

## Faut-il agir rapidement ?

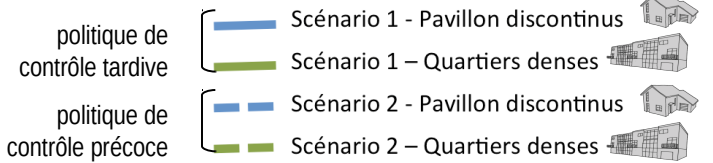
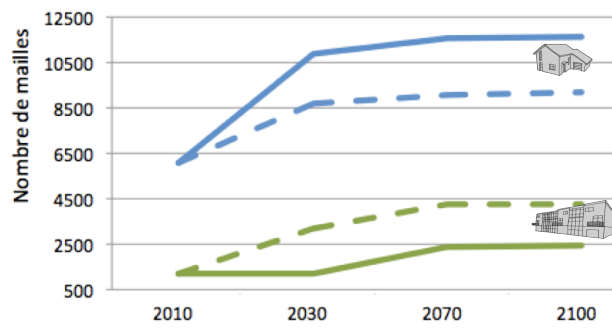
### LES ENJEUX

La comparaison des situations en 2100 par rapport à celle d'aujourd'hui ne permet pas de mettre en lumière les dynamiques de la ville ou encore les effets du changement climatique. Les inerties liés au(x) modèle(s) urbain actuels et/ou futurs, ainsi qu'aux dynamiques économiques et démographiques doivent être prises en compte pour identifier le caractère urgent des actions à mettre en œuvre.

### CHOISIR LES FORMES URBAINES DES AUJOURD'HUI

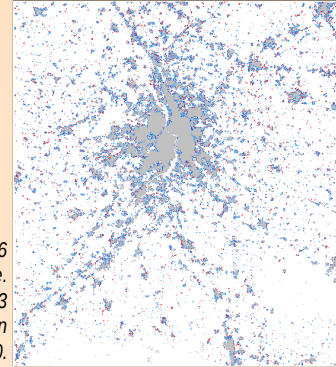
Il est primordial d'anticiper les réglementations afin de tenir compte de l'inertie de la forme urbaine. Par exemple, dans le scénario 1, les politiques de contrôle des types et formes de quartiers sont mises en œuvre en 2040. Cette ville à faible croissance de population ayant beaucoup d'inertie, les formes urbaines sont peu impactées par cette réglementation tardive et la tendance à l'augmentation des pavillons discontinus ne peut être stoppée. Pour le scénario 2, la temporalité de l'action politique change, le contrôle est plus précoce (dès 2010) et impacte favorablement les formes urbaines denses. A partir du graphique ci-dessous, on comprend l'intérêt d'agir rapidement.

Évolution des types de quartier entre 2010 et 2100



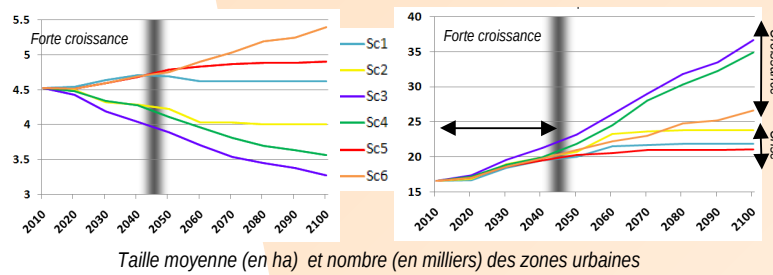
### ORGANISER LA VILLE DES AUJOURD'HUI ?

En cas de crise à partir de 2040, les zones urbanisées résultantes en 2100 ne présentent pas de différences significatives avec celles de 2040, et ce, quelque soit la politique urbaine.



En bleu, urbanisation pour les 6 scénarios avant la crise. En rouge, urbanisation pour les 3 scénarios « crise économique » en 2100.

La forme de la ville de 2100 dépend de ce qui va être fait dès aujourd'hui, la période avant la crise étant la période de plus forte croissance.



## Anticiper les tensions futures

D'après les simulations réalisées et les résultats obtenus en terme de climat, d'énergie et d'urbanisation, il est possible d'identifier des points de tension possibles à l'avenir :

- Les enjeux relatifs aux transports vont être d'autant plus forts que la démographie sera forte et que la forme urbaine sera dispersée. Sans politique concertée et cohérente, la trame verte et bleue peut avoir des effets rétroactifs négatifs.
- Les tensions sur les ressources hydriques devraient être plus fortes après 2050 (impact différencié des scénarios de changement climatique) et dans un contexte de faible rénovation en matière de performance énergétique des bâtiments (forte consommation énergétique). Les besoins en eau, principalement lié à la Garonne, augmenteront avec la demande électrique estivale pour la climatisation (barrages hydro-électriques, centrales nucléaires) ainsi qu'avec la végétalisation de la ville.
- Si la crise socio-économique liée au choc pétrolier est évitée, l'évolution démographique devrait augmenter les tensions sur le foncier, le transport, la demande en énergie, le climat urbain (du fait de l'étalement urbain). Sans politique concertée et cohérente, l'aménagement et la gestion du territoire devraient donc être d'autant plus difficiles après 2040-2050.

# Analyse des scénarios ACCLIMAT pour l'agglomération toulousaine

## Un / Des modèle(s) urbain(s) à promouvoir ?

### LES ENJEUX

La mise en œuvre d'une politique de planification urbaine plus ou moins volontariste requiert la prise en compte de facteurs influents tels que l'évolution de la démographie ou l'attractivité économique de l'agglomération.

Toutefois, la forme urbaine de la ville influe sur l'environnement (biodiversité, qualité de vie...) ainsi que sur le climat urbain (îlot de chaleur). Quelle place donner à la végétation en ville? Quelle forme urbaine promouvoir (fil de l'eau? Ville compacte? Ville archipel?) et suivant quelles conditions? Quels sont les avantages et inconvénients de chacune d'elles? Tels sont les enjeux liés au(x) modèle(s) urbain(s) de demain.

### LAISSER FAIRE ? (n°5/6/7)

Si la hausse de la taille moyenne des zones urbaines témoigne de la tendance à la concentration urbaine, la forte augmentation du nombre de zones illustre la poursuite du phénomène de mitage (de +21% à +42%).

La poursuite des tendances passées (fil de l'eau) met en évidence le rôle moteur des axes routiers dans l'expansion urbaine : le désengorgement du réseau par son extension peut ainsi avoir un effet négatif, catalysant l'urbanisation.

### FAVORISER LA VILLE COMPACTE ? (n°1 vs. n°3)

Le contrôle de l'expansion urbaine par la réglementation et la mise en place de la trame verte et bleue (corridors + ceinture verte) a une influence limitée en cas de crise. Dans le cas contraire, elle est efficace (baisse du mitage).

La ceinture verte repousse l'urbanisation au-delà de ses limites, augmentant fortement les migrations pendulaires (de +58% à +122% par rapport à 2010). Les zones concernées présentent donc un fort enjeu foncier.

### VERS UNE VILLE ARCHIPEL ? (n°2 vs. n°4)

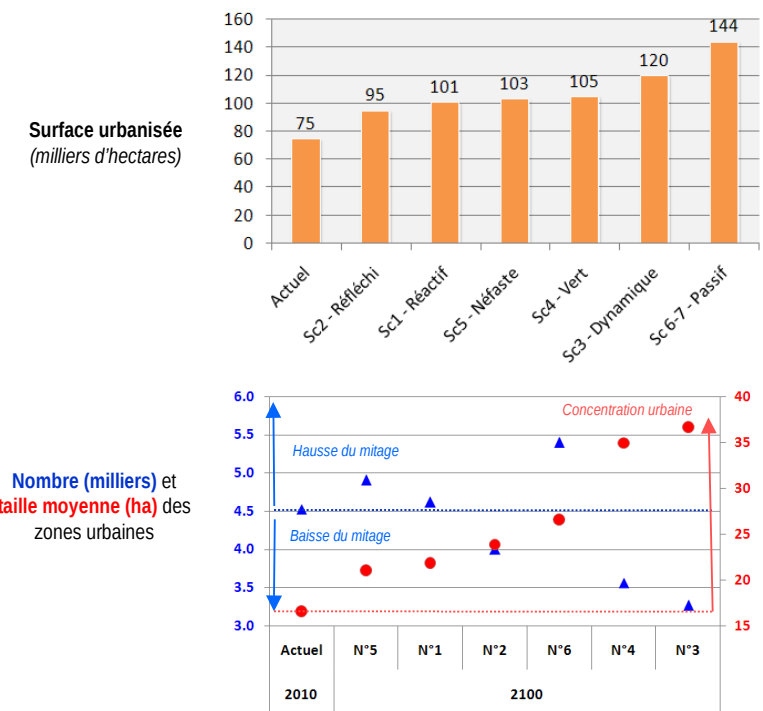
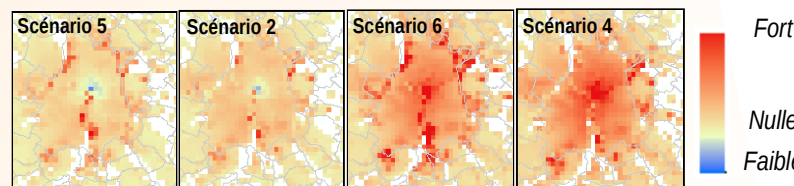
Une politique « ville archipel » n'a pas de réelle influence sur la forme urbaine de la métropole en cas de crise. Dans le cas contraire, elle limite le mitage et influe fortement sur la hausse des migrations pendulaires (de +57% à +120% par rapport à 2100).

L'effet polarisant (augmentation des zones urbaines de moyenne taille) est favorable à la mise en place de réseau de transport multimodaux. Son efficacité requiert une concertation avec les agglomérations / intercommunalités voisines.

### QUELLE DENSITÉ POUR LE CENTRE-VILLE ?

Dynamisme économique vs. Crise

Une situation de crise engendre une dépopulation du centre-ville, au profit de la périphérie. Les coûts du foncier deviennent trop élevés par rapport aux coûts du transport. A l'inverse, un fort dynamisme favorise la densification du centre-ville (par rapport à 2010).



### FAVORISER LA VEGETATION EN VILLE ?

On observe que densité bâtie et végétalisation de la ville sont compatibles. Par exemple, le scénario 4 a la densité bâtie la plus forte mais aussi une densité de végétation élevée, en raison d'une politique de végétalisation volontariste.

A l'inverse, promouvoir la libération des sols n'est pas systématiquement synonyme de verdissement de la ville. Par exemple, le scénario 3 a le coefficient d'emprise au sol le plus faible mais également la densité de végétation la plus basse.



## Des leviers pour réduire l'îlot de chaleur urbain ?

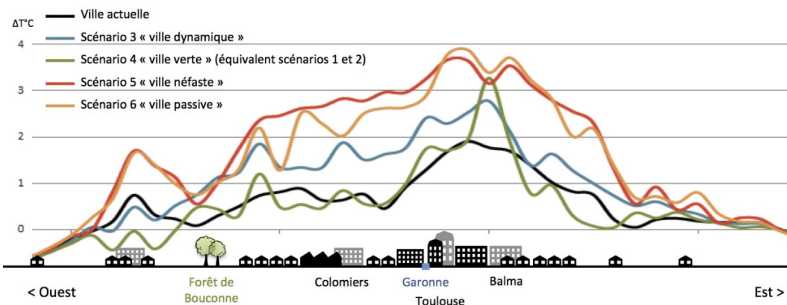
### RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : QUELLES DIFFERENCES ?

Tout simplement, ça n'a rien à voir !

Le réchauffement climatique est un phénomène atmosphérique **global**, très lent (le siècle) et causé par les rejets de CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre (GES).

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène atmosphérique **local**, rapide (12h) mais récurrent. Il n'est pas causé par les rejets de CO<sub>2</sub> et GES. Il est lié à l'imperméabilisation des surfaces qui emmagasinent de la chaleur pendant les journées ensoleillées et restituent cette chaleur la nuit suivante, empêchant le refroidissement de l'air en ville. Les rejets de chaleurs directs du chauffage ou de la climatisation contribuent également à ce phénomène.

Ah, au fait, l'îlot de chaleur urbain n'est PAS dû au CO<sub>2</sub>.



### LES ENJEUX

Le fait que l'îlot de chaleur urbain et le changement climatique soient deux processus atmosphériques totalement différents fait que... l'on peut avoir les deux en même temps !

Les habitants vont ainsi subir la hausse de température due au changement climatique, et celle due à l'îlot de chaleur.

Une hausse des températures en ville modifiera les demandes en énergie pour le confort intérieur et aura potentiellement des impacts sanitaires, en particulier lors de vagues de chaleurs, comme en 2003.

### ILOT DE CHALEUR ET DENSITE DE POPULATION

Plus une ville est peuplée, plus elle a tendance à produire un îlot de chaleur important.

A Paris il peut atteindre, la nuit, 10°C par rapport à la campagne.

Une ville comme Toulouse aura un îlot de chaleur de l'ordre de 5 à 6°C maximum. C'est bien un maximum. Quand il pleut, il n'y a pas d'îlot de chaleur...

Par exemple, le scénario 3 (ville dynamique), fortement peuplé, produit un îlot de chaleur en été plus important que le scénario 1 (ville réactive) qui est moins peuplé car en crise.

Autre exemple: le scénario « fil de l'eau », augmente l'îlot de chaleur de plus de 1.5°C en été par rapport à la ville actuelle, du fait de la hausse de population (950 000 ménages au lieu d'environ 550 000 aujourd'hui).

### INFLUENCE DU MODELE URBAIN (n°3 vs. N°1,2,4)

Les formes urbaines ont aussi une influence.

Le scénario dynamique présente un réchauffement des banlieues en été, du fait de la forte minéralisation des surfaces (un peu comme dans les villes américaines, qui ont un îlot de chaleur en général un peu plus fort qu'en Europe).

Par contre, l'îlot de chaleur diminue en hiver: ceci s'explique par la transformation du centre ancien en hautes tours (un peu comme l'esplanade de la Défense): le vent a alors plus de prise pour ventiler et refroidir les espaces urbains et diminuer, en hiver, le confort des usagers de ces espaces.

### VERDISSEMENT (n°1,2,4 vs. n°3,5,6,7)

Les scénarios qui font la part belle au verdissement urbain sont ceux pour lesquels l'îlot de chaleur est le plus faible, même s'il se maintient dans le centre ville historique.

Cependant, le scénario 4, « vert » et en expansion forte, présente un îlot de chaleur similaire aux scénarios 1 et 2 à faible expansion. L'accroissement de population ayant en grande partie lieu dans les villes définies comme polarisantes, il n'influe que peu l'îlot de chaleur central.

### RENOVATION ET MATERIAUX URBAINS (n°5 vs. n°7)

L'isolation des murs par l'extérieur empêche le stockage de la chaleur dans les matériaux. L'utilisation des **peintures réfléchissantes** renvoie le rayonnement solaire et limite l'énergie stockée dans les matériaux.

Ainsi, pour le scénario 5 « néfaste », sans rénovation du bâti et en crise (700 000 ménages), l'îlot de chaleur en été augmente autant que pour le scénario n°7 « fil de l'eau » bien plus peuplé.

En hiver l'îlot de chaleur est même plus chaud (+0.5°C) pour le scénario sans rénovation.

### USAGE DU CHAUFFAGE ET DE LA CLIMATISATION (n°6 vs. n°7)

Les rejets de chaleur dus au chauffage et à la climatisation contribuent à l'îlot de chaleur, mais légèrement. Ainsi, chauffer plus les bâtiments (en scénario fil de l'eau n°7) induit un îlot de chaleur hivernal un peu plus élevé (quelques dixièmes de degrés) que lors d'une utilisation économe du chauffage (scénario n°6).

## Des leviers pour réduire la consommation énergétique liée au bâti ?

### LES ENJEUX

Dans le projet ACCLIMAT, nous avons estimé les consommations d'énergie liées au chauffage et à la climatisation. En effet, ces postes énergétiques sont fortement sensibles à la météorologie, et sont donc sujets au changement climatique et à l'îlot de chaleur urbain.

La consommation totale d'une ville est tout d'abord dépendante de sa population totale. Afin de nous en affranchir, les résultats sont présentés en kWh/m<sup>2</sup>/an.

### MODIFIER NOS USAGES (n°7 vs. n°6)

Nous avons supposé qu'aujourd'hui, les habitants ont un comportement énergétique dispendieux, et qu'ils chauffent en hiver plutôt à 21°C et climatisent, lorsqu'ils sont équipés, à 23°C. Un usage plus vertueux est simulé en supposant une température de chauffe à 19°C (comme ce qui est recommandé officiellement) et une consigne de climatisation à 26°C.

Comparer les scénarios 7 « fil de l'eau » (comportement actuel) et 6 « passif » (comportements vertueux), toutes choses étant égales, permet d'estimer l'effet du changement de comportement : **la consommation en chauffage est diminuée de 30% alors que celle pour la climatisation est divisée par 3 !**

### ETE / HIVER : MEME COMBAT ?

En climat identique au climat présent, pour tous les scénarios à 2100, la **consommation en climatisation est bien inférieure à la consommation en chauffage**. Ceci a peut-être été accentué par le fait que les indicateurs ont été calculés pour une année avec un été relativement peu ensoleillé, mais cela permet d'avoir des tendances sur les consommations minimales attendues en été.

### Et avec le Réchauffement Climatique ?

En cas de réchauffement climatique, la consommation totale d'énergie diminue (la baisse en chauffage est plus importante que la hausse en climatisation), mais l'on ne peut conclure actuellement quant à la consommation totale en électricité (en hiver on utilise aussi du fioul et du gaz pour se chauffer, pas en été pour la climatisation).

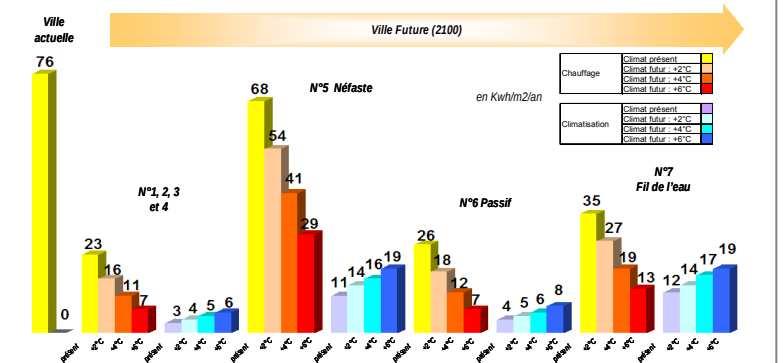
Toutefois, même pour les conditions d'ensoleillement faibles (nuageux) en été, la consommation d'énergie pour la climatisation peut dépasser la consommation d'énergie en hiver pour un réchauffement climatique moyen de 6°C, voire de 4°C pour une ville « fil de l'eau », assez sensible, cas où les gens climatisent beaucoup tout en ayant rénové quelque peu pour isoler l'hiver.

### RENOVER LES BATIMENTS

Tout d'abord, le scénario 5 « néfaste » permet de voir l'effet d'une non-rénovation des bâtiments. L'expansion urbaine étant faible pour ce scénario, les bâtiments neufs ne peuvent masquer le gaspillage énergétique du bâti ancien (c'est à dire de la ville actuelle).

Rénover régulièrement permet de diminuer la consommation de chauffage de moitié même avec des usages énergétiques dispendieux, mais ne permet pas de diminuer celle de climatisation : la chaleur, principalement due à l'ensoleillement à travers les fenêtres, reste piégée à l'intérieur du bâtiment.

Il faut noter qu'une fois les usages vertueux entrés dans les mœurs, améliorer encore l'isolation des bâtiments (scénarios 1 à 4 Vs 6) n'a que peu d'effet sur le long terme. Toutefois, il faut nuancer ce propos pour les temporalités plus proches: une rénovation lente « fil de l'eau » n'aura que peu d'effet en 2050, alors qu'une rénovation volontariste permettrait à la majorité des bâtiments d'atteindre le niveau du Grenelle pour viser le facteur 4.



### VERDISSEMENT

Les stratégies d'aménagement du territoire peuvent modifier l'îlot de chaleur urbain, et donc les consommations d'énergie météo-dépendantes. Toutefois, les scénarios réalisés ici ne permettent pas de conclure sur cette question. Les effets sur le bâti et les usages ont tous été simulés pour une expansion urbaine non contrôlée (scénarios 5 à 7) ; le bâti fortement rénové et usages vertueux des scénarios 1 à 4 rendent les consommations des bâtiments peu sensibles à l'îlot de chaleur urbain.

Des études supplémentaires seront donc nécessaires. Par exemple, il a été montré dans un projet similaire sur Paris, MUSCADE, que la végétation n'a d'effet rafraîchissant (et sur les consommations) que si elle est arrosée. Les toitures végétalisées ont un effet sur les consommations d'énergie (effet isolant sur les vieux bâtiments l'hiver, moins de réchauffement l'été), mais peu sur l'îlot de chaleur urbain.