUCTION: Chauffage Urbain Zone CU Lorient

Parameter	Value	Unit
Puissance thermique maximale installée MW	0.6	MW
Rendement thermique	0.83	MWhChaleur/MWhCombustible
Contenu CO2 du combustible	0	tCO2/MWhCombustible
Contenu NOX du combustible	55.6	g/MWhCombustible
Contenu TSP du combustible	27.8	g/MWhCombustible
Prix du combustible	16	euros/MWhCombustible
Prix du CO2	75	euros/tCO2
OPEX	3 000	euros/MW/an
CAPEX	8 700	euros/MW/an

At the bottom, there is a 'Production' checkbox and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figure 38: Exemple de fiche technico-économique modifiable par l'utilisation d'un système de production énergétique

La plate-forme *Artelys Crystal* a été conçue à l'opposé des modèles « black-box » : c'est une technologie ouverte qui permet aux ingénieurs d'Artelys ou aux utilisateurs avancés de créer facilement de nouveaux types d'actifs et d'indicateurs, ou bien de modifier la structure d'actifs ou d'indicateurs existants.

2. Un outil d'analyse technico-économique complet des systèmes énergétiques locaux

Artelys Crystal City@ est une des applications de la suite logicielle *Artelys Crystal*. Elle fournit les éléments quantitatifs permettant d'évaluer les opportunités énergétiques et les impacts économiques et environnementaux à long terme de politiques publiques territoriales : émissions de polluants, efficacité énergétique, facture énergétique des citoyens, vulnérabilité du territoire face aux prix des énergies fossiles...

Artelys Crystal City@ offre une représentation énergétique fine et dynamique du territoire à travers un modèle multi-énergies complet. L'approche proposée est particulièrement adaptée à des analyses comparatives entre vecteurs énergétiques ou pour comparer des actions sur la demande, le réseau ou la production d'énergies.

Une modélisation multi-échelle de la consommation

La consommation peut être modélisée à deux échelles :

- Une **échelle statistique** permettant de représenter la consommation des principaux secteurs (résidentiel, industriel, tertiaire et agricole) distribués dans l'ensemble des zones de consommation (généralement une zone correspond à une maille IRIS), cette segmentation par secteurs pouvant être affinée (périodes de construction pour le résidentiel par exemple)
- Une **échelle explicite** permettant de représenter certains consommateurs dont on souhaite suivre la consommation de façon particulière. Il s'agit généralement de consommateurs faisant l'objet d'un projet particulier et/ou pour lesquels on dispose de données spécifiques, tels que les bâtiments publics ou les grands industriels.

La consommation se modélise directement par une demande par usage et un profil de consommation rattaché à cet usage.

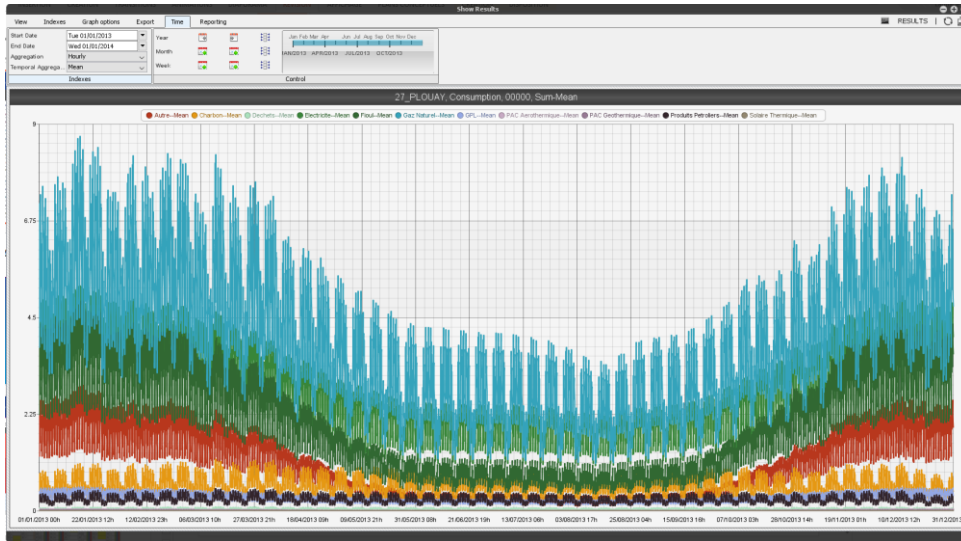


Figure 39: courbe de charge de consommation au pas de temps horaire

Cette représentation en **énergie utile** permet la modélisation des **vecteurs d’approvisionnement** à travers l’attribution aux consommateurs de mix d’équipements aval compteur. Un mix d’équipement dépend à la fois du consommateur et de la zone dans laquelle il se trouve (zone avec chaleur urbaine, gaz naturel...) afin de prendre en compte les contraintes de réseaux. Il permet également de modéliser les **compétitions entre énergies** au sein du territoire.

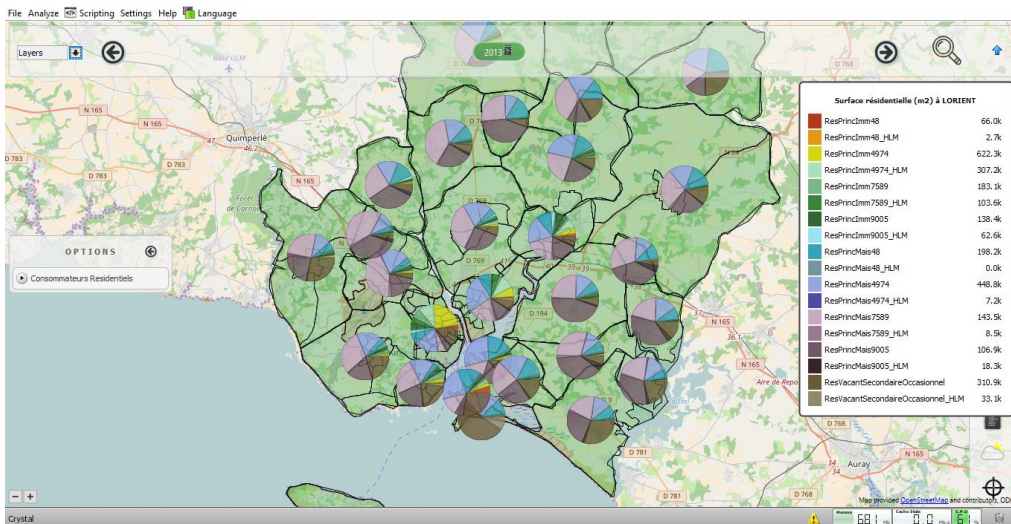


Figure 40 : Consommations statistiques résidentielles du Pays de Lorient

Une modélisation multi-échelle de la production

La production peut également être représentée à deux échelles :

- **l'échelle statistique** est adaptée aux systèmes de production dispersés sur le territoire tels que la production solaire ou les micro-cogénérations,
- **l'échelle explicite** est au contraire adaptée aux systèmes de production de grande taille (cogénérations, chaufferies, installations hydrauliques importantes, ...).

A l’image des consommateurs, les producteurs sont caractérisés par des données **techniques** (capacités installées, profils d’ensoleillement, etc.), **économiques** (tarif d’achat et de revente de l’énergie) et **environnementales** (émissions de polluants).

L’outil Artelys Crystal City© possède déjà une large **librairie d’actifs de production** pouvant être enrichie selon les besoins de l’utilisateur.

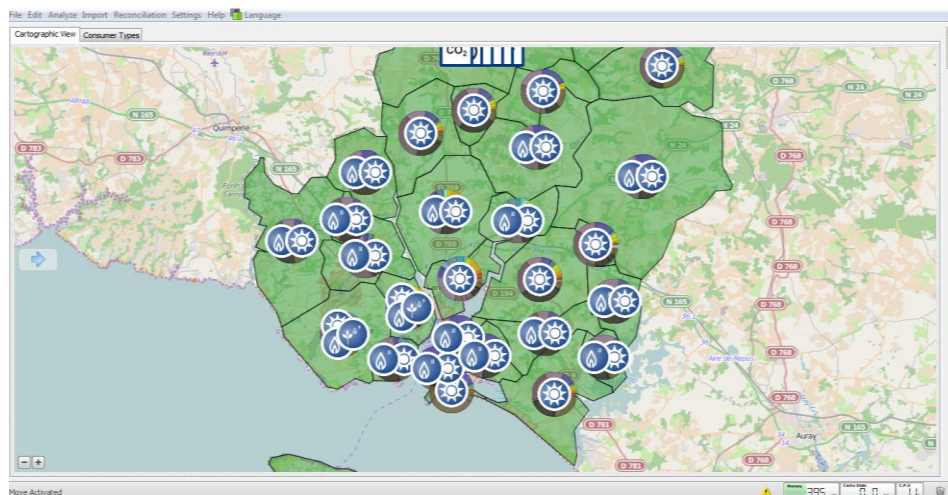


Figure 41: Productions énergétiques statistiques et explicites sur le pays de Lorient de chaleur et d’électricité

Une modélisation multi-échelle des réseaux

Le caractère multi-énergie du modèle s’accompagne d’une modélisation dynamique des réseaux permettant de prendre en compte les **impacts sur les réseaux des stratégies énergétiques déployées**. Cette modélisation autorise la représentation explicite des principales **contraintes d’approvisionnement** du territoire à partir des réseaux de transport (poste sources, postes de livraison de gaz...), et des principales **contraintes de connexions internes** aux réseaux de distribution locale (liaison du réseau de chaleur,...). En aval de ces contraintes principales, Artelys Crystal City© propose d’adopter une représentation statistique des comportements des réseaux.

Comme pour les consommateurs et les producteurs la représentation adoptée porte à la fois sur les caractéristiques **techniques** et **économiques** des ouvrages.

Caractéristiques techniques	Caractéristiques économiques
-----------------------------	------------------------------

Représentation explicite des contraintes principales	Capacité installée, niveau de charge,...	Coûts de renforcement, CAPEX, OPEX, durée de vie,...
Représentation statistique des comportements en aval	Zones de dessertes des ouvrages en schéma d'exploitation normal, niveau de pertes, courbes de charges agrégées sur la zone et paramètres explicatifs, niveau de tension/pression/température, ...	Coûts de raccordements par niveau de tension/pression/température, ...

La prise en compte de ces contraintes de réseaux permet d'assurer la pertinence de l'évaluation de modifications structurelles du système énergétique, à l'exemple de la **pénétration de véhicules électriques** (avec ou sans pilotage dynamique de la recharge), du **déploiement de solutions smart grids et de flexibilité** (Stockage électrique et/ou thermique, interactions entre réseaux énergétiques,...).

L'intégration de caractéristiques spécifiques au territoire

Selon la configuration locale, certains éléments (potentiels renouvelables, espaces verts, etc.) peuvent être ajoutés au modèle. La **facilité d'adaptation de l'outil** permet l'intégration de ces caractéristiques qui sont autant d'informations utiles à l'analyse du territoire.

Une modélisation des échanges entre les différents acteurs au pas de temps horaire

Consommation, production, flux financiers et émissions de polluants sont **simulés au pas de temps horaire**. Par ailleurs, les systèmes pilotables (stockage, smart grids, recharge de véhicules électriques, ...) sont gérés de façon à optimiser leur propre fonction objectif.

Il est ainsi possible d'évaluer finement les opportunités économiques et environnementales liées à la **flexibilité des systèmes** de production / consommation locale, ainsi que les économies d'infrastructure réseau liées à un profil de charge lissé.

Des outils performants d'analyse du territoire

L'évaluation de scénarios énergétiques est basée sur des **analyses multicritères** à partir d'indicateurs synthétiques. Ces indicateurs offrent une évaluation complète des aspects techniques, environnementaux, sociaux, financiers et sont **adaptables aux besoins des territoires**.

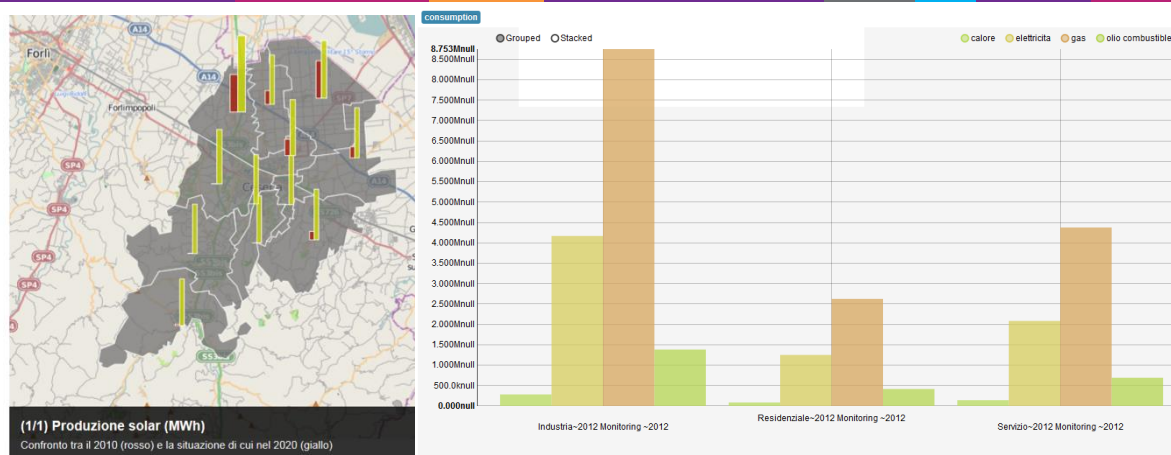


Figure 42 : Evolution de la production solaire de la ville de Cesena, représentation statistique (à gauche) et consommation des secteurs industriels, résidentiel et tertiaire par énergie finale, agrégés à l'année (à droite)

Un outil d'analyse adaptable au contexte local

Artelys Crystal City® est conçu pour s'adapter aux informations dont dispose l'utilisateur et au niveau de détail qu'il souhaite pour mener son analyse.

Cet aspect se retrouve notamment à travers les différentes échelles de représentation de la consommation et la production ou le libre choix d'indicateurs d'analyse du territoire.

Un module de **réconciliation statistique de la demande énergétique** est proposé, afin de disposer d'un jeu complet et cohérent de données de demande énergétique, prenant en compte l'ensemble des données disponibles localement. Basé sur des techniques d'optimisation avancées, ce module permet en effet de **corriger les données statistiques nationales ou régionales pour les adapter à la réalité locale**.

3. Un outil de pilotage et de suivi de la mise en place de la stratégie

Fort de cette modélisation complète, Artelys Crystal City® permet d'envisager, analyser et piloter la mise en place de stratégies énergétiques territoriales.

Basé sur un **système d'analyse multi-scénario**, l'outil permet d'évaluer différents états du territoire pouvant **intégrer des changements structurels du système énergétique local** (réseau de chaleur, maîtrise de la demande, pénétration massive d'énergies renouvelables...) et la mise en place de solutions innovantes (smart grid, parc de véhicules électriques,...).

Grâce à un système de modélisation d'actions énergétiques hautement paramétrables, Artelys Crystal City® permet de **générer aisément de nombreux scénarios d'évolution du système énergétique territorial**. Le logiciel offre la possibilité d'intégrer à ces scénarios des hypothèses d'**évolutions exogènes de long terme** (données de prix, évolutions de la consommation,...).

Artelys Crystal City® offre également une **méthodologie de suivi de l'avancement de ces actions**. A partir d'indicateurs d'avancement pertinents et faciles à mesurer, le logiciel évalue l'impact de ces actions sur la situation énergétique du territoire et permet de vérifier que l'état actuel du territoire est conforme avec la trajectoire envisagée initialement. Artelys Crystal City® permet également d'identifier des solutions alternatives, si certaines actions ne peuvent être menées correctement à bien.

Artelys Crystal City© offre ainsi une solution clé en main pour le suivi et le pilotage des stratégies territoriales.

« Comparé à notre précédent processus de pilotage du plan d’actions énergétiques, Artelys Crystal City facilite l’organisation des données et des actions [...] L’outil améliore notre capacité d’analyse : c’est très intéressant d’être capable de voir si les effets des actions sont ceux escomptés et d’avoir une idée de l’évolution de la ville », Francesco Tutino, en charge de la mission Energie à Bologne, Italie.

« Le logiciel nous a aidé à comprendre où nous en sommes comparativement à où nous devrions être vis à vis de l’avancement de notre plan d’actions énergétiques », Dr. Gianni Gregorio, directeur du département Environnement et Energie à Cesena, Italie.

4. Un outil d’appui à la concertation

Artelys Crystal City© amène les différents acteurs énergétiques du territoire à **travailler conjointement**.

« Afin de définir les orientations politiques, il est important de disposer d’un outil nous permettant d’avoir une vision claire, transparente et partagée pour atteindre les résultats et les solutions possibles des années à venir. » Dr. Gianni Gregorio, directeur du département Environnement et Energie à Cesena, Italie.

Artelys Crystal City facilite la **transversalité** et **l’interaction** entre les différents acteurs du territoire en standardisant la collecte et l’homogénéisation de leurs données via :

- La construction d’un modèle énergétique complet et commun
- Une mise en cohérence des données collectées séparément (année de référence, périmètre, hypothèses macro-économiques...)
- Une méthodologie et une base de données solides et performantes pour évaluer l’impact énergétique de politiques publiques des différents secteurs (mobilité, urbanisme...)
- Des vues ergonomiques, didactiques et personnalisables pour le partage des résultats
- La possibilité de travailler de façon concertée pour l’élaboration d’un modèle commun

« Le logiciel est un bon support pour mettre en place des “modalités standard” d’échanges entre services », Francesco Tutino, en charge de la mission Energie à Bologne

Artelys Crystal City© favorise la **concertation avec les acteurs privés** du territoire pour la construction et le partage d’une vision commune, à travers :

- La mise en commun d’hypothèses et de données
- L’établissement d’une méthodologie référente et traçable
- La capacité à évaluer les modèles économiques de différents acteurs du système

« Le logiciel est effectivement très efficace pour traduire les enjeux techniques sous formes de graphes pouvant être montrés aux acteurs décisionnels », Lia Montalti, conseillère municipale de Cesena, en charge de l’Energie et de l’Environnement et des projets européens

Enfin, grâce à son module de publication web des résultats, *Artelys Crystal City*® encourage **l'échange avec les citoyens** pour les rendre acteurs de la transition énergétique. L'outil leur offre une meilleure compréhension des enjeux énergétiques et des actions en cours à l'échelle du territoire, ouvrant ainsi la possibilité de leur implication dans les actions de développement durable.

5. Une interface d'utilisation ergonomique et intuitive

L'interaction des utilisateurs avec *Artelys Crystal City*® se fait par le biais de son interface graphique, que ce soit pour la construction du modèle, le lancement des calculs ou l'exploitation des données. La navigation dans le modèle de système énergétique se fait via une vue cartographique multi-couche qui offre une représentation spatiale des éléments du modèle (icônes, graphes de répartition...).

L'organisation et le paramétrage des actions énergétiques sont facilités par une interface intuitive permettant de préenregistrer, tagguer et appliquer les actions une à une ou par groupe.

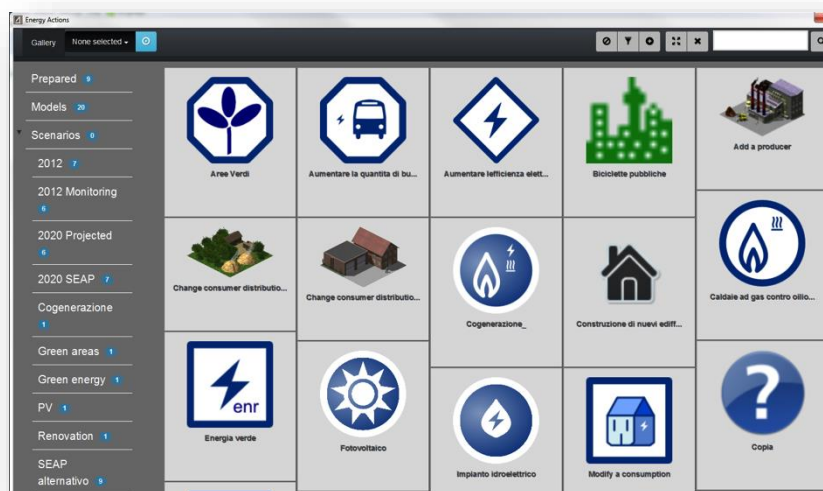


Figure 43 : fenêtre d'application des actions énergétiques

L'analyse des résultats est également facilitée par des outils d'affichage adaptés : tableaux à entrées multiples et interface graphique personnalisables par des fonctions de tri sur les indexes des indicateurs. Ces vues d'indicateurs quantitatifs adaptés aux problématiques énergétiques territoriales peuvent être établies sur plusieurs scénarii en même temps. Ceci permet une **exploitation**, une **analyse** et une **valorisation facilitées** des résultats.

Artelys Crystal City® bénéficie d'un mode « Comparaison » qui permet d'analyser d'un coup d'œil les différences entre deux stratégies.

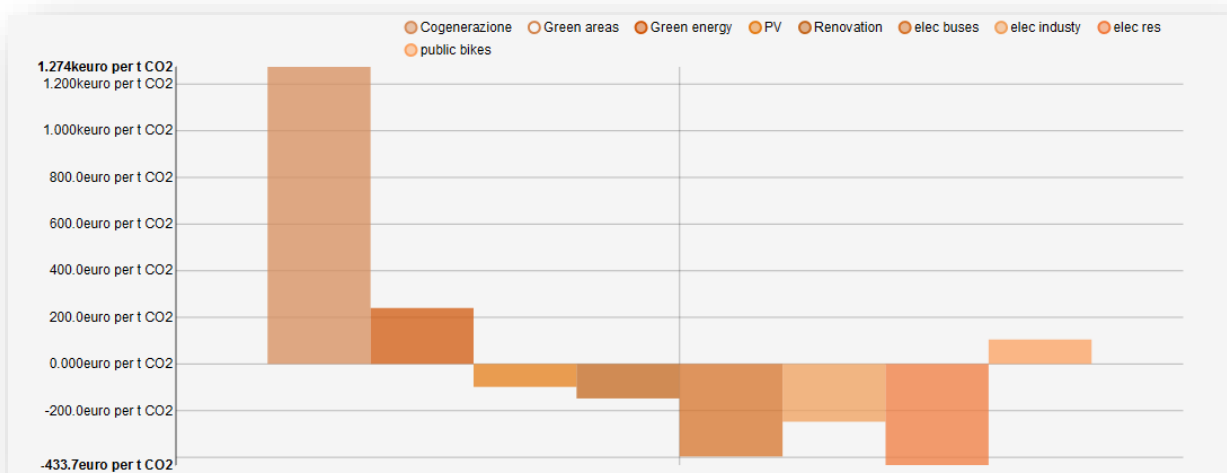


Figure 44 : analyse d'impact des actions par le coût de la tonne de CO2 évitée

Enfin l'outil offre des **fonctionnalités d'import et d'export des données** (à partir de format .csv ou .shp) ou de modifications ponctuelles, en particulier utiles pour le suivi.

6. Un outil d'appui à la montée en compétence de la communauté urbaine

Artelys Crystal City® est pensé pour appuyer la montée en compétence des territoires et la **maîtrise durable de leur stratégie énergétique par les acteurs du territoire**.

Une première phase de configuration du logiciel est opérée avant livraison du modèle. Cette phase permet de construire, en lien avec la communauté urbaine, le modèle énergétique du territoire, ainsi qu'un premier jeu complet de données.

Deux niveaux d'utilisation sont ensuite proposés :

- Un premier niveau donnant accès à toutes les fonctionnalités nécessaires pour assurer le suivi et la mise à jour de sa stratégie énergétique :
 - La visualisation de l'ensemble structuré des données du modèle énergétique.
 - Des indicateurs fournis pour son analyse
 - L'utilisation des outils de communication
 - La possibilité de rejouer des scénarii en modifiant les actions pour mener de nouvelles analyses
 - La possibilité de modifier les données du modèle pour son suivi et sa mise à jour.
- Un niveau avancé offrant la possibilité de redéfinir les méthodologies mise en place dans l'outil :
 - Tous les éléments du premier niveau
 - La configuration de nouveaux modèles d'actions ou la possibilité de modifier ceux existants.
 - La configuration de nouveaux indicateurs d'évaluation et de suivi ou la possibilité de modifier ceux existants.

Chaque livraison d'*Artelys Crystal City®* est accompagnée d'une session de formation permettant la prise en main facilitée du logiciel par ses utilisateurs.

D. ANNEXE 4 : LEXIQUE

- **Énergie primaire** : L'énergie primaire est l'énergie disponible dans l'environnement et directement exploitable sans transformation (elle est généralement indiquée en kWh_{EP}).
- **Énergie fatale**: L'énergie fatale désigne la quantité d'énergie inéluctablement présente ou piégée dans certains processus ou produits, qui parfois – au moins pour partie – peut être récupérée et / ou valorisée (elle est généralement indiquée en kWh_{EF}).
- **Énergie finale** : L'énergie finale est l'ensemble des énergies délivrées prêtes à l'emploi à l'utilisateur final (après transformation et transport).
- **EPCI** : Établissement Public de Coopération Intercommunale
 C'est une structure administrative regroupant des communes ayant décidé la mise en commun de plusieurs compétences comme l'aménagement du territoire, les transports en communs, alimentation en eau, déchets, ... Il existe plusieurs types d'EPCI : syndicat mixte, syndicat intercommunal, communauté de communes, communauté d'agglomération, communauté urbaine, métropole

 Un EPCI est dit à fiscalité propre, lorsqu'il a la possibilité de prélever l'impôt.
- **Gisement d'économies d'énergie** : c'est la quantité d'énergie que l'on peut économiser dans un bâtiment en ramenant sa consommation actuelle (moyenne à 200 kWh pour le chauffage) à un niveau basse consommation (50 kWh pour le chauffage).
- **IRIS**: La maille IRIS est un découpage infra-communale qui a été créé par l'INSEE pour la diffusion de statistiques. Elle permet de partitionner les villes en «quartiers» dont la population est de l'ordre de 2 000 habitants.
- **LTECV** : Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte
 Loi n°2015-992 du 17 août 2015, définissant les objectifs de consommation énergétique et d'évolution du mix énergétique national à l'horizon 2030 et 2050, notamment la division par 2 de la consommation énergétique finale en 2050 sur la base de celle de 2012.
- **Lois Grenelle I & II**
 Loi n°2009-967 du 3 août 2009 (Loi Grenelle I) et loi n°2010-718 du 12 juillet 2010 (loi Grenelle II) qui ont fait suite au Grenelle de l'Environnement, faisant évoluer de manière importante le Droit de l'Environnement notamment pour la mise en conformité avec les directives européennes.
- **Loi NOTRe** : Loi portant Nouvelle Organisation Territoriale de la République
 Loi n°2015-991 du 7 août 2015, fait partie de l'acte III de la décentralisation initié en 1982, qui voit le renforcement des compétences des Régions en matière d'aménagement du territoire à travers le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des

Territoires (SRADDET). Le seuil pour les intercommunalités passe à 15.000 habitants au 1^{er} janvier 2017, contre 5 000 auparavant.

- **Loi MAPTAM** : Loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d’Affirmation des Métropoles
Loi n°2014-58 du 27 janvier 2014 qui, fait partie de l’acte III de la décentralisation initié en 1982, qui clarifie les compétences des collectivités territoriales (Région, Département, EPCI, Communes). Cette loi renforce le régime juridique des Métropoles, avec a création obligatoire de 13 Métropoles²³ à compter du 1^{er} janvier 2015. Ces Métropoles se voient notamment doter des compétences en matière énergétique.
- **Performance énergétique** : La performance énergétique d’un bâtiment est la quantité d’énergie que consomme annuellement le bâtiment. Cela prend en compte la qualité de son bâti, de ses équipements énergétiques et de son mode de fonctionnement
- **Planification énergétique** : Planifier la prise en compte l’énergie dans les projets d’aménagement à l’échelle de territoire et plus uniquement à l’échelle du bâtiment afin d’en réduire la consommation et d’augmenter l’utilisation des ressources renouvelables locales.
- **PCAET** : Plan Climat Air Énergie Territorial
C’est un plan d’action rendu obligatoire par la LTECV pour les EPCI à fiscalité propre de plus de 20.000 habitants qui vise à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en conformément aux objectifs de la loi, se basant sur un diagnostic territorial, un scénario énergie-climat et un plan d’actions.
 - Compatible avec le SRCAE, il doit prendre en compte le SCOT
 - Durée : 6 ans.
 - Portée réglementaire : document non-opposable et non-prescriptif
- **PCET** : Plan Climat Énergie Territorial
C’est l’ancien format du PCAET, rendu obligatoire par la loi Grenelle II, qui n’intégrait pas le volet Air (pollution atmosphérique) et était obligatoire pour les EPCI de plus de 50.000 habitants.
- **PDU** : Plan de Déplacement Urbain
C’est un document de planification obligatoire élaboré par l’autorité organisatrice de la mobilité dans les périmètres de transports urbains inclus dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants (au sens de l’INSEE). IL vise à organiser l’ensemble des modalités de déplacements en lien avec les besoins et dans le respect des grands objectifs nationaux
 - Le PDU doit être compatible avec le SCOT. Le PDU doit être compatible avec le PLU(i)
 - Durée : 5 à 10 ans.
 - Portée réglementaire : document opposable au tiers

²³ Paris, Lyon, Aix-Marseille, Bordeaux, Grenoble, Lille, Nantes, Nice, Rennes, Rouen, Strasbourg, Toulouse et Nancy

- **PLH** : Programme Local de l’Habitat
Le PLH va définir qualitativement et quantitativement la politique de logement pour les communes ou EPCI afférent. Là où le PLU définit les règles de construction à la parcelle, le PLH va définir l’offre de logement (neuf/ancien, parc privé/parc social) en réponse à des besoins identifiés de son diagnostic, de ses objectifs et de son plan d’actions. Le PLH est obligatoire pour les communautés de communes de plus de 30.000 habitants. Il s’impose au PLUi.

- **PLUi** : Plan Local d’Urbanisme intercommunal
Le PLUi est le document de planification de référence en matière d’urbanisme et de droit des sols. Il est élaboré par l’EPCI compétente en matière d’urbanisme. Il définit les grandes orientations d’aménagement et d’urbanisme, ainsi que le zonage fonctionnel et les droits des sols sur chacune des parcelles, qui servent de référence à l’instruction des autorisations de construire.
 - Le PLUi doit être compatible avec le SCOT et prendre en compte en compte le PDU et le PCAET. . Le PDU doit être compatible avec le PLU(i)
 - Durée : 5 à 10 ans.
 - Portée réglementaire : document opposable au tiers

- **PLU** : Plan Local d’Urbanisme
Si le PLUi à l’échelle intercommunale est la norme depuis la loi ALUR (2014), la Loi NOTRe laisse la possibilité aux communes de s’y opposer et de garder leur PLU communal. Il faut pour cela qu’au moins 25% des communes de l’EPCI, représentant au moins 20% de la population, s’opposent au transfert de compétence du PLUi

- **Réglementation thermique** : La RT est une réglementation nationale qui a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d’eau chaude sanitaire et l’éclairage.

- **SCOT** : Schéma de Cohérence Territorial
C’est un document de planification urbaine, à l’échelle d’un ou plusieurs EPCI, qui détermine le projet d’aménagement du territoire à travers une approche multithématique (démographie, habitat, mobilité, économie, commerces, agriculture, climat, énergie, trame verte et bleue...). Si le SCOT n’est pas un document directement opposable, ni obligatoire, il détermine l’ouverture à l’urbanisation des espaces agricoles ou naturels. Il s’impose au PLU.

- **SRADDET** : Schéma Régional d’Aménagement, de Développement Durable et d’Égalité des Territoires
Dernier né des documents de planification, avec la loi NOTRe, il doit fusionner plusieurs schémas régionaux sectoriels, dont le SRCAE qui porte sur le Climat-Énergie, pour définir un projet d’aménagement du territoire régional qui fixera les objectifs à moyens et longs termes pour politiques foncières, de déplacement, d’habitat, énergétique, climat, air, biodiversité... Le SRADDET s’imposera aux SCOT, PDU, PCAET et PLU(i)

- **SRCAE** : Schéma Régional Climat Air Énergie
Issu du Grenelle de l'Environnement et des directives européennes, c'est un document de cadrage, qui décline à l'échelle régionale les objectifs nationaux et européens en matière énergétique, de pollution atmosphérique, d'émission de gaz à effet de serre et d'adaptation au changement climatique. Il est copiloté par la Région et la Préfet de Région. Le SRCAE devient le volet Air-Climat-Énergie du SRADDET, et s'impose donc désormais aux PCAET.
- **TEPCV** : Territoire à Énergie Positive et à Croissance Verte
C'est un concept introduit dans la LTECV, qui définit un « territoire d'excellence de la transition énergétique et écologique [...] en faveur d'un modèle de développement, plus sobre et plus économe ». Un appel à projets à été lancé par le Ministère de l'Écologie en 2014, désignant plus de 400 territoires lauréats. À la différence des TEPOS, il n'y a pas de maille territoriale exigible (de la commune à l'EPCI) ni d'objectifs de performance à atteindre.
- **TEPOS** : Territoire à Énergie POSitive
Nés en 2010 de démarches volontaristes de territoires ruraux d'atteindre les « 100% EnR » pilotées par le réseau du CLER²⁴, les TEPOS ont ensuite fait l'objet de labellisation régionale (Rhône-Alpes, Bourgogne, Aquitaine...) dans le cadre d'appel à manifestation d'intérêt en partenariat avec l'ADEME. Le principe étant qu'un territoire à l'échelle d'un bassin de vie, s'engage à l'horizon 2050 dans une démarche de division par 2 de l'ensemble de ses consommations énergétiques (tout usage confondu) et
- **Unités de mesure** :
 - **W** : Il s'agit de l'unité qui permet de mesurer la puissance d'une unité de production (ex. : chaudière) ou d'un appareil électrique (ex. : lampe, téléviseur, etc.). 1kW=1000W
 - **Wh**: Il s'agit de l'unité qui permet de mesurer une quantité d'énergie produite ou consommée. Par exemple, une lampe basse consommation d'une puissance de 10W qui fonctionne pendant 2 heures consommera 20 Wh (= 10W *2h). 1kWh = 1 000 Wh
 - **KWh / m² / an** : Il s'agit de l'unité qui permet de mesurer la performance énergétique d'un bâtiment. Pour cela, on divise la quantité d'énergie consommée annuelle- ment par la surface du logement ou du bâtiment.
- **ZAC** : Zone d'Aménagement Concertée
Procédure d'aménagement définie dans la Loi d'Orientation Foncière de 1967 (qui a posé les principes et outils de l'urbanisme moderne). La ZAC est une procédure d'aménagement, à l'échelle d'un quartier de ville ou de plusieurs îlots, par laquelle une collectivité programme la construction d'un projet urbain mixte (habitat, commerces, activités, équipements publics, espaces publics, équipements de transports...). L'aménageur, désigné par la collectivité comme maître d'ouvrage du projet, va acheter le foncier en l'état existant, définir le projet urbain, et vendre les parcelles, dotées de nouveaux droits à construire, à des promoteurs et des bailleurs. La vente de ces parcelles va financer la réalisation des infrastructures et équipements publics.

²⁴ cf. <http://www.territoires-energie-positive.fr>