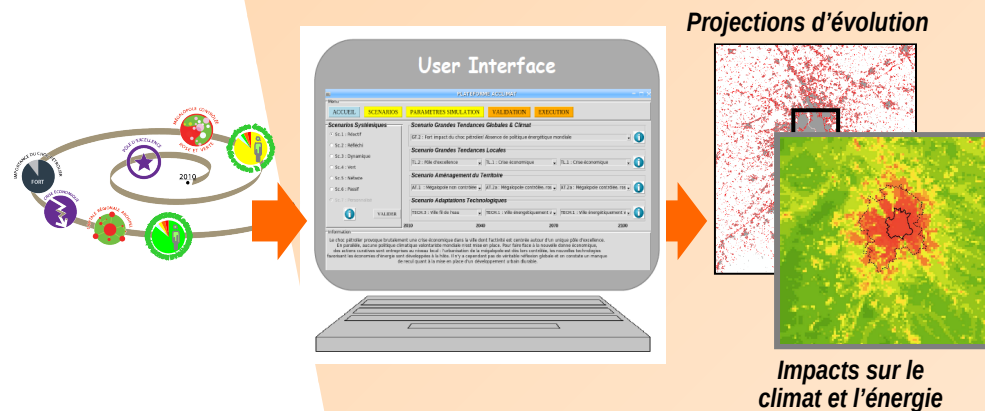


LES FONCTIONNALITES DE LA PLATEFORME

La plateforme permet ainsi, via une interface homme-machine, de :

- Produire des projections d'évolution de l'agglomération toulousaine, de nos jours à 2100, pour différentes combinaisons d'hypothèses.
- Calculer des scénarios systémiques et comparer leurs impacts en terme de climat urbain et d'énergie, pour le climat actuel et futur.



LES PERSPECTIVES DE LA PLATEFORME

Le projet ACCLIMAT est un projet de recherche exploratoire, et ses conclusions ont permis d'identifier des leviers d'action. L'évaluation de stratégies possibles, issues de ces travaux, peut faire l'objet d'un travail de recherche-action ultérieur avec la participation des acteurs locaux.

UN OUTIL SPECIFIQUE A TOULOUSE ?

Les modèles numériques d'ACCLIMAT sont génériques et peuvent être utilisés sur n'importe quelle ville. Néanmoins, les données urbaines initiales (socio-économie, morphologie, architecture, bâti, usages, ...) nécessaires à ces modèles sont spécifiques à chaque territoire – l'agglomération toulousaine pour ACCLIMAT. Afin de pouvoir utiliser la plateforme sur d'autres territoires, le projet ANR MAPUCE (début en 2014) propose de développer une méthode de production automatique des données urbaines sur un large panel de villes françaises. <http://www.cnrn.meteo.fr/mapuce/>

LES PARTENAIRES ACCLIMAT

CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques

Coordinateur du projet, le laboratoire est une unité mixte de recherche CNRS et Météo-France. L'équipe « Climat urbain » dispose d'une forte expertise en modélisation du climat urbain et énergétique du bâtiment, et a l'expérience des projets interdisciplinaires. L'équipe organisera en outre en 2015 à Toulouse la « 9th International Conference on Urban Climate » (ICUC9).

CIREN : Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

Laboratoire d'économie appliquée du CNRS, de l'EHESS, de l'ENPC, et de l'ENGREF, le CIREN travaille sur les aspects socio-économiques du changement climatique. L'équipe a développé un modèle d'économie urbaine permettant de simuler l'évolution continue de villes et prenant en compte les aspects structurels.

GEODE : Géographie de l'Environnement

Le laboratoire GEODE s'inscrit dans une approche transdisciplinaire d'identification, d'analyse et de modélisation des relations nature/société. Outre ses compétences en prospective territoriale, l'équipe s'intéresse à la modélisation spatialisée des dynamiques des territoires et leurs conséquences environnementales à l'aide de la géomatique.

AuaT : agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine

L'AUAT est centre de ressources sur le développement de la métropole toulousaine et lieu d'élaboration de projets réunissant les territoires. Elle a une mission de promotion de la qualité urbaine pour un développement "soutenable" de l'aire métropolitaine toulousaine dans sa Région, en matière de planification urbaine.

LRA : Laboratoire de Recherche en Architecture de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse

Les chercheurs LRA s'intéressent aux notions de Développement Urbain Durable (consommation énergétique et impacts climatiques et environnementaux, lien entre morphologie architecturale et urbaine) et développent des outils numériques de modélisation architecturale urbaine.

ONERA : Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales

L'ONERA-DOTA travaille à décrire les matériaux des milieux urbains. Le laboratoire a constitué une base de données des propriétés optiques de plus de 4000 matériaux et proposé une méthode novatrice d'estimation de la réflectance spectrale de matériaux à partir de mesures aéroportées.

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Partenaires :
Météo France - coordinateur scientifique
auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CIREN Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement



Le projet ACCLIMAT

Adaptation au Changement Climatique de l'Agglomération Toulousaine

LE DEFI CLIMATIQUE A L'ÉCHELLE URBAINE

La ville présente une forte concentration des populations et des activités, en évolution et augmentation constantes, ainsi qu'un microclimat spécifique, dû à la densité et aux formes urbaines : l'îlot de chaleur urbain.

La question de l'adaptation au changement climatique se pose ainsi particulièrement à l'échelle de la ville et la définition de stratégies de planification urbaine devient un exercice de plus en plus complexe qui nécessite d'intégrer de nombreuses échelles spatiales et temporelles et des critères multiples.

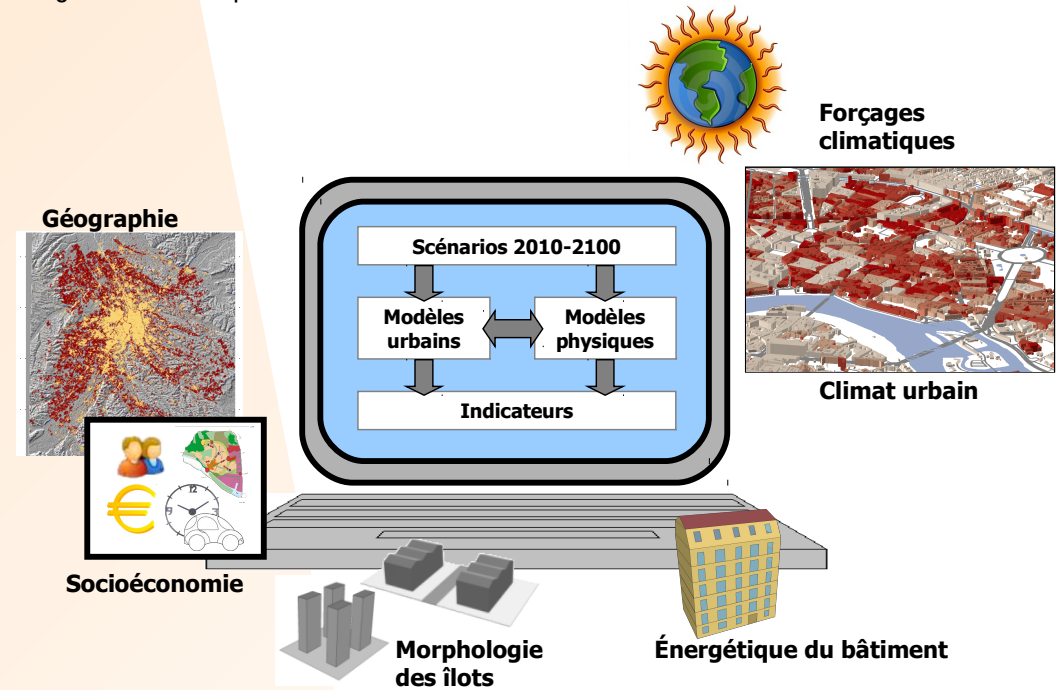
ACCLIMAT vise à étudier les interactions entre les processus de développement urbain, de micro climat urbain, et le changement climatique.

LA PLATEFORME ACCLIMAT

Les partenaires ont ainsi développé une **plateforme interdisciplinaire de modélisation numérique**, qui simule l'évolution de l'expansion urbaine et du micro-climat urbain et évalue les impacts du changement climatique.

PLANIFIER AUJOURD'HUI POUR LE CLIMAT FUTUR

L'étude est réalisée à l'échelle du siècle, pour tenir compte d'une part de l'inertie des modifications structurelles de la ville, et d'autre part des scénarios climatiques issus du 4ème rapport du GIEC (IPCC 2007a).



La plateforme ACCLIMAT est un démonstrateur, pour l'aire urbaine toulousaine, d'un outil de simulation intégrée de la ville.

PRINCIPE GENERAL DE LA PLATEFORME

La plateforme de modélisation numérique construite dans le cadre d'ACCLIMAT permet la modélisation numérique de différents processus du système ville et de leurs interactions. Les modèles à base physique et urbanistique ainsi développés sont forcés par des scénarios socio-économiques de développement urbain et des scénarios climatiques locaux.

Il est alors possible de produire différentes projections de ville, de nos jours jusqu'à la fin du siècle, sous différents climats futurs, et d'estimer les impacts de ces villes sur le climat urbain ou la consommation d'énergie liée au bâti. Des indicateurs sont produits pour permettre l'évaluation scientifique. La plateforme est appliquée à l'aire urbaine toulousaine.

POSITIONNEMENT ET LIMITES DU PROJET

L'exploration du futur, à travers différents scénarios, est destinée à éclairer l'action présente. Elle n'a aucune valeur prédictive et est seulement destinée à fournir de la connaissance sur les situations futures possibles.

Le projet ACCLIMAT est un projet de recherche exploratoire, ses conclusions ne constituent pas des recommandations en terme de stratégie d'actions. Seuls des leviers d'action sont identifiés. L'évaluation de stratégies possibles, issues de ces travaux, peut faire l'objet d'un travail de recherche-action ultérieur avec la participation des acteurs locaux, mais n'entre pas dans les objectifs d'ACCLIMAT.

1 - LES MODELES NUMERIQUES

La plateforme se base sur des modèles numériques, existants ou développés dans le cadre du projet ;

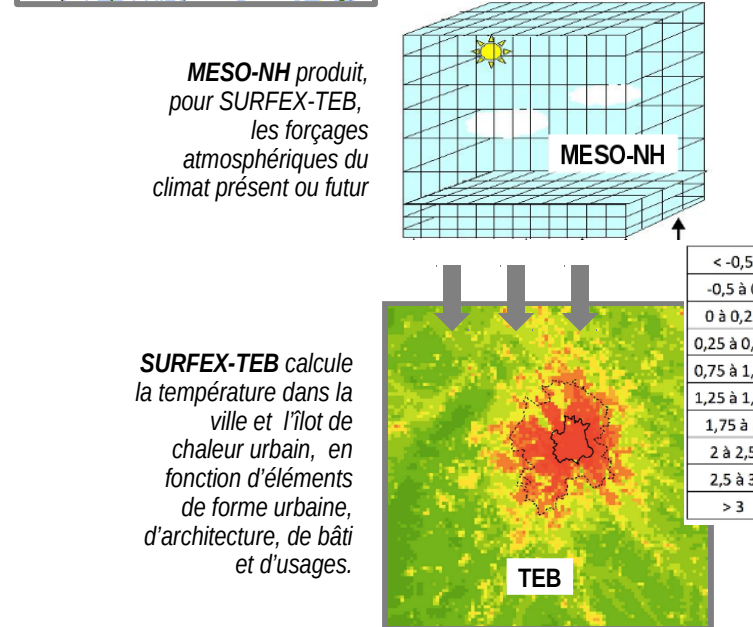
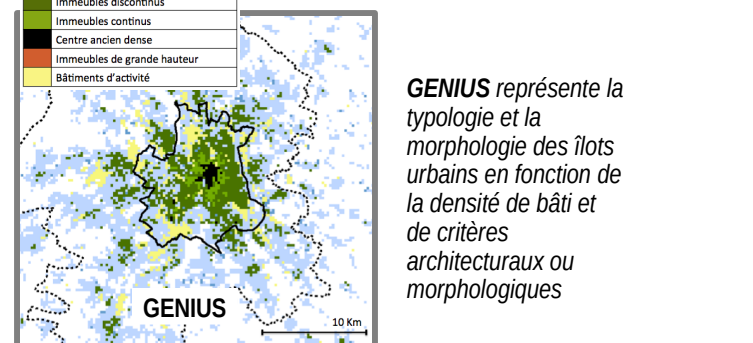
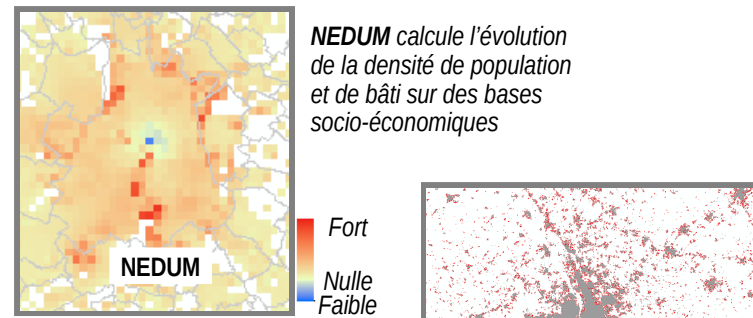
NEDUM, le modèle économique urbain du **CIRE**D (Gusdorf et Hallegatte 2007a,b, Gusdorf et al. 2008) permet de simuler l'évolution continue de villes sur le long terme en prenant en compte les aspects structurels et les conséquences socio-économiques.

SLEUTH*, le modèle adapté par le **GEODE** pour le projet ACCLIMAT (Doukari et al 2011), permet de représenter la forme de l'expansion urbaine en fonction de critères géographiques et de politiques d'aménagement (expansion de type diffus, le long des routes, en continuité, ...)

GENIUS, le modèle développé par le **LRA** et le **CNRM** pour les projets ACCLIMAT et MUSCADE (Bonhomme 2013), représente la ville sous la forme de cartes archétypales d'îlots urbains (pavillon, immeuble, continu/discontinu, bâtiment d'activité, ...). Le modèle propose une évolution du type, de la forme architecturale et du taux de végétation des îlots en fonction de politiques d'aménagement.

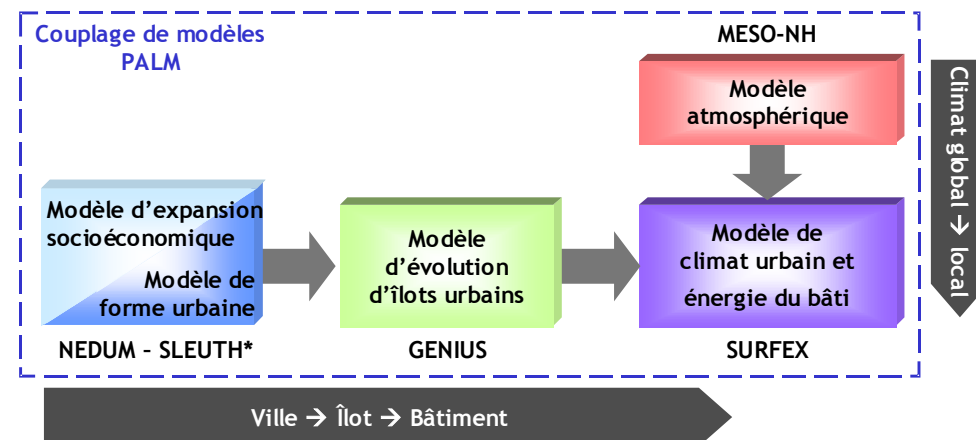
MESO-NH, le modèle météorologique de recherche du **CNRM** et du **Laboratoire d'Aérodynamique** permet de représenter les processus qui ont lieu dans l'atmosphère. Il est utilisé pour modéliser finement le microclimat de l'agglomération toulousaine pour des épisodes météorologiques du climat futur.

TEB, le modèle de climat urbain du **CNRM** ("Town Energy Balance", Masson 2000), permet de calculer les échanges d'énergie et d'eau entre les villes et l'atmosphère. A partir de la forme urbaine, de sa géométrie, des caractéristiques des bâtiments et de la végétation, TEB calcule le climat urbain et la consommation énergétique liée au bâti. TEB est inclus dans le modèle de surface SURFEX.



2 - LE COUPLAGE DES MODELES

Grâce à une approche systémique, les modèles numériques développés, ou adaptés, sont couplés au sein de la plateforme. Le couplage permet de prendre en compte plusieurs fonctions de la ville à différentes échelles. La ville est ainsi représentée de façon plus globale (processus d'expansion socioéconomique, forme urbaine, évolution des quartiers) et permet un calcul d'impacts climatique et énergétique plus juste.



3 - LES FACTEURS INFLUENTS SUR LA VILLE

Les scénarios d'évolution représentent des futurs possibles de la ville. Ils servent à contraindre les modèles numériques de la plateforme, c'est à dire à définir l'ensemble des hypothèses qui seront simulées par ces modèles.

4 grands thèmes ont été identifiés comme influents sur l'expansion et le climat urbain :

- Les tendances mondiales en terme d'économie, d'énergie et de politique climatique
- Les tendances socioéconomiques locales, pour l'agglomération toulousaine
- Les politiques d'aménagement du territoire en terme de forme de ville et de quartiers
- Les avancées technologiques liées à l'énergétique du bâtiment

5 - LES SCENARIOS SYSTEMIQUES

Un scénario systémique est donc une **combinaison chronologique et cohérente de plusieurs scénarios thématiques** regroupant des hypothèses socioéconomiques mondiales et locales, des hypothèses d'aménagement du territoire et des avancées technologiques liées au bâti.

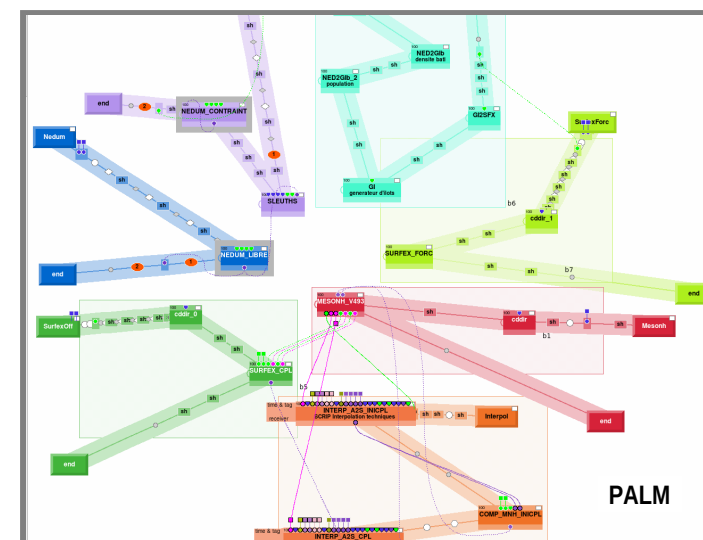
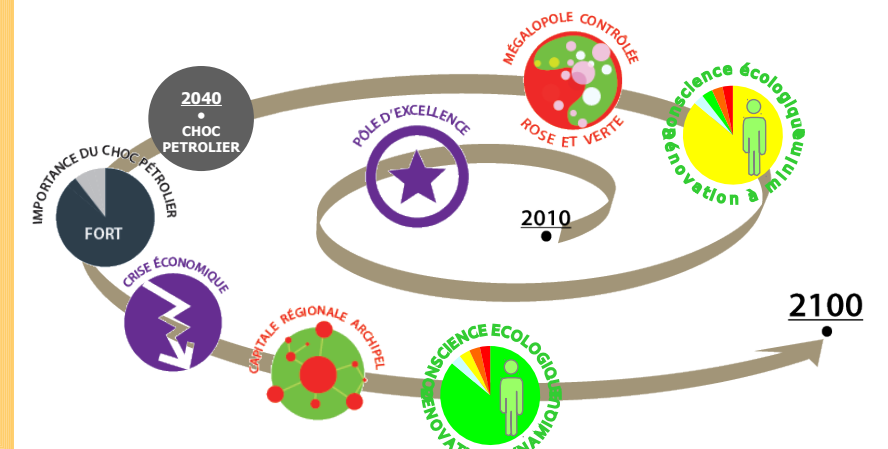
Par une approche originale, largement participative, combinant récits narratifs et simulation numérique, 7 scénarios systémiques ont été construits et simulés. Ils représentent 7 futurs possibles et contrastés pour l'agglomération toulousaine, et sont simulés par la plateforme afin d'évaluer et de comparer leurs impacts.

4 - DES HYPOTHESES AUX SCENARIOS

Un ensemble d'hypothèses a été construit pour chacun de ces thèmes afin d'obtenir un scénario thématique (un futur possible concernant ce thème).

La combinaison des scénarios thématiques permet une représentation d'ensemble de la ville et forme un scénario systémique – ou intégré –, c'est à dire un futur possible de la ville combinant les différents thèmes influents.

Grandes tendances mondiales	Tendances locales	Aménagement du territoire	Morphologie et architecture des quartiers	Technologie du bâti
Importance du choc pétrolier	Situation économique		Type de quartiers Végétation	Taux de rénovation
Existence d'une politique climatique mondiale	Démographie	Expansion et forme urbaine	Hauteur des bâtiments	Usages (Chauffage, climatisation, etc)



6 - L'INTEGRATION DES ELEMENTS DE LA PLATEFORME

Les scénarios, modèles et différents outils de la plateforme sont intégrés grâce au coupleur PALM.

Développé par le **CERFACS**, PALM permet d'assembler, chaîner ou coupler des applications parallèles complexes codées dans différents langages de programmation.

L'utilisation de PALM permet ainsi de résoudre plusieurs défis techniques et scientifiques : coupler des modèles de disciplines différentes, travaillant à des échelles spatiales et temporelles différentes et avec des variables différentes, tout en assurant une modularité et une évolutivité de la plateforme.