

Compétition des surfaces à l'échelle de la ville : Bordeaux

Matthieu Denoux

sous la direction de **Nadia Maïzi**

MINES ParisTech, PSL Research University, CMA - Centre de Mathématiques Appliquées,
Sophia-Antipolis, France
matthieu.denoux@mines-paristech.fr
avec ANMA (Agence Nicolas Michelin et Associés), Paris, France

Webinaire MPDD – 27 mai 2021



Plan

- 1 Des modèles au service de la prospective urbaine
 - Territoire considéré
 - Description quantitative du territoire
 - TIMES-URBAN
- 2 Quelques scénarios prospectifs pour Bordeaux
 - Scénarios
 - Des trajectoires avec des sols en compétition
 - Impacts sur la température
- 3 Ajout d'un nouvel usage des terrains en ville : l'énergie
 - Objectifs de Bordeaux Métropole
 - Intégration dans un paysage juridique complexe
- 4 Conclusions



Section 1

Des modèles au service de la prospective urbaine



Notre proposition de recherche

Proposer une démarche **prospective** des villes

intégrant les enjeux **environnementaux** et **urbains**

reposant sur une **modélisation originale** du territoire

par une **représentation numérique** de la ville et des **modèles d'optimisation dédiés**



Présentation du cas d'application : Bordeaux Métropole

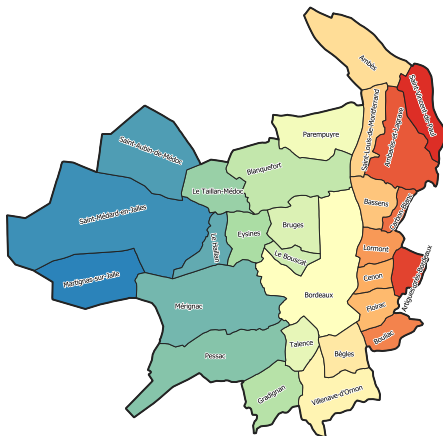
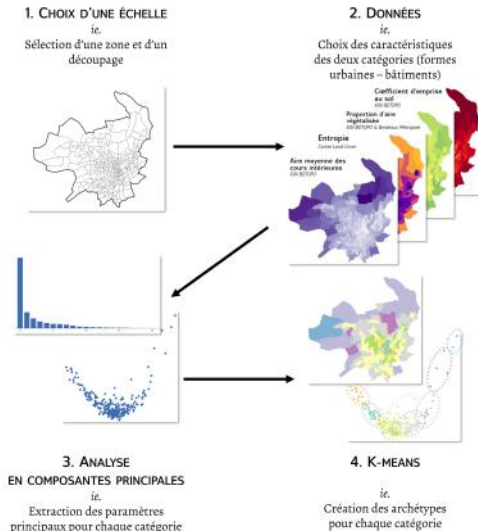


Figure – 27 communes formant le territoire de Bordeaux Métropole



Construction d'une représentation numérique du territoire



De la définition des usages des sols



Figure – Ambarès, quartier rural – Image satellite, données de la BDTOPO sur la végétation sur la commune d'Ambarès.



De la définition des usages des sols



Figure – Bordeaux, quartier ultra-dense – Image satellite, données de la BDTPO sur la végétation sur la commune de Bordeaux.



Archétypes de formes urbaines

Répartition des archétypes de **formes urbaines** en 2014

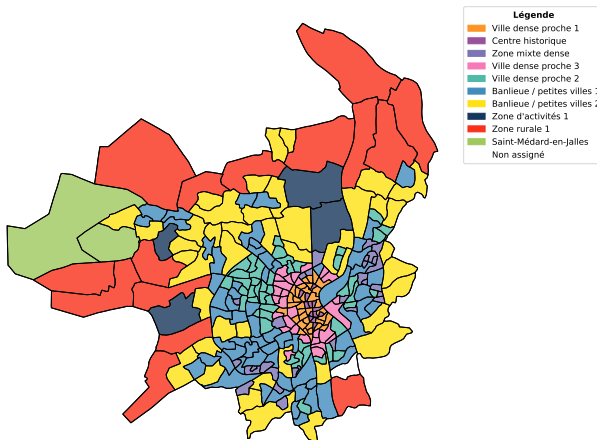
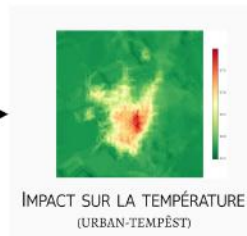
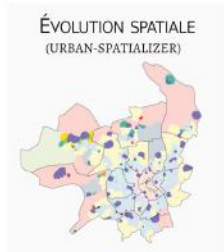
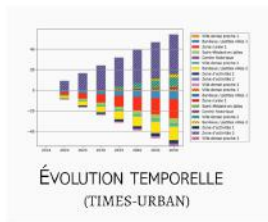
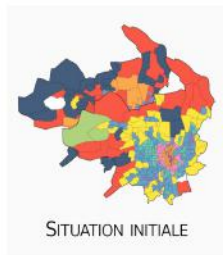


Figure – Clusters de formes urbaines et archétypes associés



Étude de la dynamique d'évolution spatiale et temporelle par la construction de modèles



Le « Système d'Aménagement de Référence »

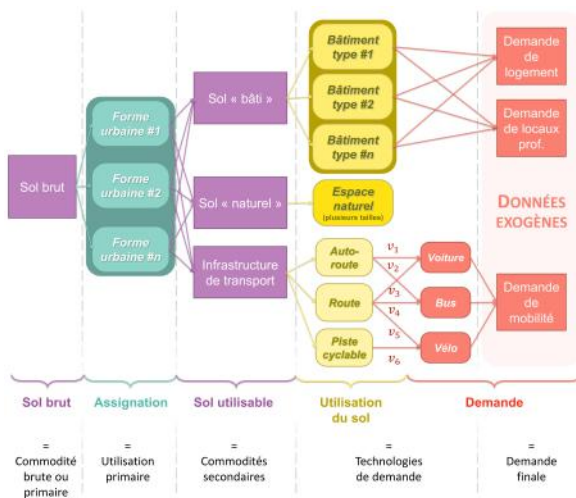


Figure – Système d'aménagement de référence



Section 2

Quelques scénarios prospectifs pour Bordeaux



Évolution de la demande du scénario de référence

Tendance du scénario central d'évolution de la population de l'INSEE pour le département de la Gironde

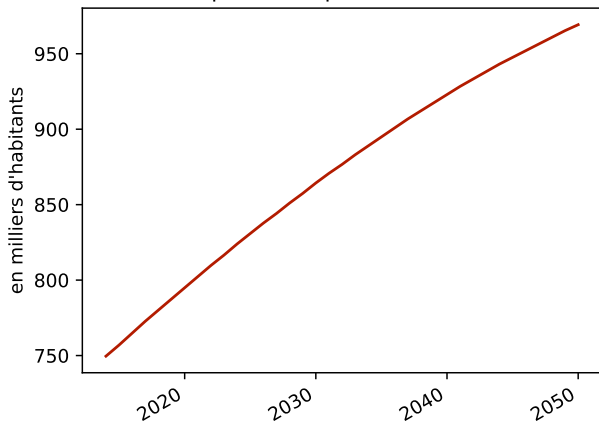


Figure – Demande finale du modèle TIMES-URBAN



Contraintes du scénario de référence communes aux scénarios

- Ajout d'un coût par m² aux bâtiments,
- Limitation des formes de bâtiments trop spécifiques (*centre historique*),
- Limitation des formes urbaines trop spécifiques (*base militaire et Saint-Médard-en-Jalles*),
- Limitation de la construction de tours,
- Limitation de la transformation des bureaux vacants,
- Limitation de la surface totale,
- Échanges d'emplois entre les différentes zones.



Scénario « *zéro artificialisation nette* »

Limitation des surfaces *artificialisées* au **niveau de 2014**

Début de la contrainte en **2020** (*temps d'adaptation*)



Scénario « *zéro artificialisation nette* »

Archétype	Surface non artificielle (%)	Pénalisation (k€ / km ²)
● Ville dense proche 1	8	92,40
● Banlieue / petites villes 1	21	78,90
● Zone rurale 1	51	48,56
● Saint-Médard-en-Jalles	91	9,01
● Centre historique	3	96,78
● Ville dense proche 2	11	89,03
● Banlieue / petites villes 2	33	67,34
● Zone d'activités 1	31	68,83
● Zone d'activités 2	16	83,67
● Ville dense proche 3	10	89,62

Table – Table des coûts des archétypes de formes urbaines.



Résultats de URBAN-SPATIALIZER : mêmes surfaces mais moins artificialisées

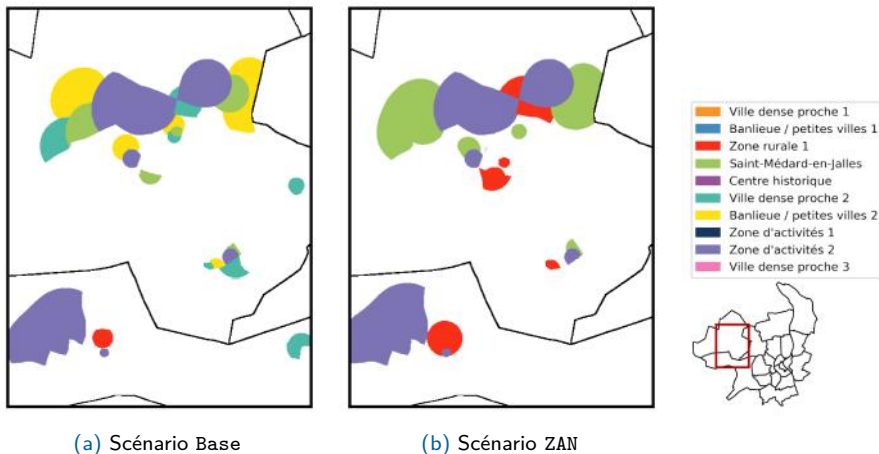


Figure – Différences de localisation d'archétypes à l'ouest de la métropole entre 2014 et 2050 dans le scénario de référence (*gauche*) et dans le scénario ZAN (*droite*).

Hausse généralisée de la température dans le scénario de référence

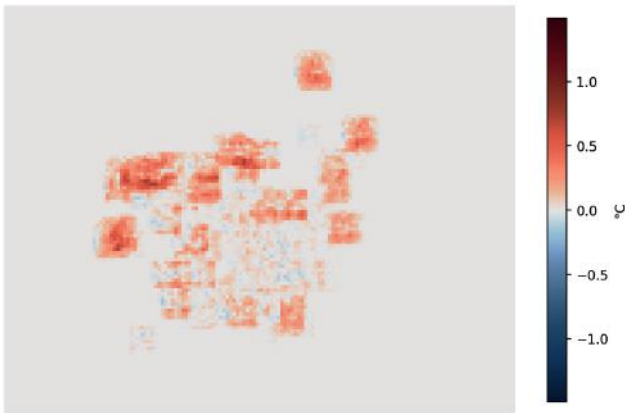


Figure – Résultats de l'application de URBAN-TEMPÊST sur la situation de Bordeaux Métropole dans le scénario de référence en 2050 par rapport à 2014

Une hausse moins marquée dans le scénario ZAN



Figure – Résultats de l'application de URBAN-TEMPÊST sur la situation de Bordeaux Métropole dans le scénario ZAN en 2050 par rapport à 2014

Une hausse moins marquée dans le scénario ZAN

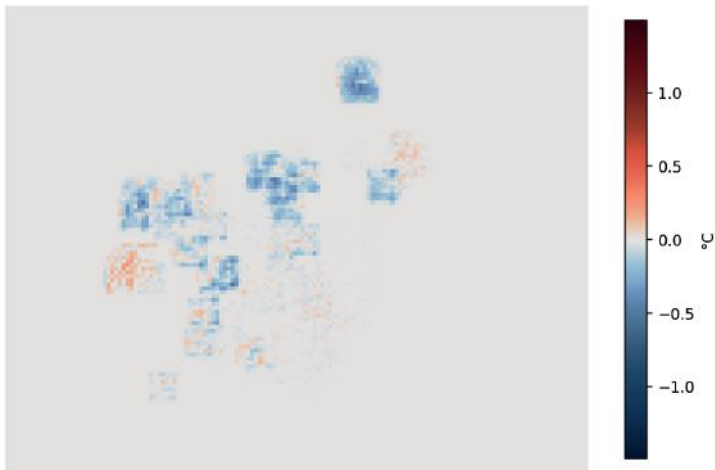


Figure – Résultats de l'application de URBAN-TEMPÊST sur la situation de Bordeaux Métropole dans le scénario ZAN par rapport au scénario de référence en 2050

Brèves recommandations de stratégie urbaine par des scénarios prospectifs

Trois points majeurs :

- ➊ le **potentiel des périphéries** (ouest) et d'une **décentralisation** des activités ;
- ➋ l'**optimisation des terrains déjà artificialisés** (densification, surélévation, rénovation, conversion, modularité, mixité) ;
- ➌ l'**intégration poussée d'éléments végétalisés** tôt dans la conception.



Section 3

Ajout d'un nouvel usage des terrains en ville : l'énergie



Des objectifs métropolitains ambitieux

Objectifs chiffrés sur les ENR :

- Solaire photovoltaïque (2012 : 35 GWh)
 - 2020 : 160 GWh (soit +350 %)
 - 2050 : 600 GWh
- Solaire thermique (2012 : 6.3 GWh)
 - 2020 : 12 GWh (soit +100 %)
 - 2050 : 450 GWh
- Filière bois énergie (2012 : 521 GWh)
 - 2020 : 770 GWh (soit +47 %)
 - 2050 : 1300 GWh

En même temps, « Préserver et valoriser les 50 % d'espaces naturels, agricoles et forestiers »



Un impact majeur sur l'organisation du territoire

Surfaces nécessaires en 2050 :

- Solaire photovoltaïque : 16,10 km²
- Solaire thermique : 12,07 km²
- Filière bois énergie : 0,53 km²
- Éolien : 1,10 km²

Soit un total de **29,81** km² (contre 54 km² impactés par la croissance démographique)

Moins le **solaire sur toiture** potentiel (minimum 75026 bâtiments concernés) :
17,74 km²



Des contraintes juridiques multiples

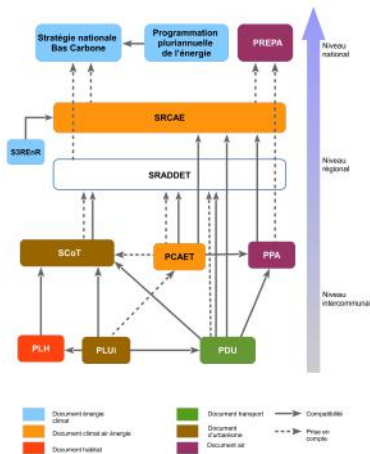


Figure – Organisation et hiérarchie des documents régissant l'aménagement du territoire (source : Cerema 2017).

Besoin de réconcilier ces deux mondes

Connaissances nouvelles pour techniciens de la planification, urbanistes, politiciens, promoteurs, etc.

D'après travaux du CEREMA : fiches « *PLUi et énergie* »

Cf. [https://www.cerema.fr/fr/actualites/
plui-energie-comment-plui-peuvent-ils-contribuer-transition](https://www.cerema.fr/fr/actualites/plui-energie-comment-plui-peuvent-ils-contribuer-transition)

Rôle du **PLU** :

- diagnostic du territoire
- PADD doit « *définir les orientations générales concernant les réseaux d'énergie* »
- OAP relatives à l'énergie
- prendre en compte les risques locaux induits
- diagnostiquer les potentiels
- liens avec la densité et la mixité



Section 4

Conclusions



Conclusions

Situations foncières tendues en ville

Exercice de **modélisation** au service d'une **stratégie foncière métropolitaine** pour les questions environnementales

Intégration des problématiques énergétiques **possible**

Nécessite une réflexion sur les **outils de planification et d'aménagement** (hiérarchie des normes)

Besoin d'effectuer des **diagnostics locaux**



Merci de votre attention !

Matthieu Denoux
matthieu.denoux@mines-paristech.fr

sous la direction de **Nadia Maïzi** (CMA)
et l'encadrement de **Mélusine Hucault** (ANMA)



Décomposition de la demande finale

Données pour 2014

Échelle	Nombre d'écoles	Population	Ratio
France	52 225	65 907 160	1 pour 1 262 hab.

Source : Rapport du ministère de l'éducation nationale

Échelle	Nb d'emplois	Population	Ratio
Métropole bordelaise	325 499	760 933	42.78 emp. pour 100 hab.

Source : INSEE



Répartition de la population

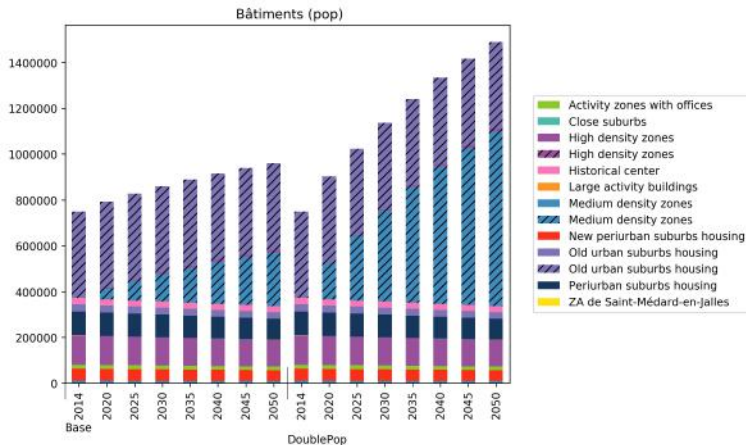


Figure : Répartition de la population entre les différents archétypes dans chacun des deux scénarios



Fonction objectif

$$\min_{\delta \in \Delta} \sum_{a \in A} \delta_a c_a + \sum_{b \in B} \delta_b c_b + \sum_{m \in M} \delta_m c_m \quad (1)$$

Où :

- A est l'ensemble des **formes urbaines**, B l'ensemble des typologies de **bâtiments** et M les modes de **transport** ;
- les δ_i sont les surfaces consacrées aux différents usages (ie. **variables de décision**) ;
- les c_i sont les coûts de ces surfaces.



Chaque *archétype* / *forme urbaine* est caractérisé par une **utilisation du sol**

On a :

$$\forall a \in A, r_a^{\text{naturel}} + r_a^{\text{route}} + r_a^{\text{bati}} \leq 1 \quad (2)$$

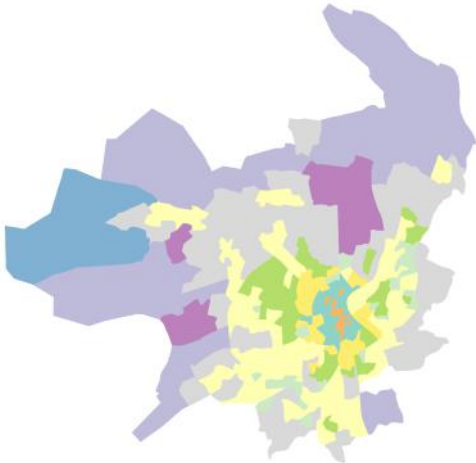


Figure : L'ensemble des quartiers de la métropole classés dans un des dix archétypes d'utilisation des sols



Archétypes de formes urbaines

Répartition des archétypes de **formes urbaines** en 2014

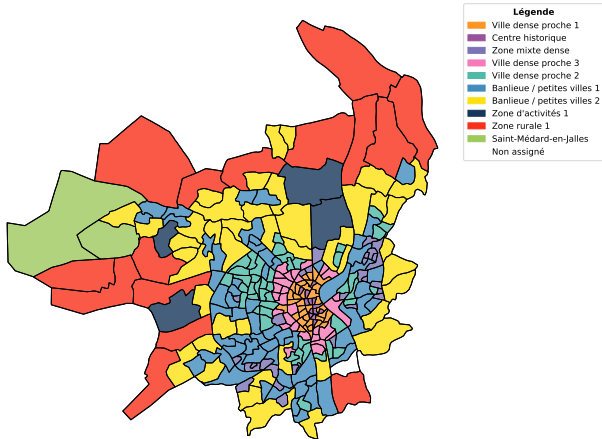


Figure – Clusters de formes urbaines et archétypes associés



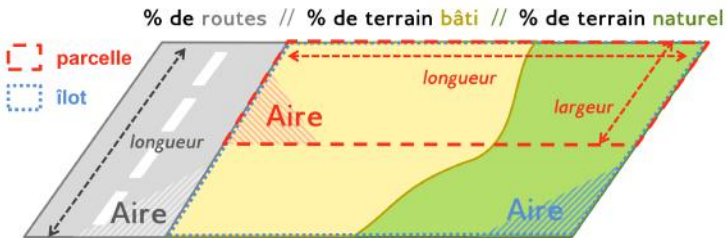


Figure – Illustration non exhaustive de paramètres retenus pour la caractérisation des formes urbaines.



Archétypes de bâtiments

Répartition des archétypes de **bâtiments** en 2014

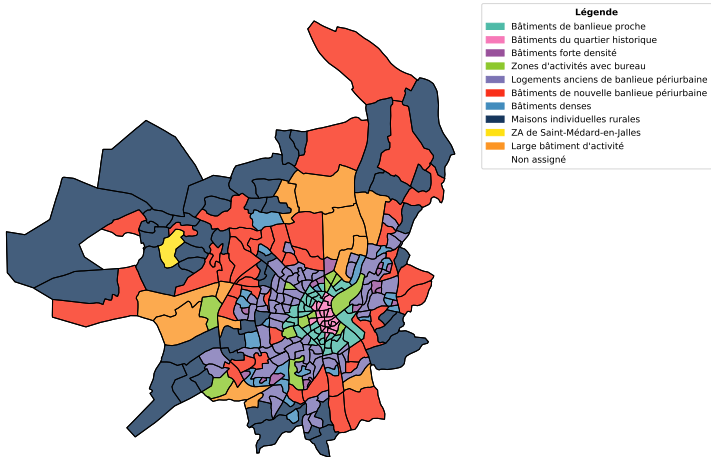


Figure – Clusters de bâtiments et archétypes associés



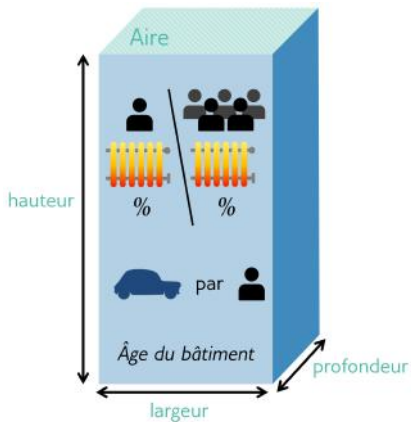
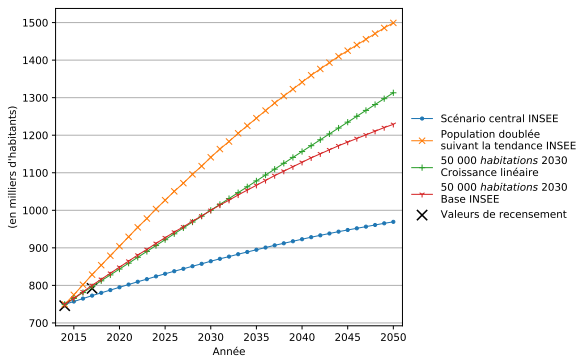


Figure – Illustration non exhaustive de paramètres retenus pour la caractérisation des bâtiments.



Scénario de doublement de la population



Scénario de densification autour des axes de transport

Légende

Distance à l'arrêt de tramway le plus proche (en m)

- 0 - 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- 2500 - 3000
- 3000 - 3500

