Le modèle de “Villes monocentriques”

Frédéric Robert-Nicoud

GSEM, Université de Genève, et CEPR, Londres

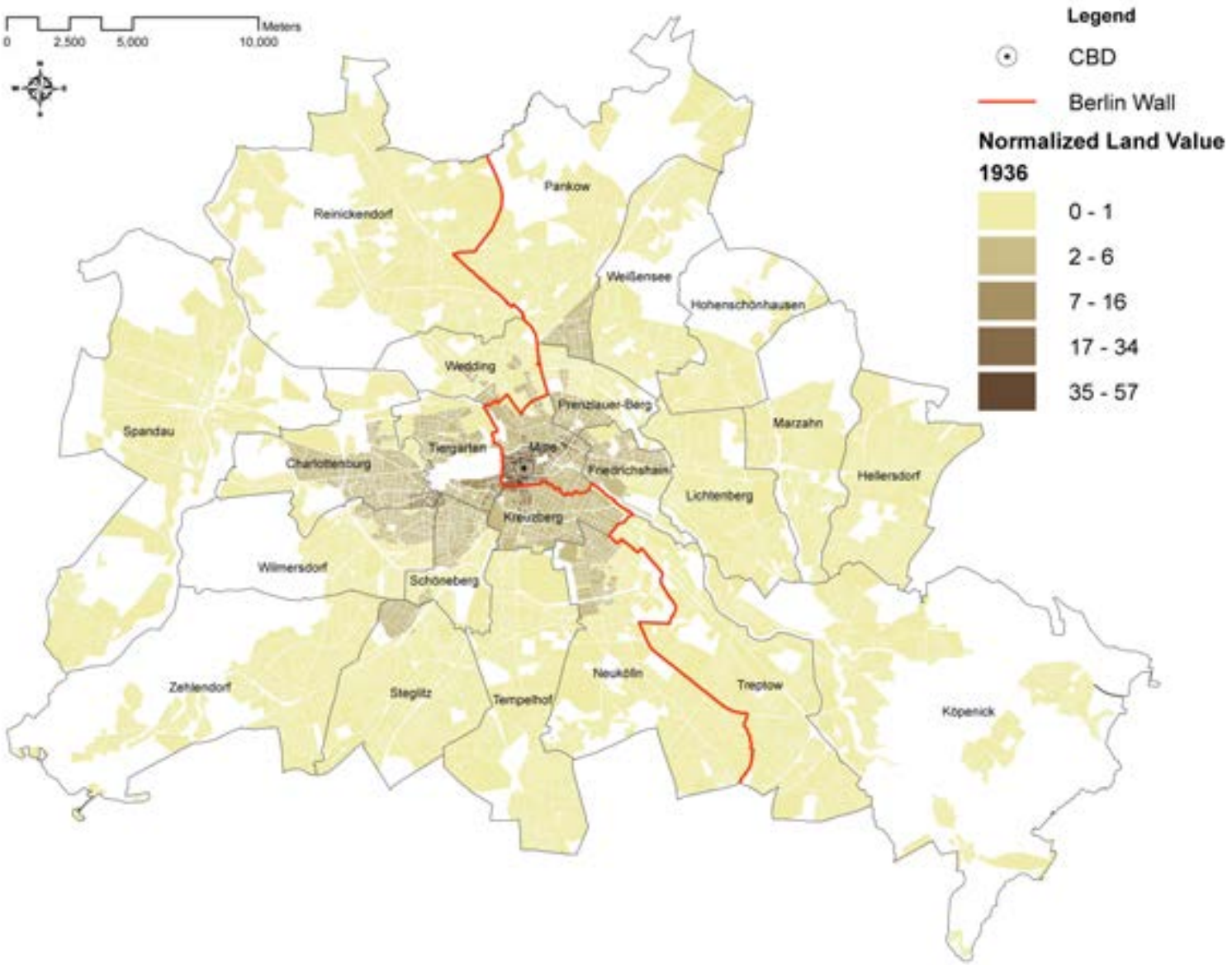
Novembre 2014

Remerciements à Kurt Schmidheiny (Université de Bâle) pour ses transparents et m'avoir autorisé à les utiliser, à Diego Puga (CEMFI) et Steve Redding (Princeton) pour les figures de Paris et Berlin, et à Sébastien Bétrisey et Lucian Schneider pour le support et la relecture attentive de ce document.

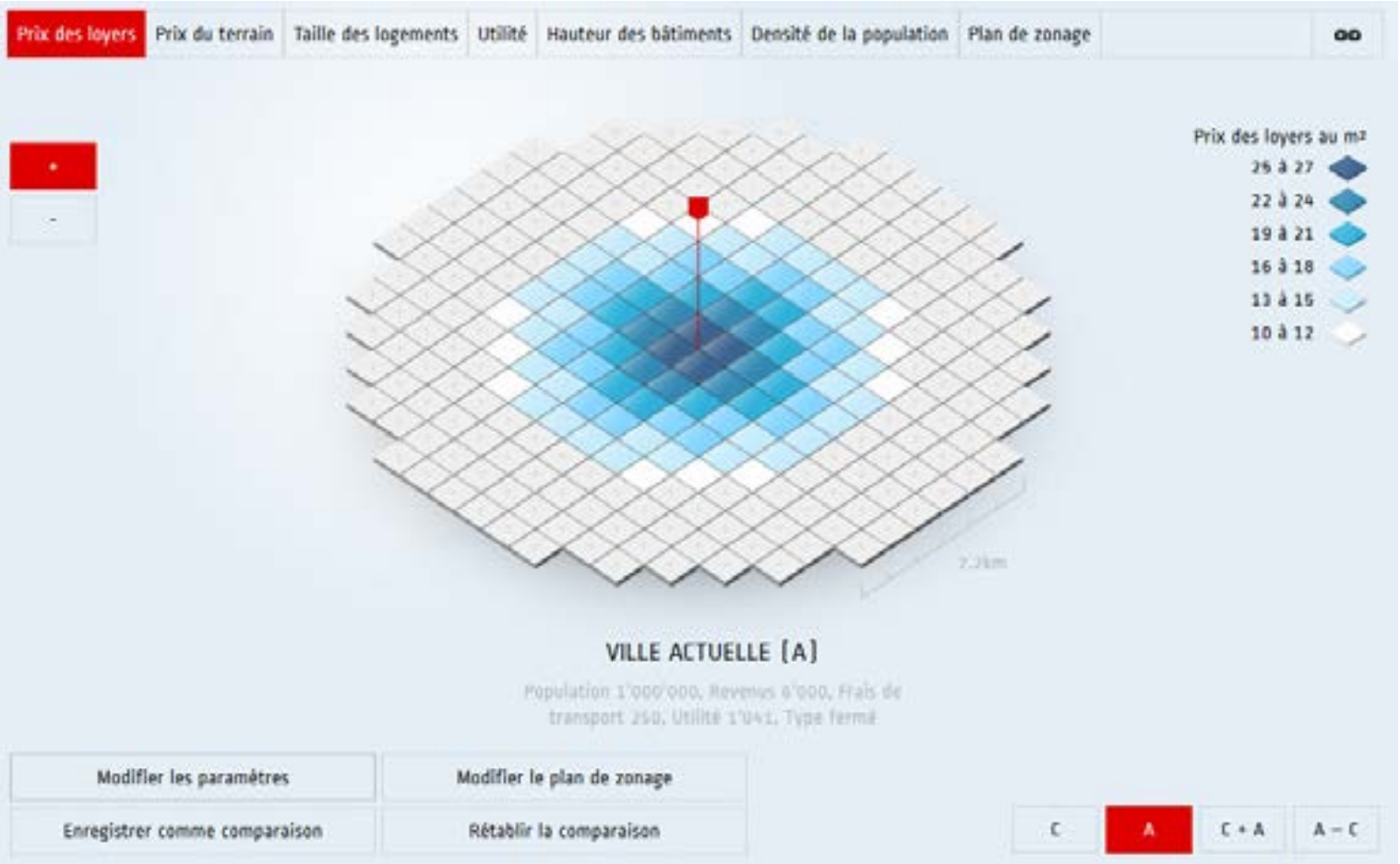
Densité urbaine à Manhattan

Prix du foncier urbain: Terrains à Berlin, 1936

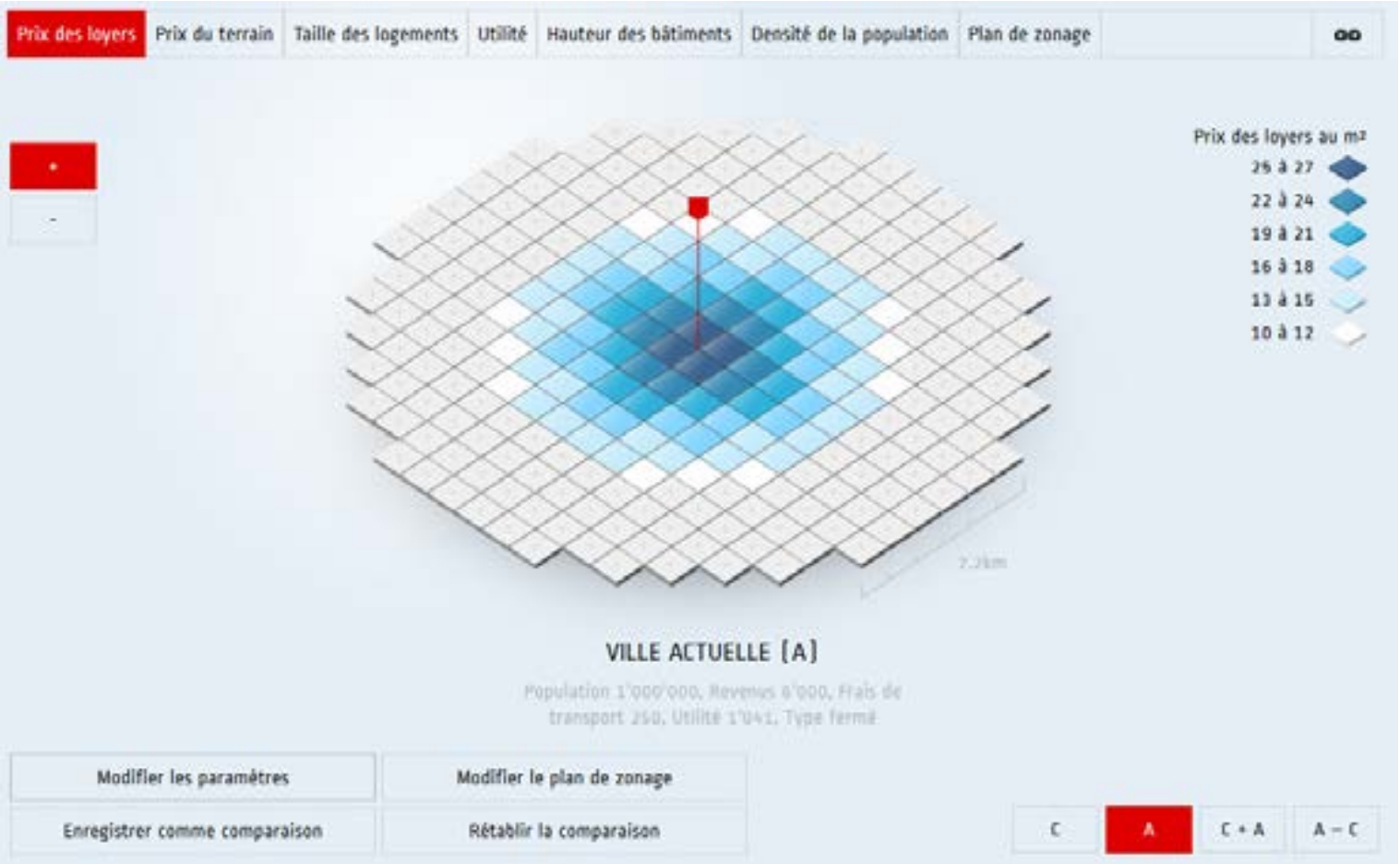
Source: Ahfeldt, Redding, Sturm & Wolf (2014), The economics of urban density (mimeo LSE, Princeton, Humboldt)



Prix du foncier urbain: Loyers à Urbanias



Prix du foncier urbain: Loyers à Urbanias



Les prix du sol et des logements et les densités physiques et de population sont tous plus élevés au centre-ville qu'en périphérie

- Les quatre sont liés

Plan

1. Le modèle de ville monocentrique

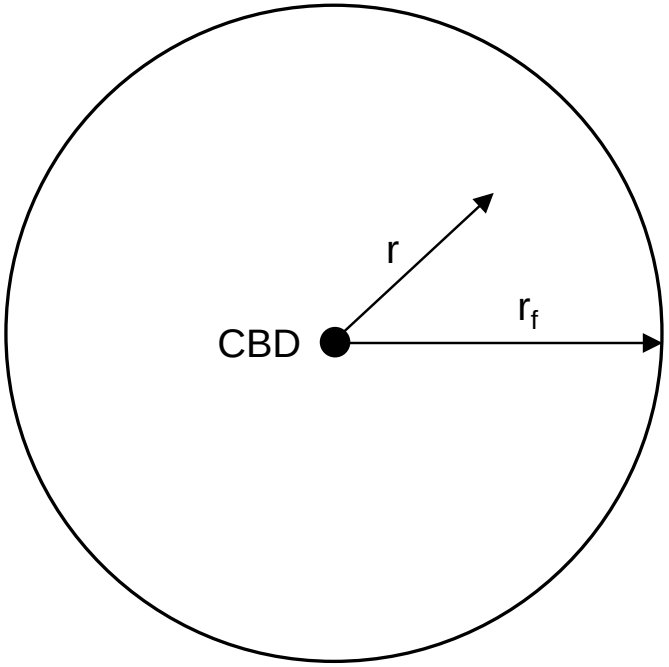
2. Equilibre spatial
   - Prix des logements
   - Taille des logements et loi de la demande
   - Taille des immeubles et loi de l'offre
   - Prix des terrains
   - Densité de population

3. La capitalisation

4. Politiques publiques
   - Infrastructures de transports urbains
   - Zonage

5. Modèle de ville monocentrique: Résumé et conclusion

Hypothèses du modèle de ville monocentrique: Géographie



CBD: Central Business District

r: Distance domicile-CBD (*pendulage*)

r_f: Rayon de la ville

Hypothèses du modèle de ville monocentrique: Individus

- Les individus sont identiques
- Touchent un revenu fixe de Y francs/mois
- Leur utilité dépend de 3 biens et services:
  - consomment un bien de consommation, z unités
  - un logement, caractérisé par sa surface habitable s
  - et dépensent T francs en "transport"
- Leur utilité ne dépend pas du lieu de résidence (équilibre spatial)

Hypothèses du modèle de ville monocentrique: Pendulage

- Chaque kilomètre de pendulage coûte t francs
  Exemple: 250 CHF/km/mois
- Un ménage qui vit à une distance r du CBD dépense

$$T(r) = t \cdot r$$

  pour ses trajets
  Exemple: $250 \cdot 5 = 1250$ CHF par mois pour le ménage vivant à 5km du CBD.

2. Equilibre spatial
   - Prix des logements
   - Loi de la demande et Taille des logements
   - Loi de l'offre et Taille des immeubles
   - Prix des terrains
   - Densité de population

L'équilibre spatial avec ménages identiques

Concept no. 1: Equilibre spatial

A l'équilibre spatial, les prix du logement s'ajustent de telle manière qu'aucun ménage ne préfère s'établir ailleurs qu'à son domicile actuel. Tous les ménages obtiennent le même niveau de satisfaction à l'équilibre spatial.

L'équilibre spatial avec ménages identiques (suite)

- Si les prix étaient partout identiques, tous les ménages désireraient habiter au centre-ville (là où le pendulage nul)
- Si les coûts de pendulage étaient nuls, tous les ménages désireraient habiter en périphérie (là où les prix sont bas)

L'équilibre spatial avec ménages identiques (suite)

- Si les prix étaient partout identiques, tous les ménages désireraient habiter au centre-ville (là où le pendulage nul)
- Si les coûts de pendulage étaient nuls, tous les ménages désireraient habiter en périphérie (là où les prix sont bas)

Ces situations ne sont pas compatibles avec la notion d'équilibre

L'équilibre spatial avec ménages identiques (suite)

- Si les prix étaient partout identiques, tous les ménages désireraient habiter au centre-ville (là où le pendulage nul)
- Si les coûts de pendulage étaient nuls, tous les ménages désireraient habiter en périphérie (là où les prix sont bas)

Ces situations ne sont pas compatibles avec la notion d'équilibre

- Les prix du logement s'ajustent à la hausse au centre-ville et à la baisse en périphérie jusqu'à ce que tous les lieux soient également attractifs

L'équilibre spatial avec ménages identiques (suite)

- Si les prix étaient partout identiques, tous les ménages désireraient habiter au centre-ville (là où le pendulage nul)
- Si les coûts de pendulage étaient nuls, tous les ménages désireraient habiter en périphérie (là où les prix sont bas)

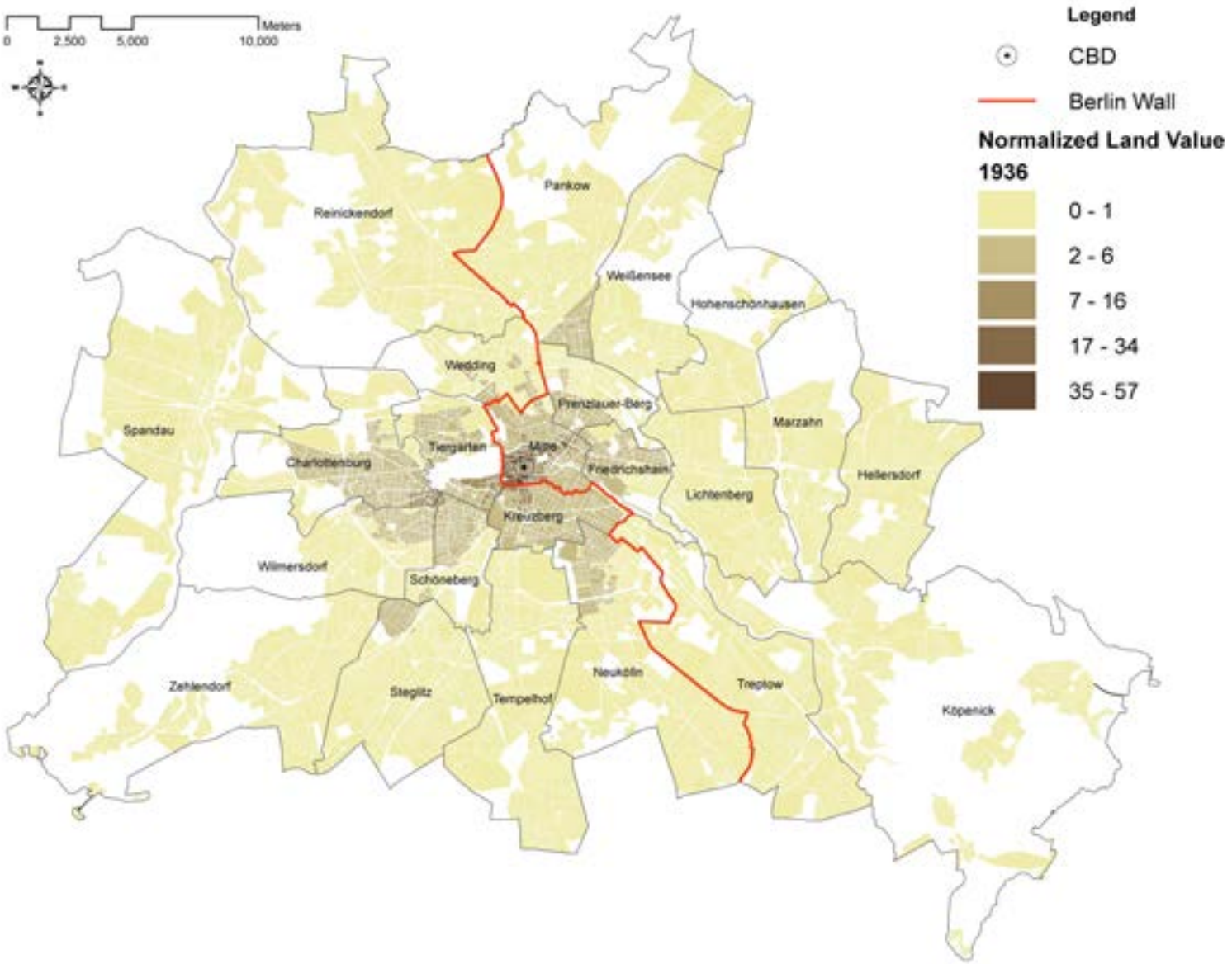
Ces situations ne sont pas compatibles avec la notion d'équilibre

- Les prix du logement s'ajustent à la hausse au centre-ville et à la baisse en périphérie jusqu'à ce que tous les lieux soient également attractifs

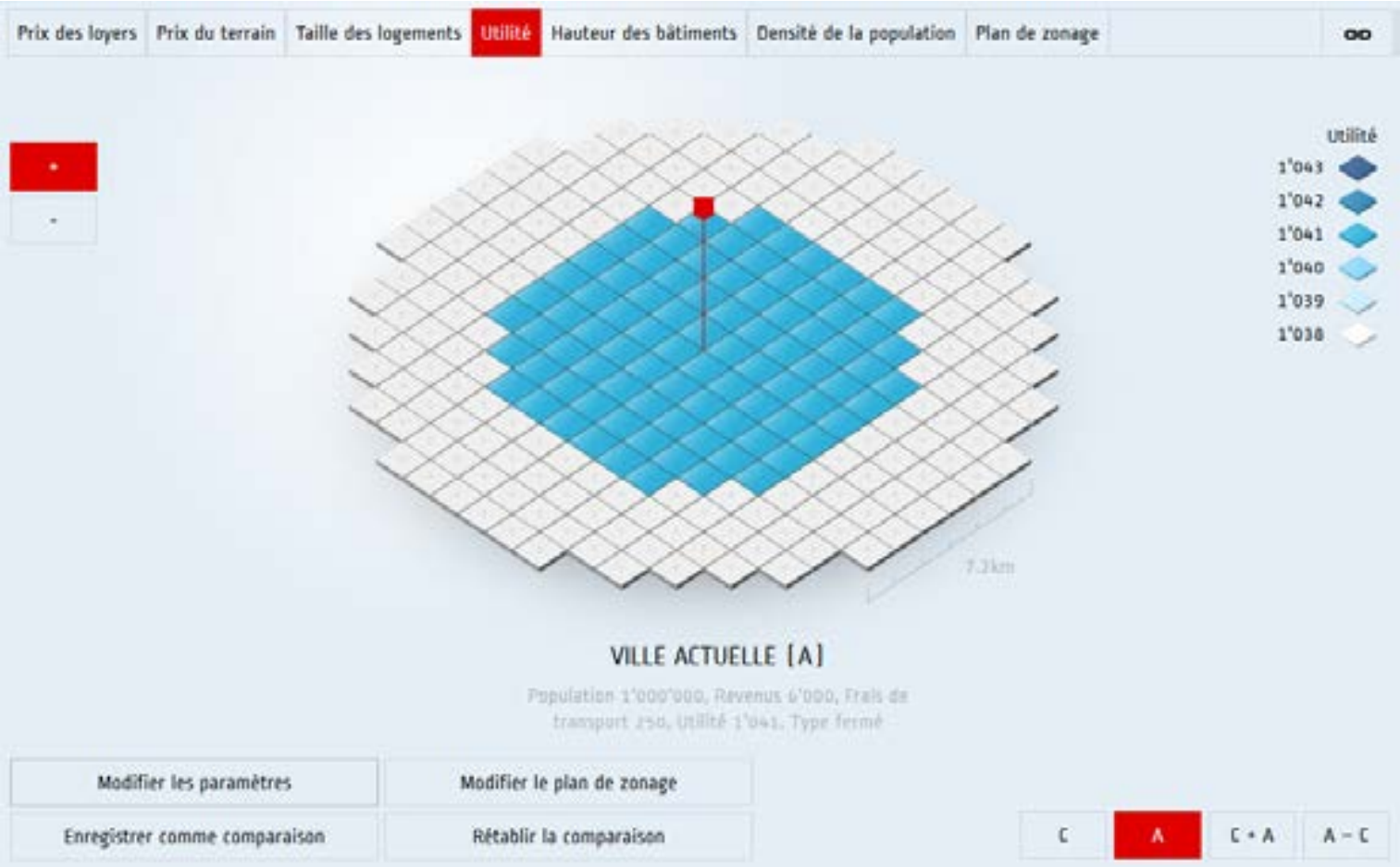
$\Rightarrow$ Les prix du logement sont donc les plus élevés au centre et décroissent jusqu'en périphérie

Rappel: Prix des terrains à Berlin, 1936

Source: Ahfeldt, Redding, Sturm & Wolf (2014), The economics of urban density (mimeo LSE, Princeton, Humboldt)



Utilité à l'équilibre spatial à Urbanias



Relation entre la taille des logements et la distance au CBD

Les logements sont plus petits au centre-ville qu'en périphérie – Pourquoi?

Taille des logements et loi de la demande

Concept no. 2: Loi de la demande (biens ordinaires)

Lorsque le prix d'un bien ou d'un service augmente relativement aux prix des autres biens, alors la quantité demandée du bien ou du service diminue.

Taille des logements et loi de la demande

Concept no. 2: Loi de la demande (biens ordinaires)

Lorsque le prix d'un bien ou d'un service augmente relativement aux prix des autres biens, alors la quantité demandée du bien ou du service diminue.

Rappel:

- Les prix et loyers à proximité du CBD sont relativement élevés
- Les prix et loyers en périphérie sont relativement bas

Taille des logements et loi de la demande (suite)

Application du concept no. 2 à la taille des logements

Les logements au centre-ville sont plus petits que les logements en périphérie.

- La densité de population décroît avec l'éloignement du CBD
- Conséquence de l'effet de substitution entre s (taille du logement) et z (consommation des autres biens et services)
- Règle du pouce: les dépenses de logement représentent une part constante du revenu brut
  - 15% en Suisse (contre 23% en France et 24% aux USA)
  - Soit 21% du revenu après impôts et assurances sociales et maladie

Source: OFS. Dans le modèle, l'utilité ne dépend directement que de s et du montant alloué à z (et pas du pendulage). Pour cette raison, dans les exemples numériques suivants, j'utilise une part de 22% du revenu net d'impôts, d'assurances et de coût de pendulage.

Exemple numérique I

Budget d'un ménage résident au centre-ville ($r = 707m$)

Prix locatif: $R(707) = 25.9$ CHF/m^2

Loyer	25.9 CHF/m^2 · 58.9 m^2	1'526 CHF
Pendulage	250 CHF/km · 0.707 km	177 CHF
Autres		5'409 CHF
Revenu		7'112 CHF
Disponible		6'935 CHF
Part du logement	1'526/6'935	22%
Utilité [1]		2001 "utils"

[1] $U(58.9, 5'409) = 58.9^{0.22} 5409^{0.78} = 2001$

Exemple numérique I (suite)

Budget d'un ménage résident en périphérie ($r = 5'638m$)

Prix locatif: $R(5'638) = 10.65$ CHF/m^2

Loyer	10.65 CHF/m^2 · 117.8 m^2	1'254.60 CHF
Pendulage	250 CHF/km · 5.638 km	1'409.40 CHF
Autres		4'448 CHF
Revenu		7'112 CHF
Disponible		5'702.6 CHF
Part du logement	1'254.6/5'702.6	22%
Utilité [1]		2001 "utils"

[1] $U(117.8, 4'448) = 117.8^{0.22} 4448^{0.78} = 2001$

Densité de logements à Paris, 2012

Source: Duranton et Puga (2014)

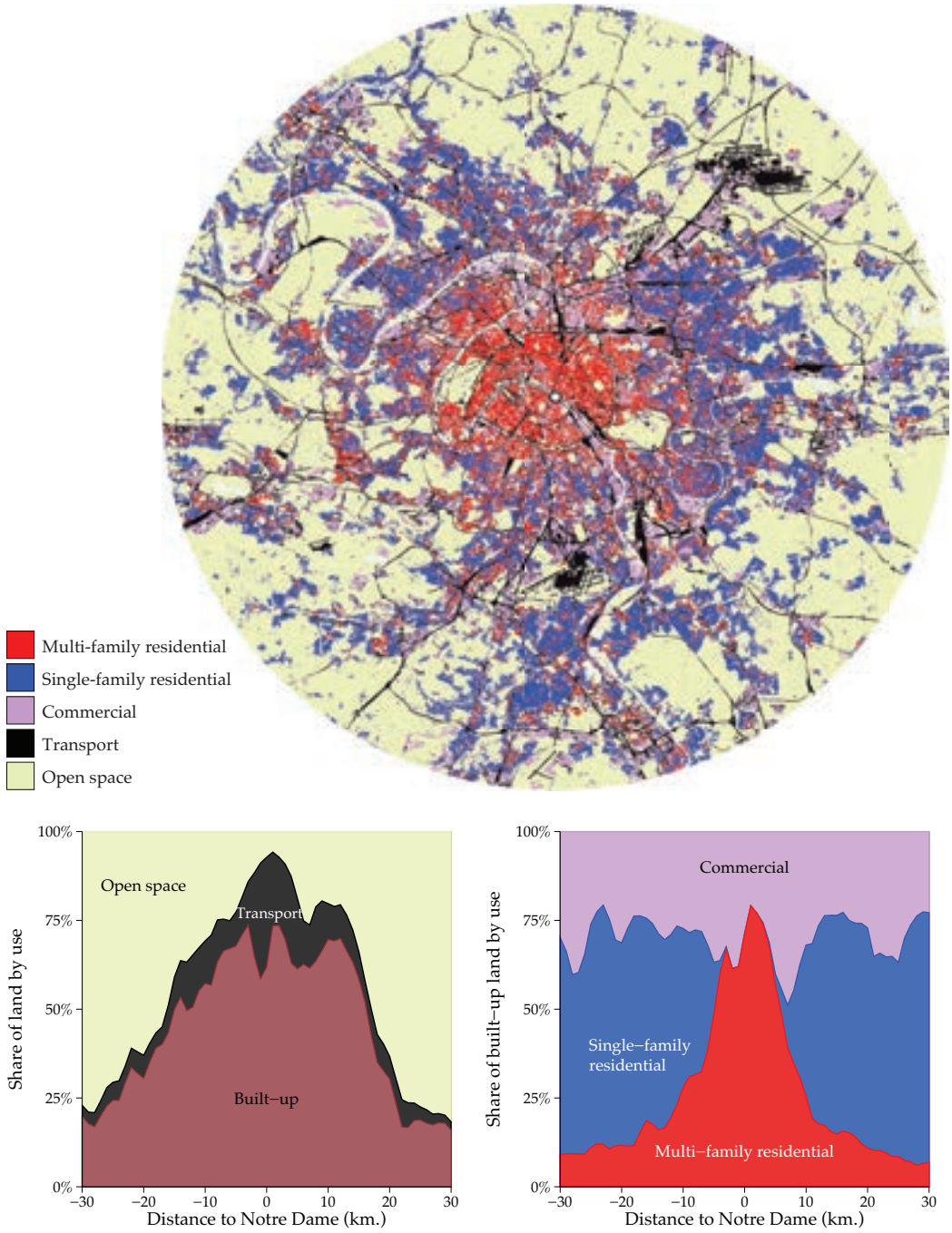


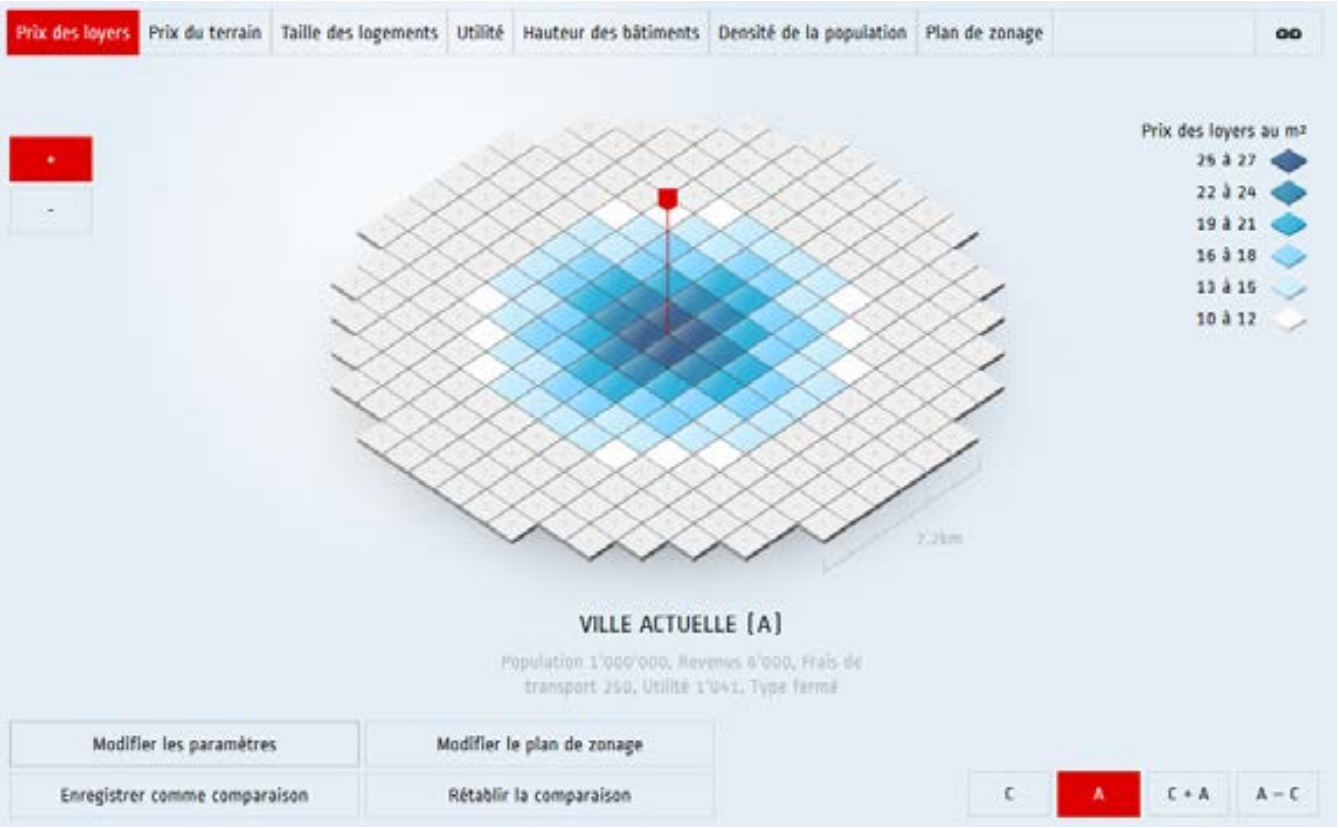
Figure 1: Distribution of land across uses in Paris

Hauteur des immeubles à Urbanias à l'équilibre spatial

Hauteur des immeubles à Manhattan

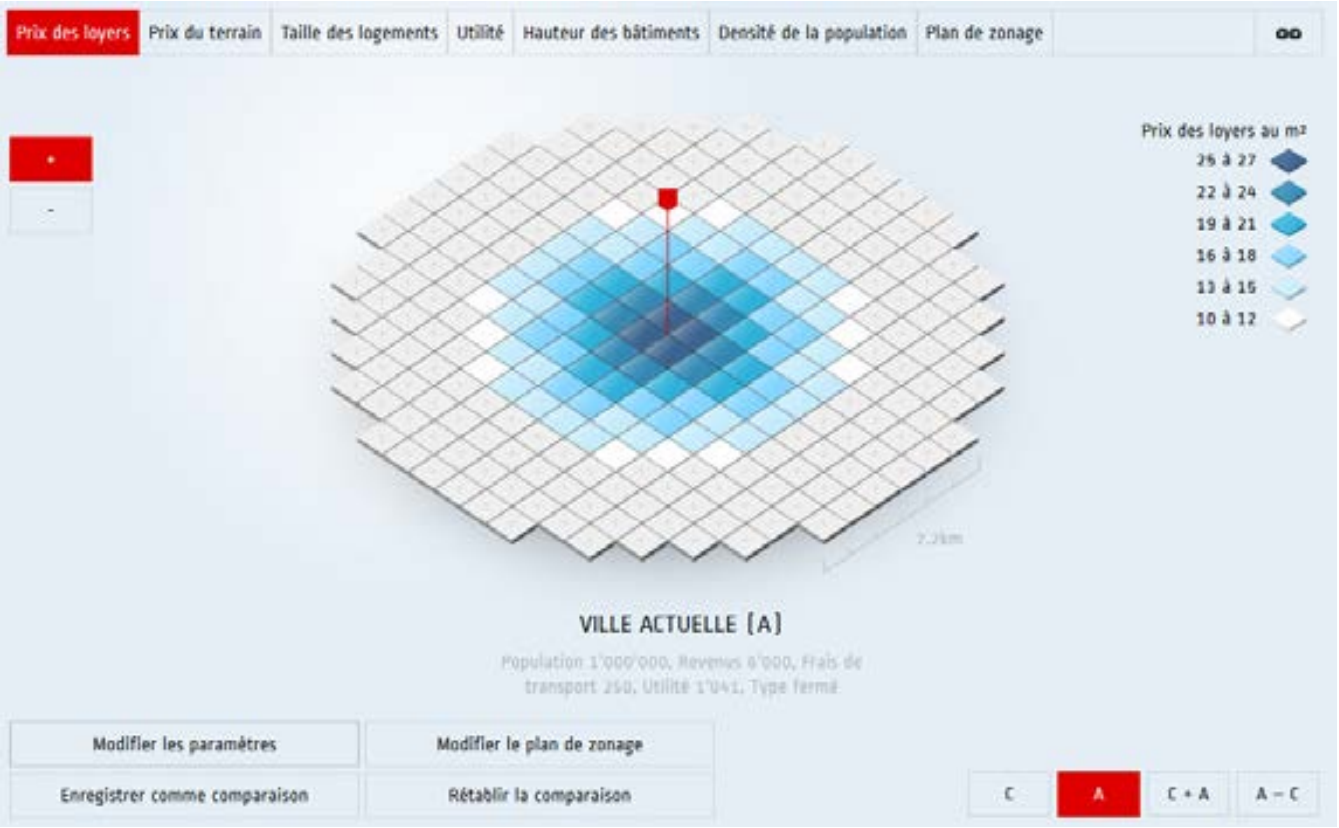
Les bâtiments ont plus d'étages au centre-ville – Pourquoi?

Loyers à Urbanias à l'équilibre spatial



Les loyers sont plus élevés au centre-ville – Pourquoi?

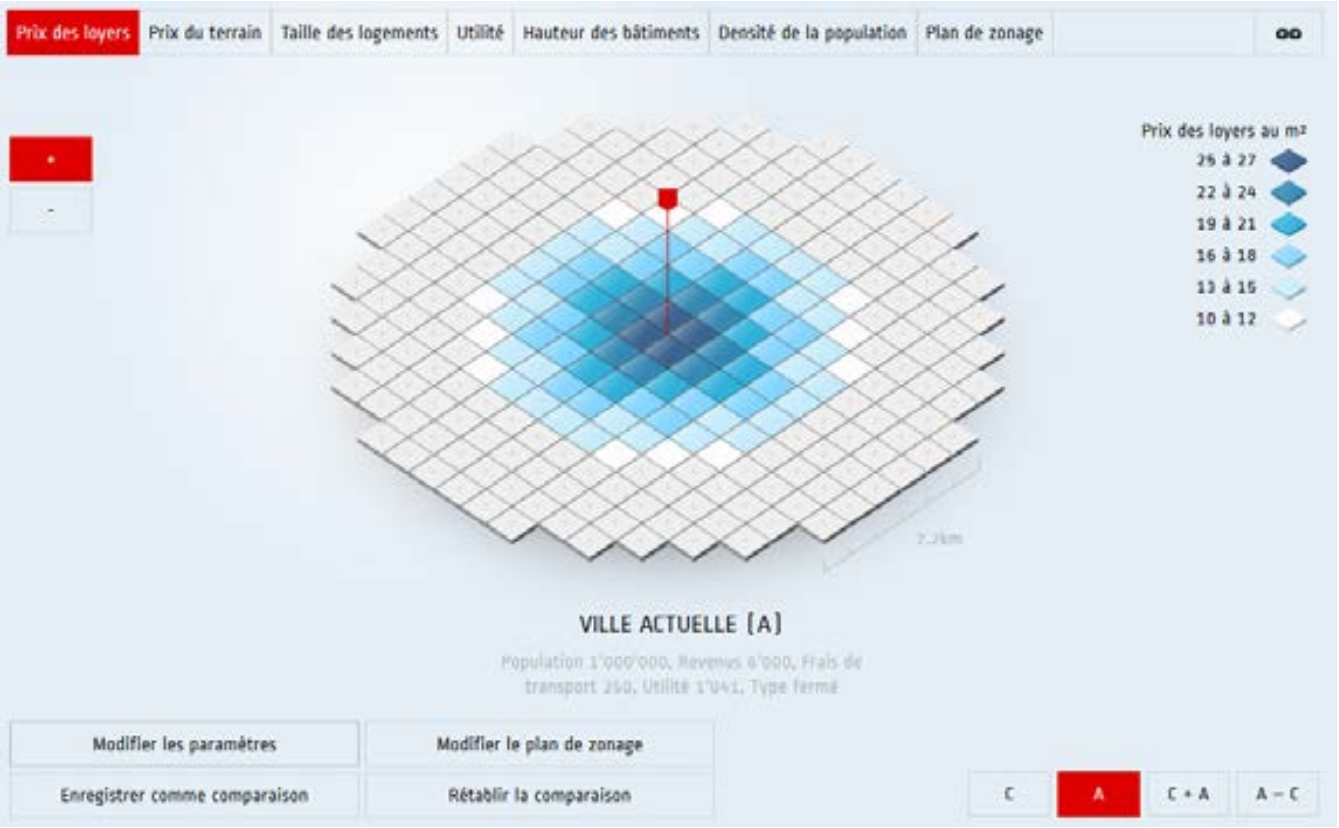
Loyers à Urbanias à l'équilibre spatial



Les loyers sont plus élevés au centre-ville – Pourquoi?

- La demande y est plus élevée (équilibre spatial)

Loyers à Urbanias à l'équilibre spatial



Les loyers sont plus élevés au centre-ville – Pourquoi?

- La demande y est plus élevée (équilibre spatial)
- Les coûts marginaux de production de logement sont croissants (loi de l'offre)

Hauteur des bâtiments et loi de l'offre

Concept no.3: Loi de l'offre (ou loi des rendements décroissants)

Pour une quantité donnée d'occupation du sol, les coûts de construction par m^2 habitable augmentent avec le nombre de m^2 construits.

[1] Plus coût de remplacement du capital déprécié.

Hauteur des bâtiments et loi de l'offre

Concept no.3: Loi de l'offre (ou loi des rendements décroissants)

Pour une quantité donnée d'occupation du sol, les coûts de construction par m^2 habitable augmentent avec le nombre de m^2 construits.

- Le seul moyen d'augmenter la surface habitable pour une surface au sol donnée est de construire en hauteur
- La densification est coûteuse: chaque étage supplémentaire requiert la résolution de problèmes d'architecture et d'ingénierie de plus en plus complexes

[1] Plus coût de remplacement du capital déprécié.

Hauteur des bâtiments et loi de l'offre

Concept no.3: Loi de l'offre (ou loi des rendements décroissants)

Pour une quantité donnée d'occupation du sol, les coûts de construction par m^2 habitable augmentent avec le nombre de m^2 construits.

- Le seul moyen d'augmenter la surface habitable pour une surface au sol donnée est de construire en hauteur
- La densification est coûteuse: chaque étage supplémentaire requiert la résolution de problèmes d'architecture et d'ingénierie de plus en plus complexes

→ Les investisseurs bâtissent jusqu'à ce que le coût marginal de production du projet[1] coïncide avec la disponibilité à payer des acheteurs/locataires. Cette disponibilité à payer est plus élevée au centre-ville qu'en périphérie

[1] Plus coût de remplacement du capital déprécié.

Hauteur des bâtiments et loi de l'offre

Concept no.3: Loi de l'offre (ou loi des rendements décroissants)

Pour une quantité donnée d'occupation du sol, les coûts de construction par m^2 habitable augmentent avec le nombre de m^2 construits.

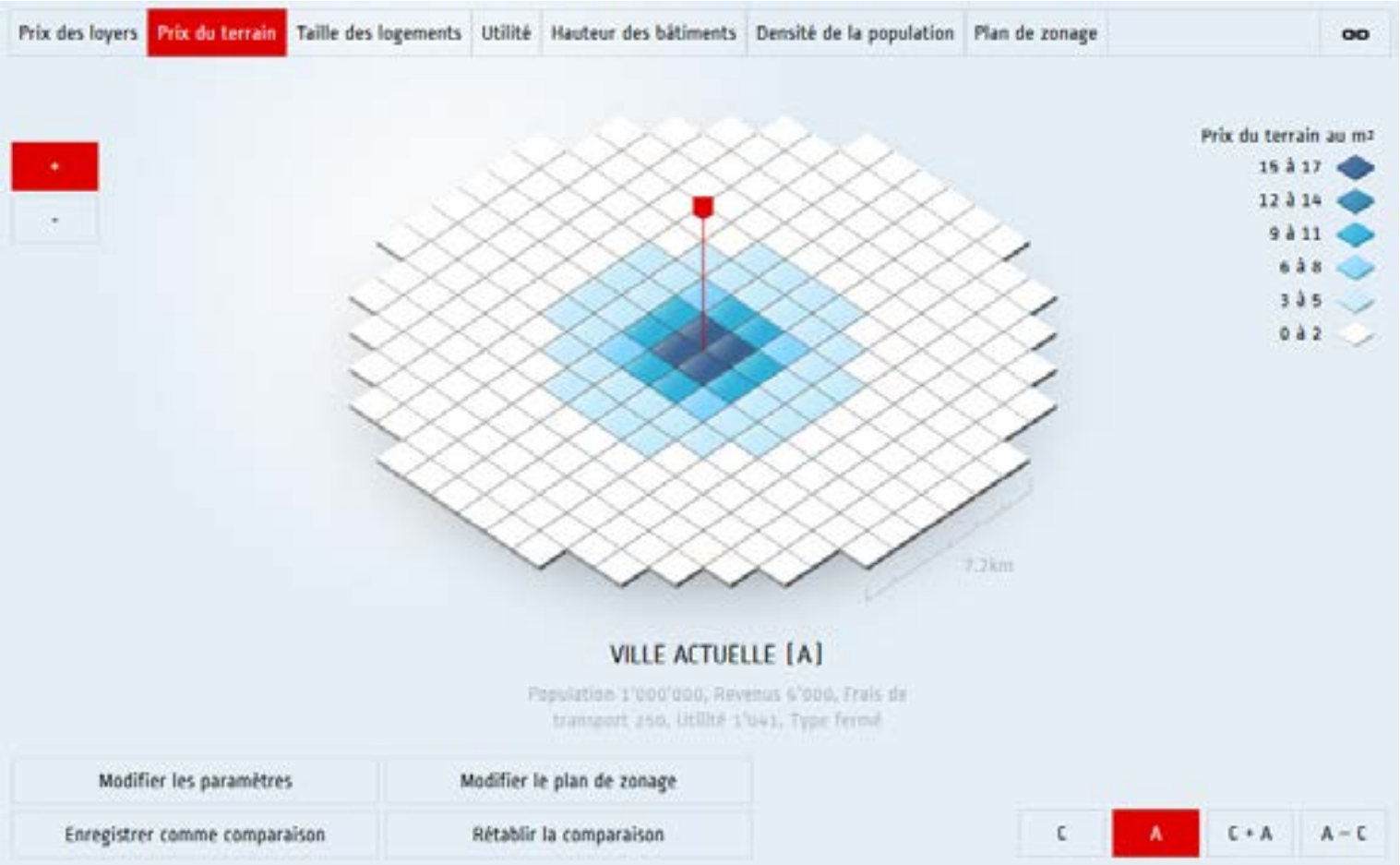
- Le seul moyen d'augmenter la surface habitable pour une surface au sol donnée est de construire en hauteur
- La densification est coûteuse: chaque étage supplémentaire requiert la résolution de problèmes d'architecture et d'ingénierie de plus en plus complexes

$\rightarrow$ Les investisseurs bâtissent jusqu'à ce que le coût marginal de production du projet[1] coïncide avec la disponibilité à payer des acheteurs/locataires. Cette disponibilité à payer est plus élevée au centre-ville qu'en périphérie

$\Rightarrow$ La densité est la plus élevée au centre-ville.

[1] Plus coût de remplacement du capital déprécié.

Prix du sol à Urbanias à l'équilibre spatial



Les prix des terrains sont les plus élevés au centre-ville – Pourquoi?

Prix du sol à l'équilibre spatial (suite)

- Les loyers d'un immeuble sont égaux au coût marginal de production du dernier étage
- Le surplus entre loyer et coût unitaire pour les étages inférieurs revient à l'investisseur
- Ces surplus sont les plus élevés au centre-ville

Prix du sol à l'équilibre spatial (suite)

- Les loyers d'un immeuble sont égaux au coût marginal de production du dernier étage
- Le surplus entre loyer et coût unitaire pour les étages inférieurs revient à l'investisseur
- Ces surplus sont les plus élevés au centre-ville

$\rightarrow$ Enchères foncières: les investisseurs sont prêts à payer un montant élevé pour acquérir les terrains du centre-ville

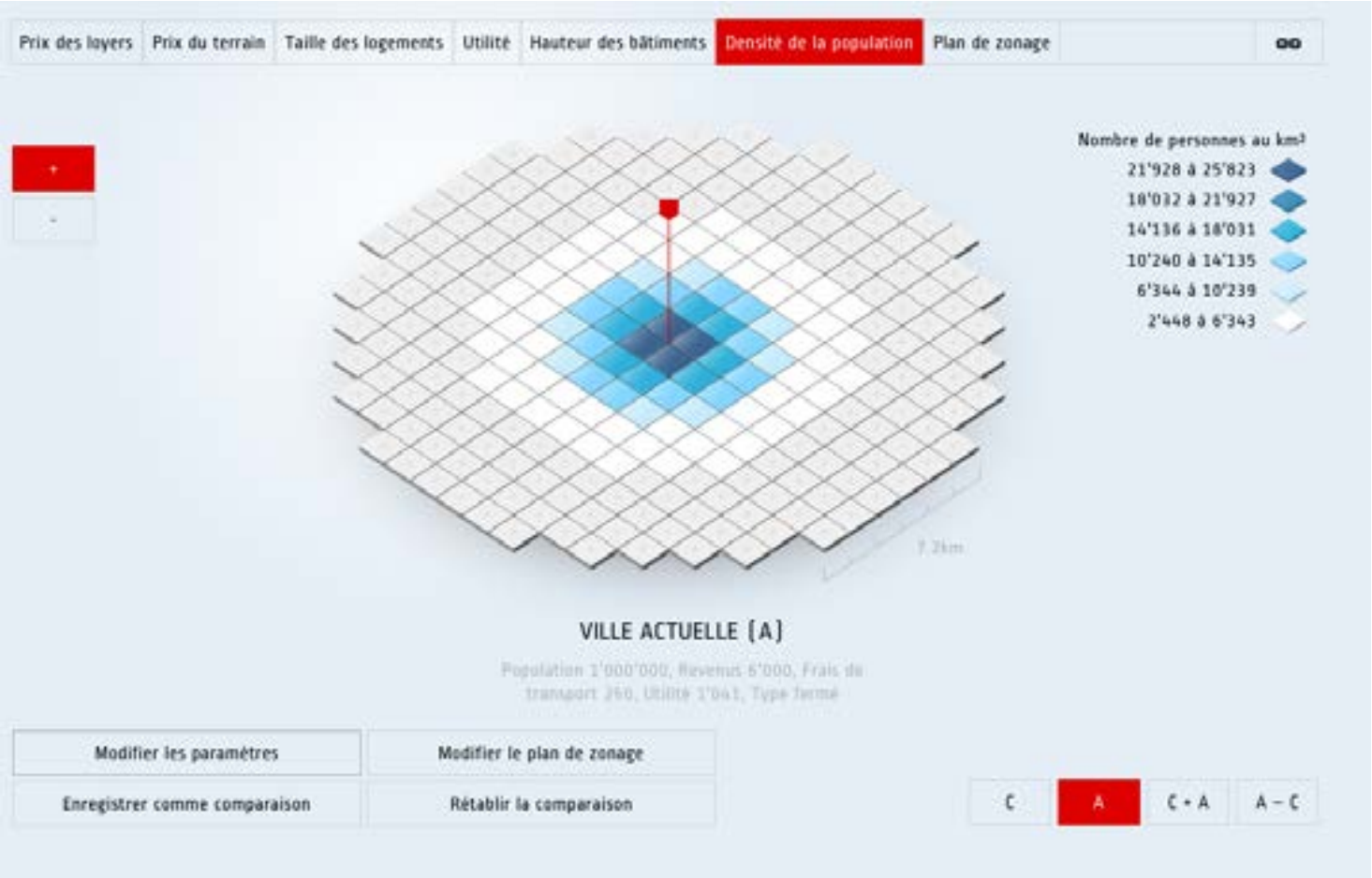
Prix du sol à l'équilibre spatial (suite)

- Les loyers d'un immeuble sont égaux au coût marginal de production du dernier étage
- Le surplus entre loyer et coût unitaire pour les étages inférieurs revient à l'investisseur
- Ces surplus sont les plus élevés au centre-ville

$\rightarrow$ Enchères foncières: les investisseurs sont prêts à payer un montant élevé pour acquérir les terrains du centre-ville

$\Rightarrow$ Le prix du sol érode le bénéfice de l'investisseur

Densité de population à Urbanias à l'équilibre spatial



Densité de population à l'équilibre spatial

- Les appartements les plus petits sont au centre-ville
- Les immeubles les plus hauts sont au centre-ville (densité physique)

Densité de population à l'équilibre spatial

- Les appartements les plus petits sont au centre-ville
- Les immeubles les plus hauts sont au centre-ville (densité physique)

$\Rightarrow$ La densité de population est la plus élevée au centre-ville

3. La capitalisation des caractéristiques dans le prix du foncier

Capitalisation dans le prix des logements et des terrains

Concept no. 4: La capitalisation

Les prix des terrains reflètent leurs caractéristiques désirables ou non

- Proximité du lieu de travail: les terrains proches du CBD et des arrêts de métro ont plus de valeur
- Aménités de consommation: proximité des plans d'eau, parcs, théâtres, etc.
- Aménités de production: proximité des ports, aéroports, embranchements d'autoroute, etc.
- Pollutions sonore, visuelle, industrielle, etc.

Capitalisation dans le prix des logements et des terrains

Concept no. 4: La capitalisation

Les prix des terrains reflètent leurs caractéristiques désirables ou non

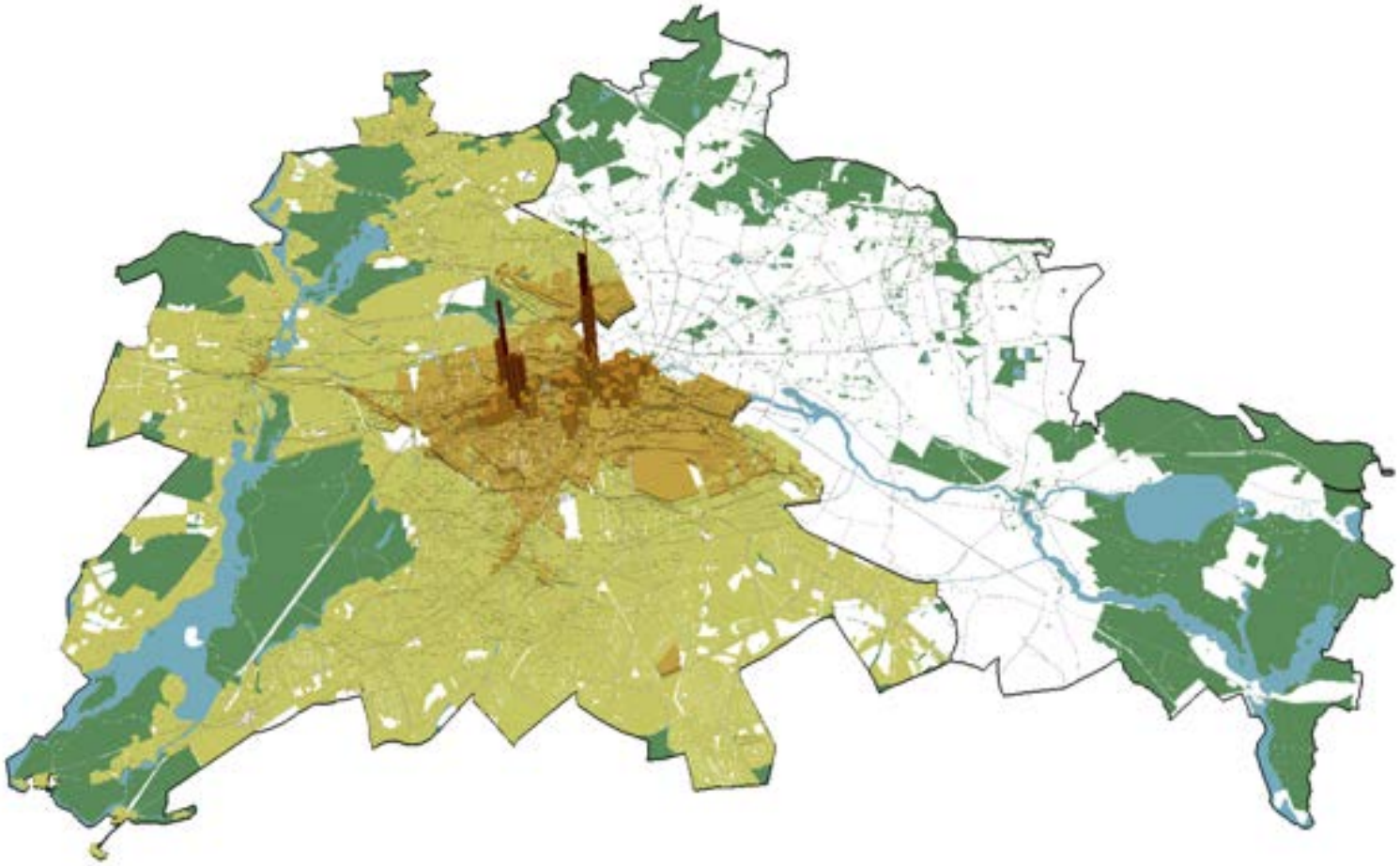
- Proximité du lieu de travail: les terrains proches du CBD et des arrêts de métro ont plus de valeur
- Aménités de consommation: proximité des plans d'eau, parcs, théâtres, etc.
- Aménités de production: proximité des ports, aéroports, embranchements d'autoroute, etc.
- Pollutions sonore, visuelle, industrielle, etc.

$\rightarrow$ Indépendantes des interventions des propriétaires fonciers

$\Rightarrow$ "Théorème d'Henry Georges" (1839-1897)

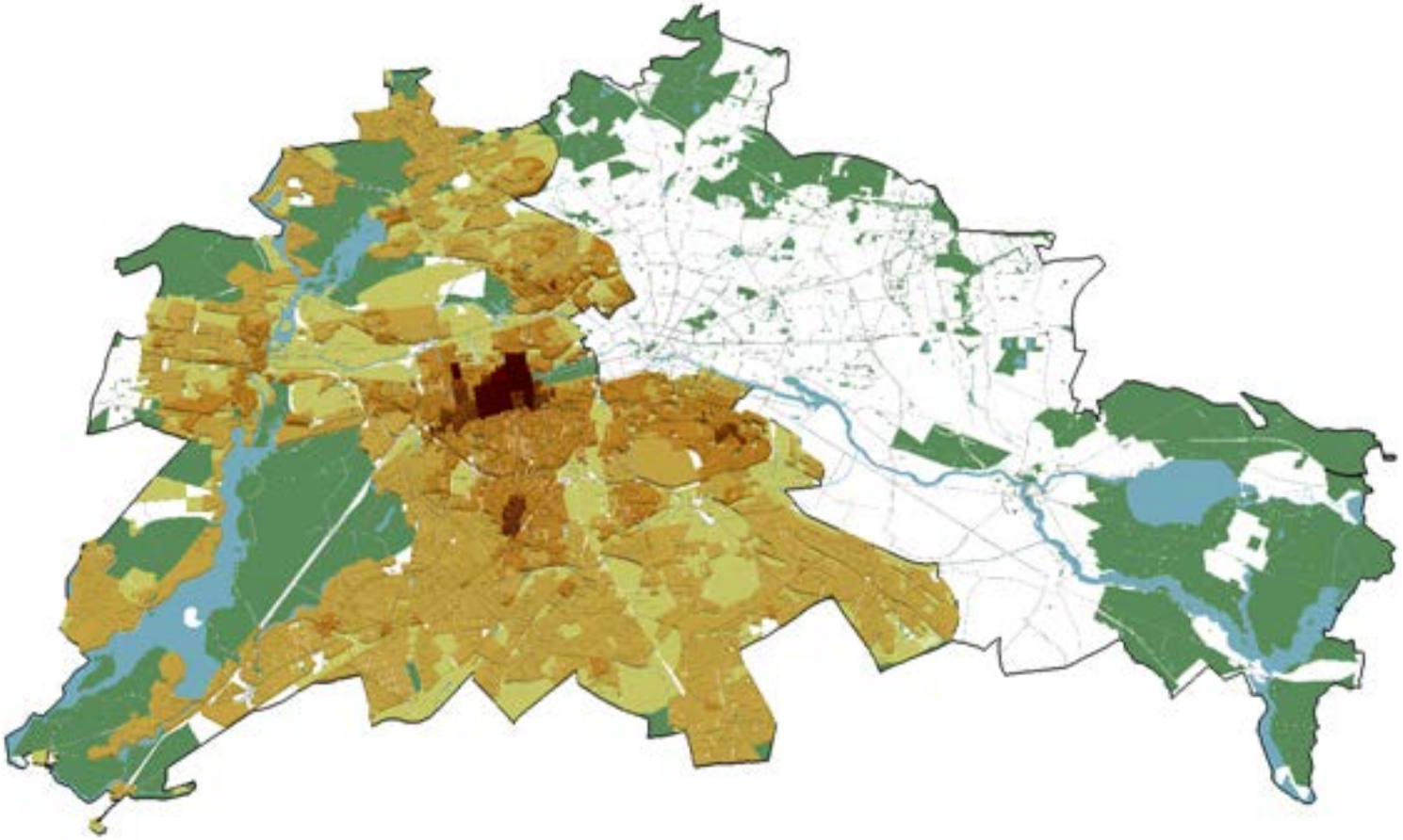
Prix du foncier urbain: Berlin Ouest, 1936

Source: Ahfeldt, Redding, Sturm & Wolf (2014), The economics of urban density (mimeo LSE, Princeton, Humboldt)



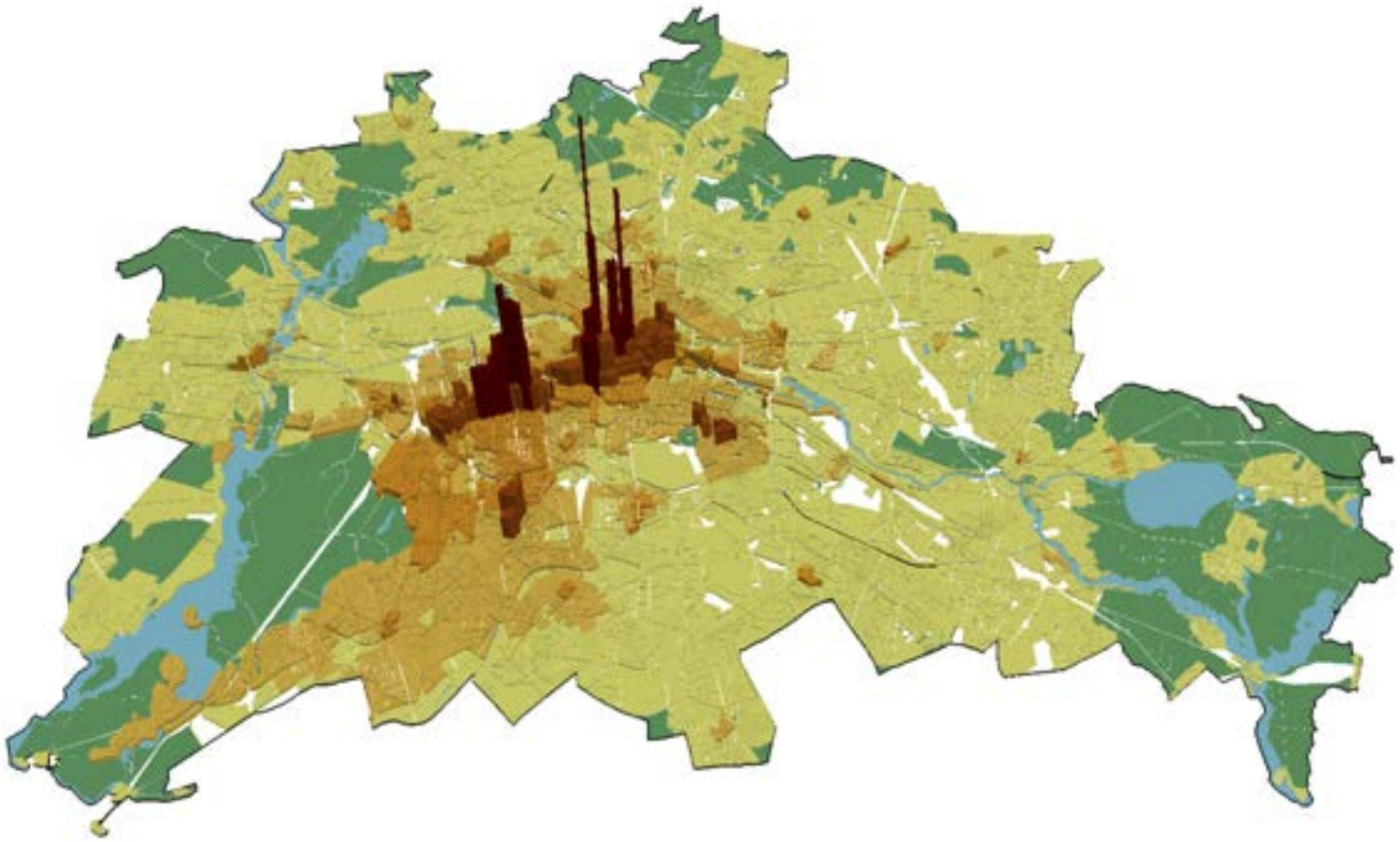
Prix du foncier urbain: Berlin Ouest, 1986

Source: Ahfeldt, Redding, Sturm & Wolf (2014), The economics of urban density (mimeo LSE, Princeton, Humboldt)



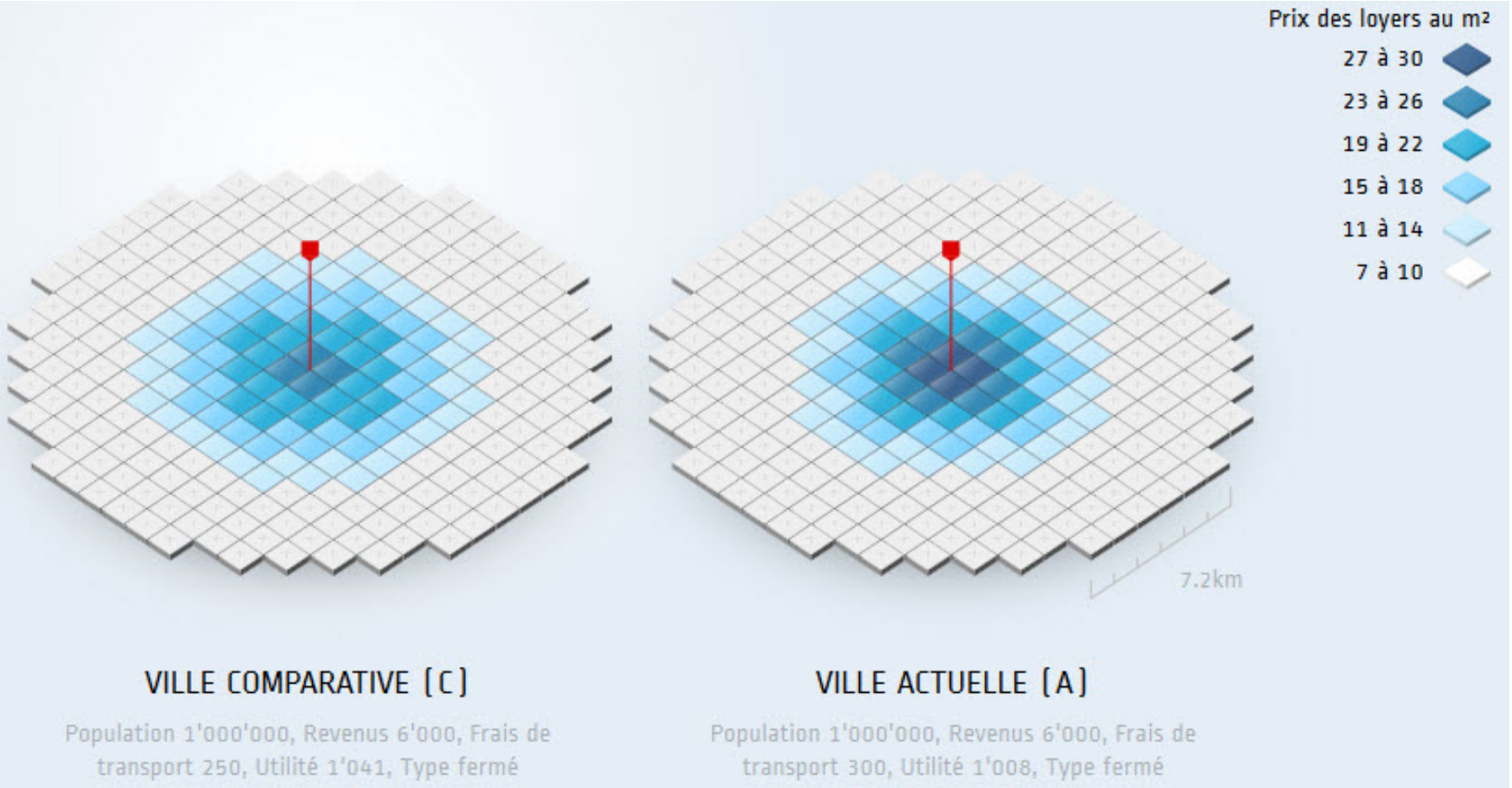
Prix du foncier urbain: Berlin, 2006

Source: Ahfeldt, Redding, Sturm & Wolf (2014), The economics of urban density (mimeo LSE, Princeton, Humboldt)



4. Politiques publiques
   - Infrastructures de transports urbains
   - Zonage (restriction de la taille des immeubles)

Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs

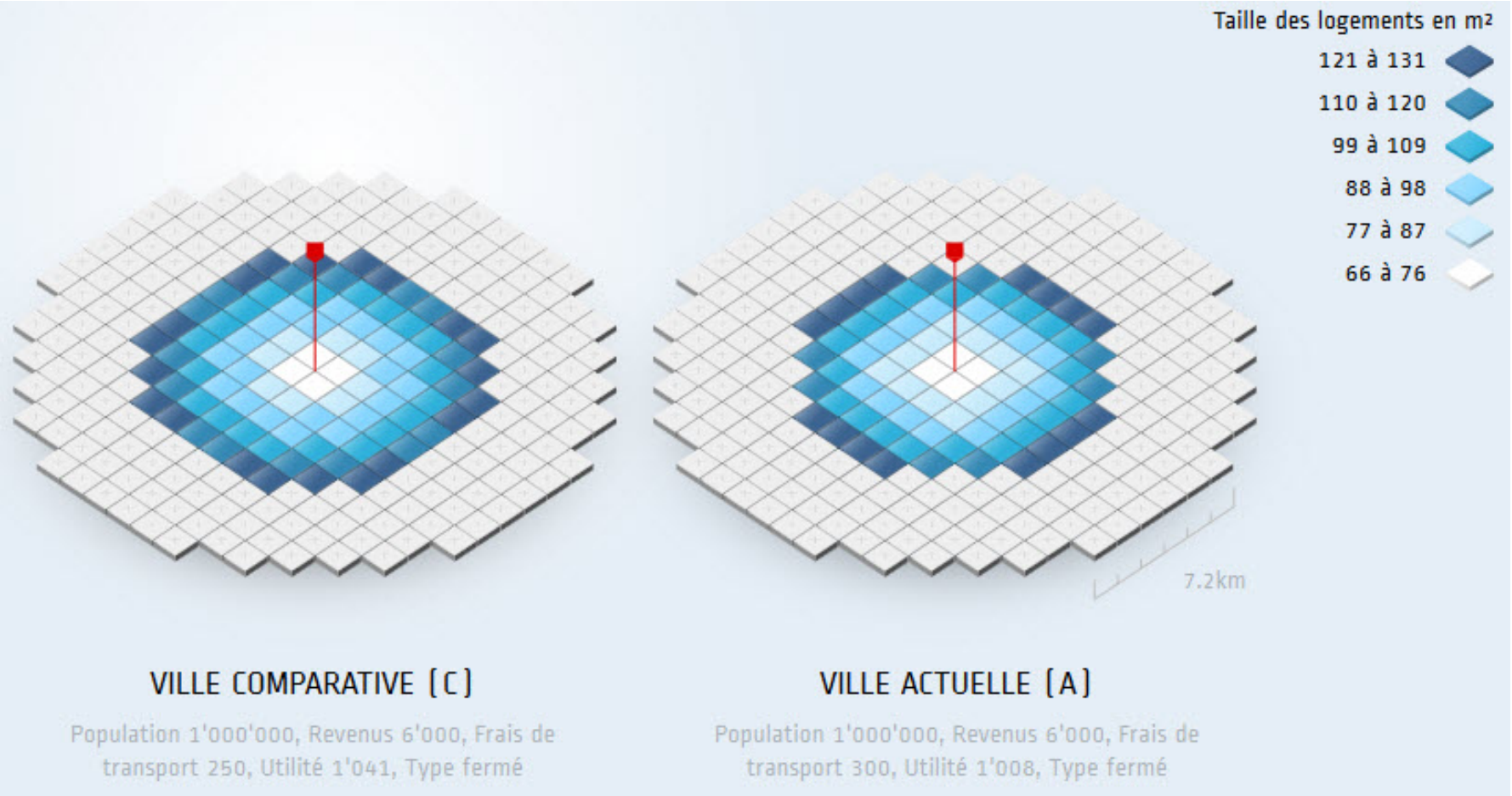


1. Effets sur les loyers

Paramètres utilisés pour la simulation:

- Population = 1 million
- Revenus per capita = 6'000 francs
- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

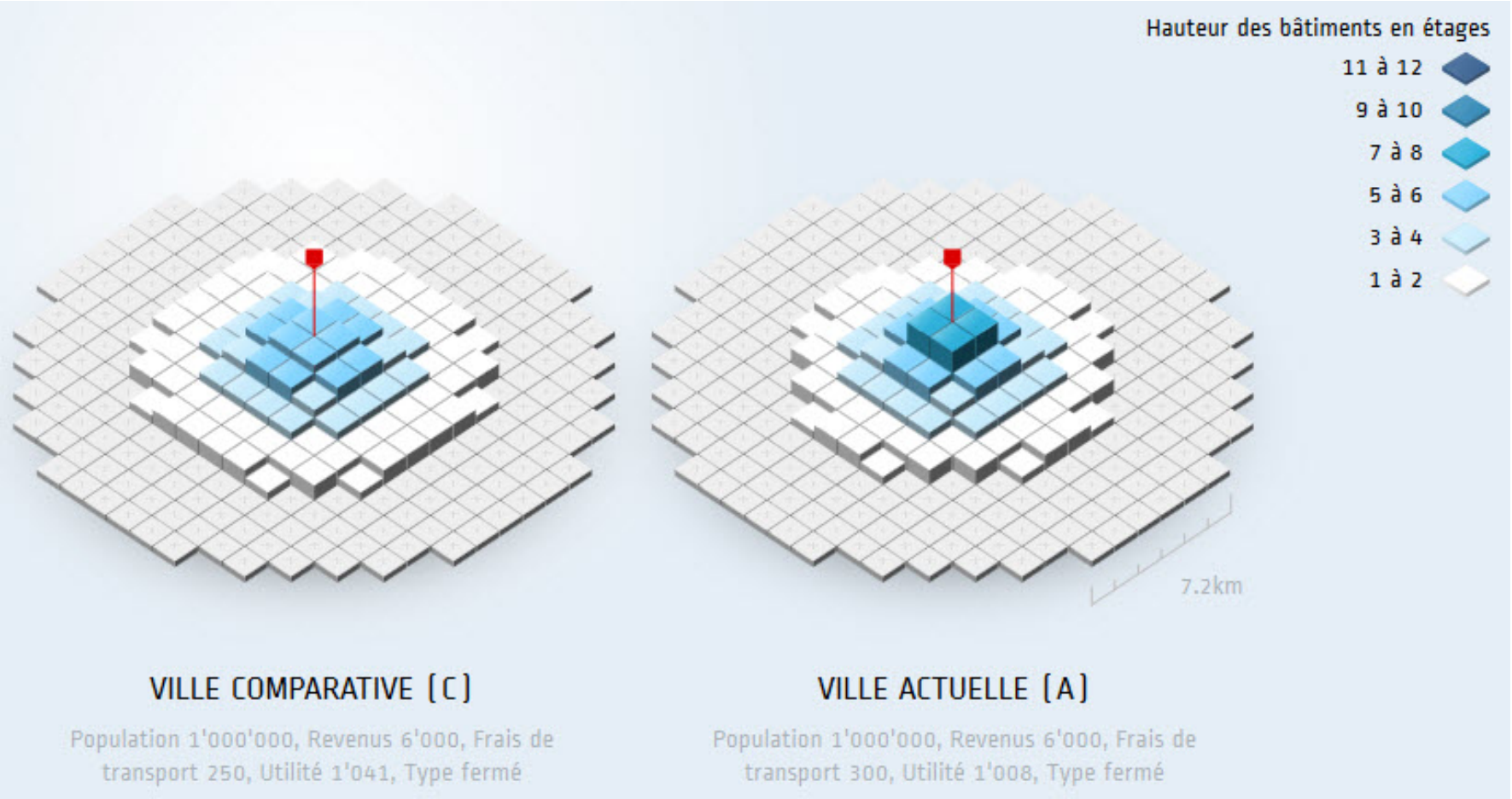
Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs



2. Effets sur les tailles de logement et l'usage du sol

- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

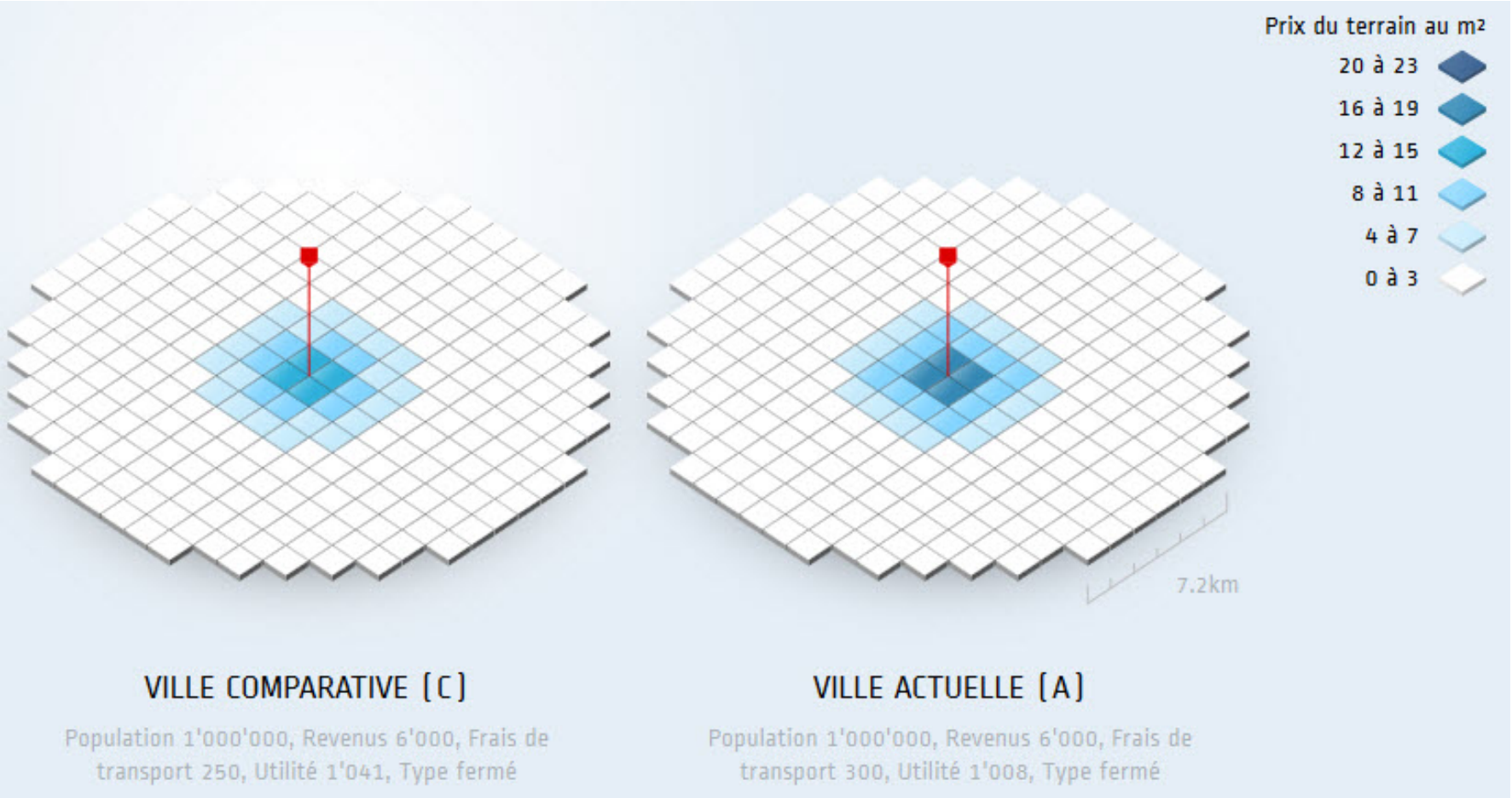
Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs



3. Effets sur les hauteurs d'immeubles

- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

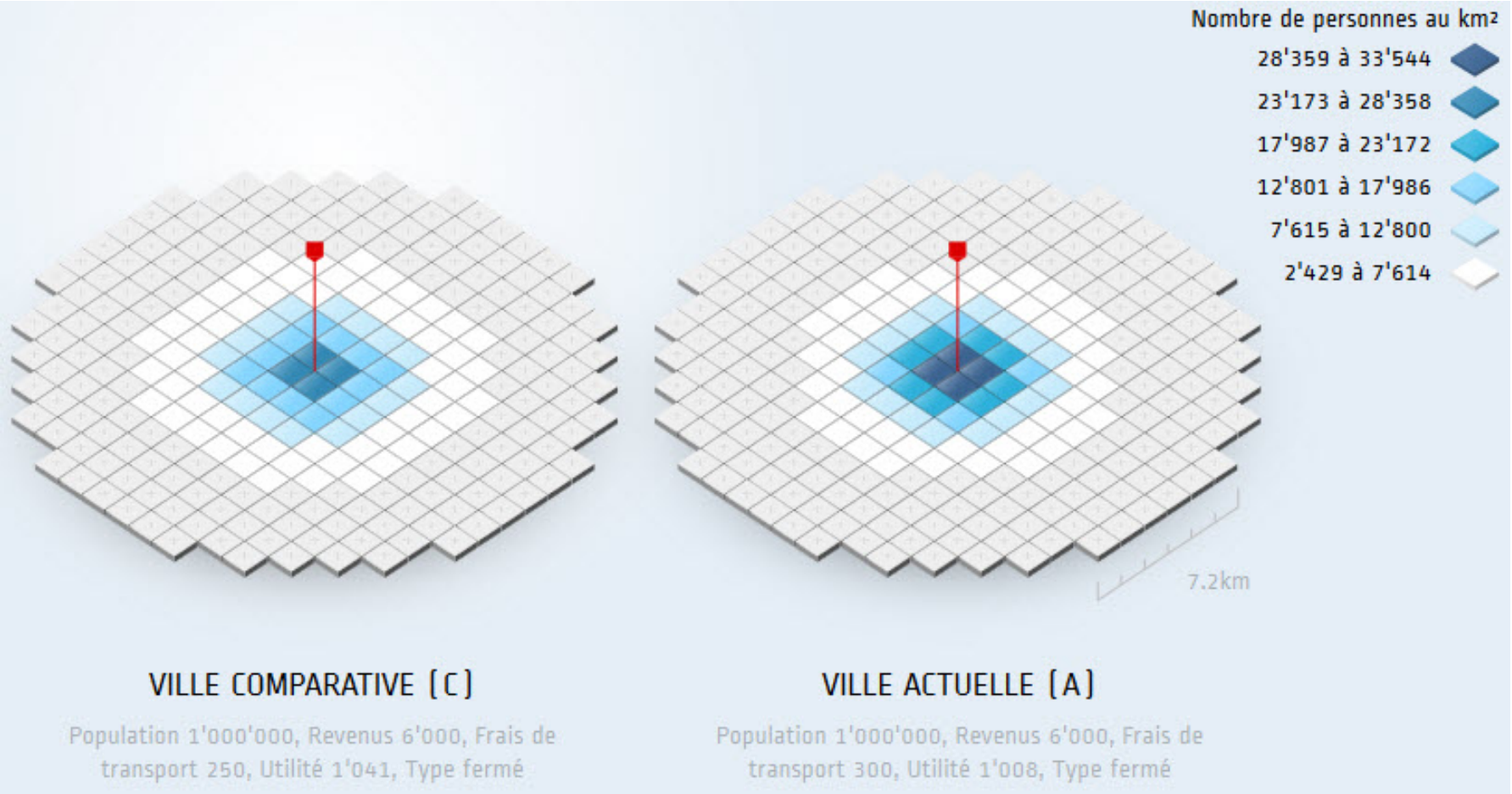
Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs



4. Effets sur les prix des terrains

- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

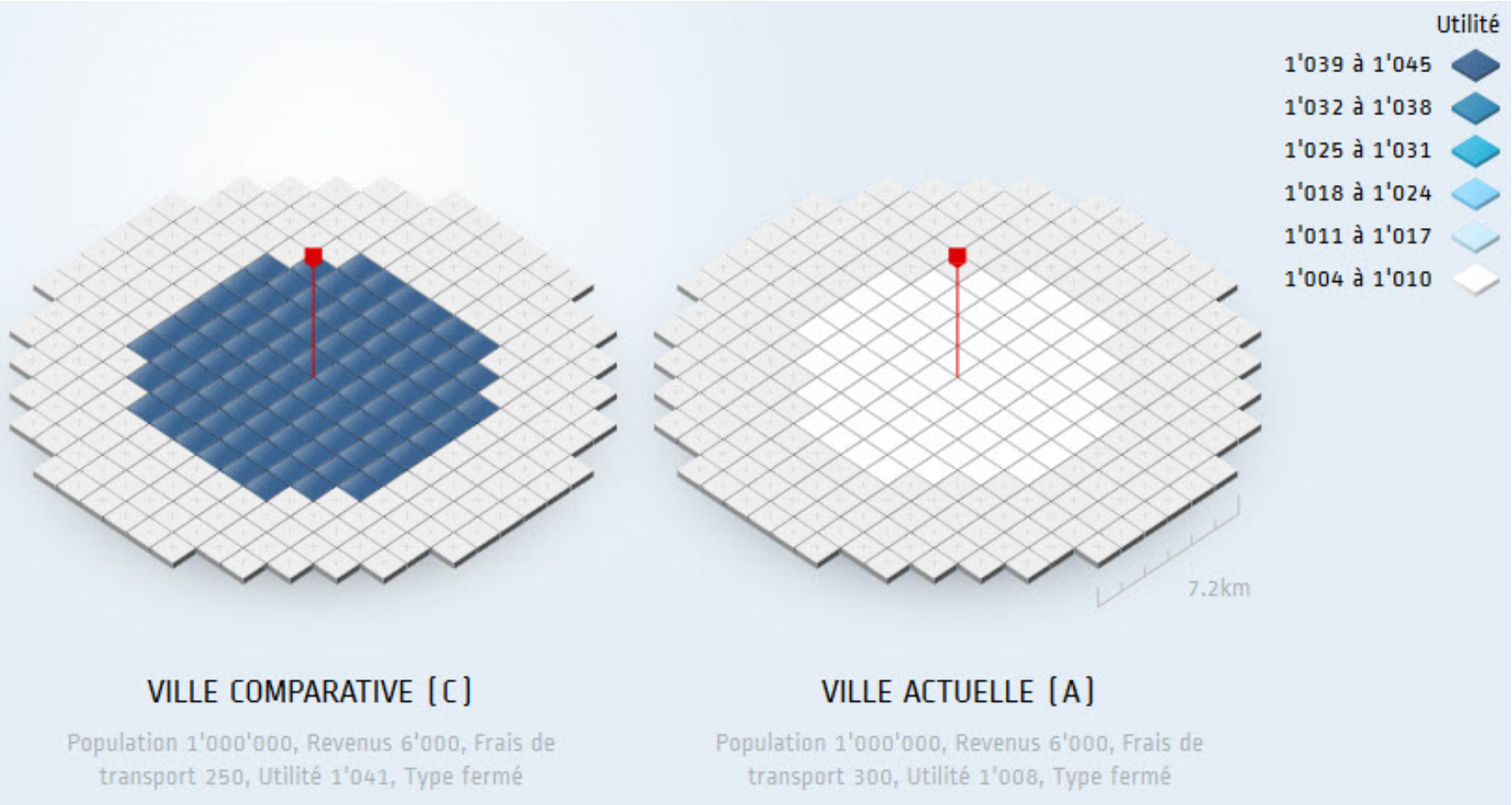
Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs



5. Effets sur la densité de population

- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

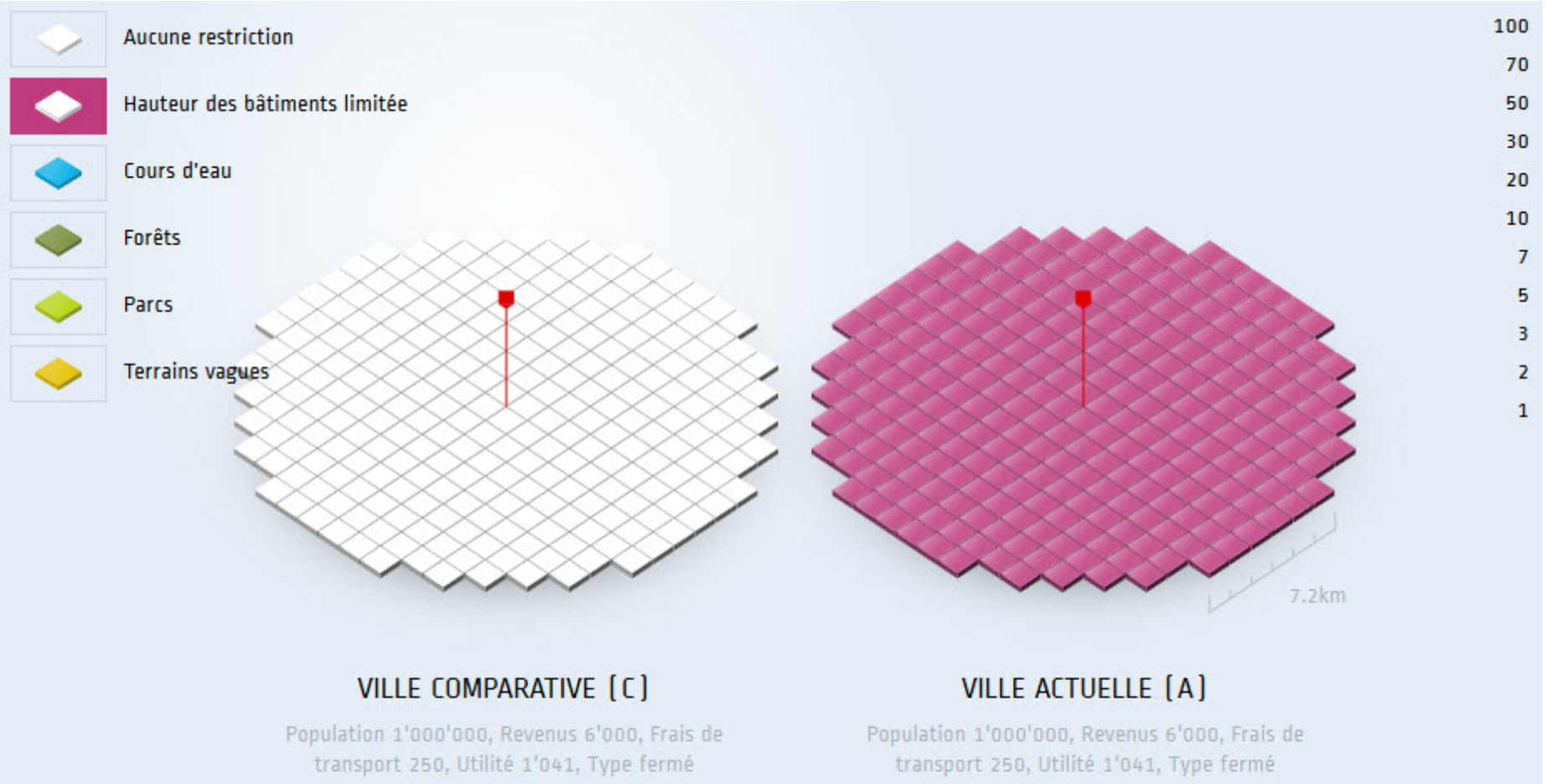
Infrastructures de transports urbains: Coût par km 250 francs v. 300 francs



6. Effets sur le bien-être

- Frais de transport = 250 francs (panneau de gauche) et 300 francs (panneau de droite)

Zonage: politiques restreignant l'usage du sol

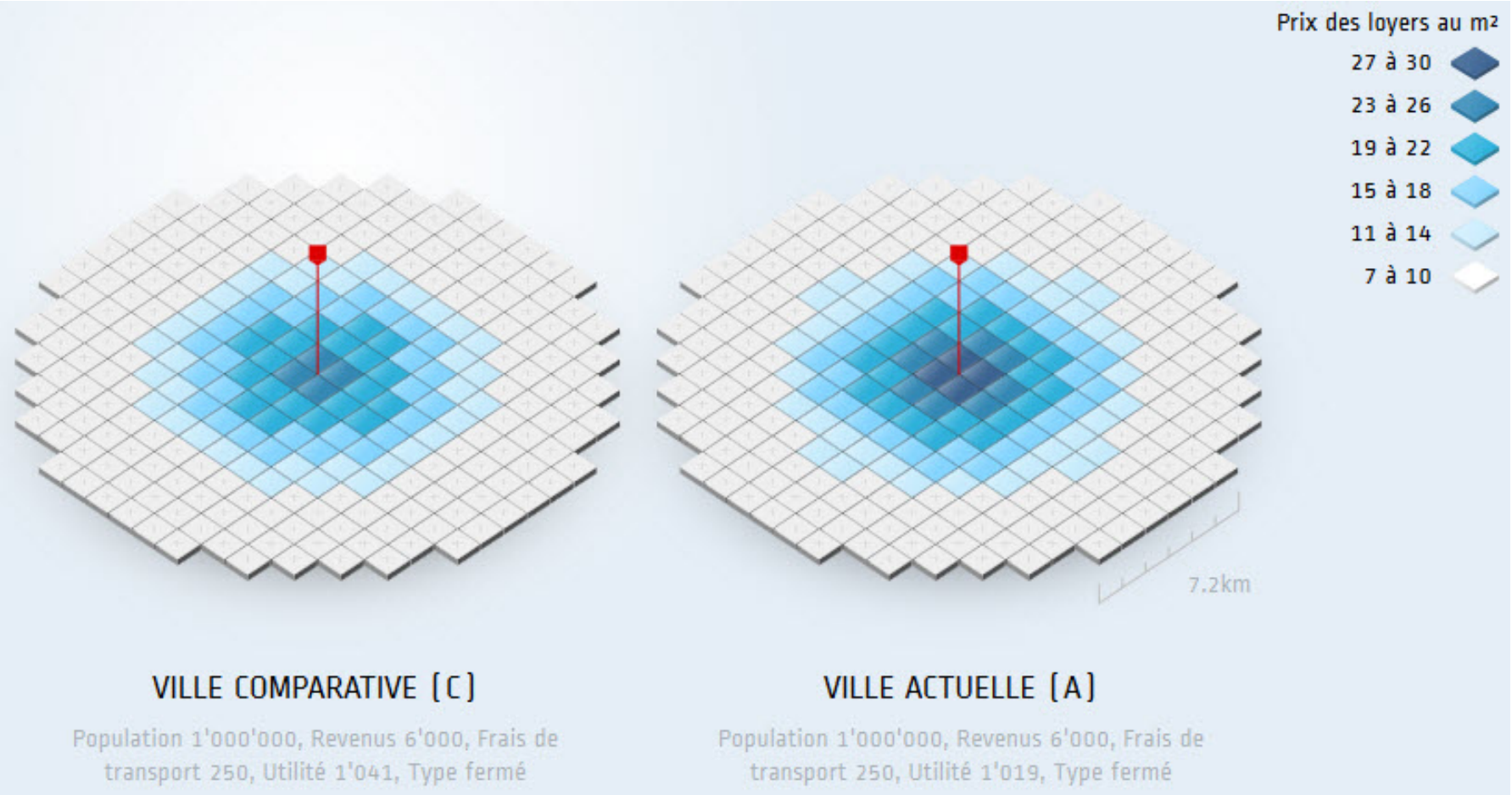


Zonage (plans d'occupation du sol): Ex. immeubles max 3 étages

Paramètres utilisés pour la simulation:

- Population = 1 million
- Revenus per capita = 6'000 francs
- Frais de transport = 250 francs
- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

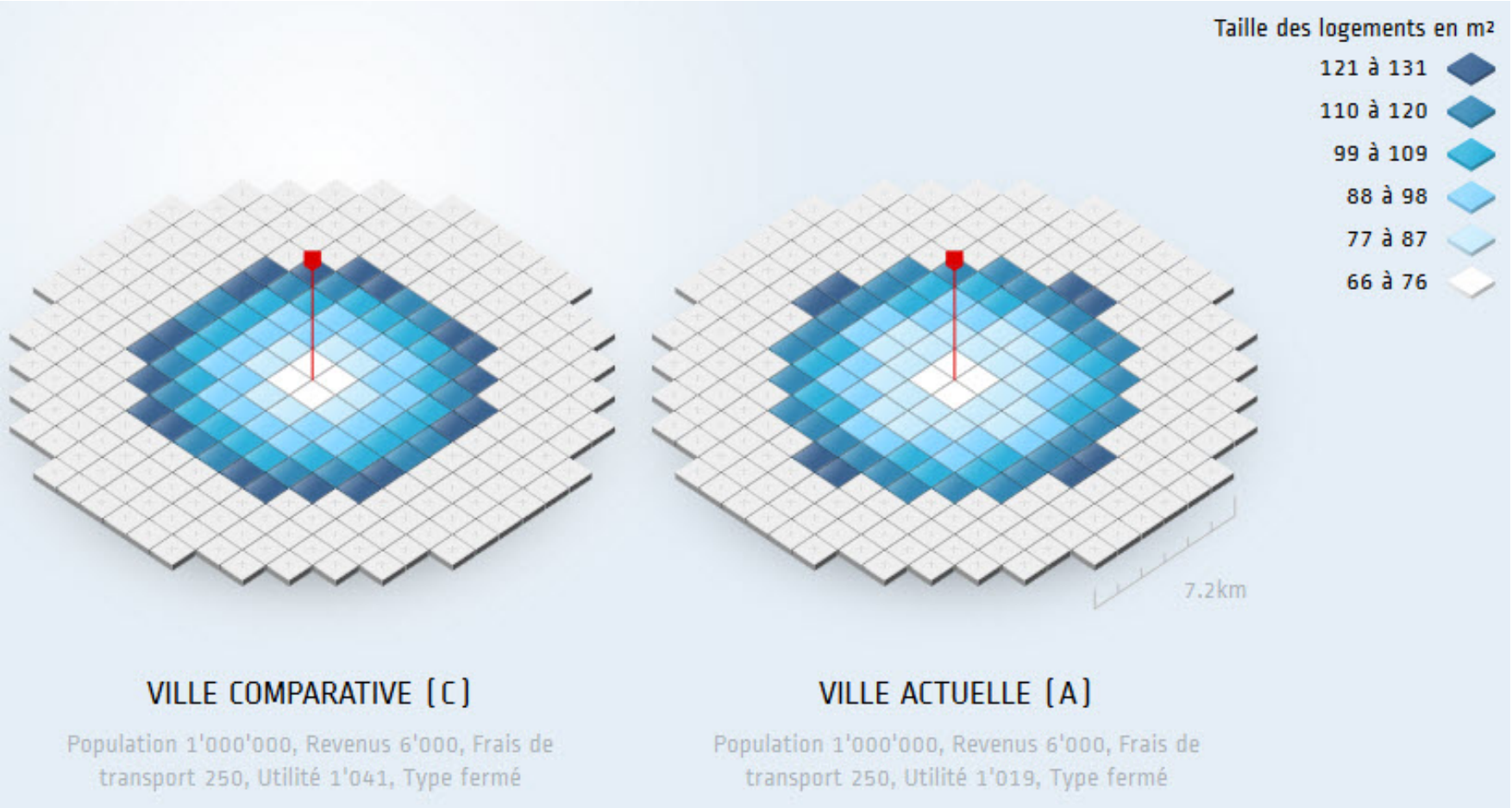
Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



1. Effets sur les loyers

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

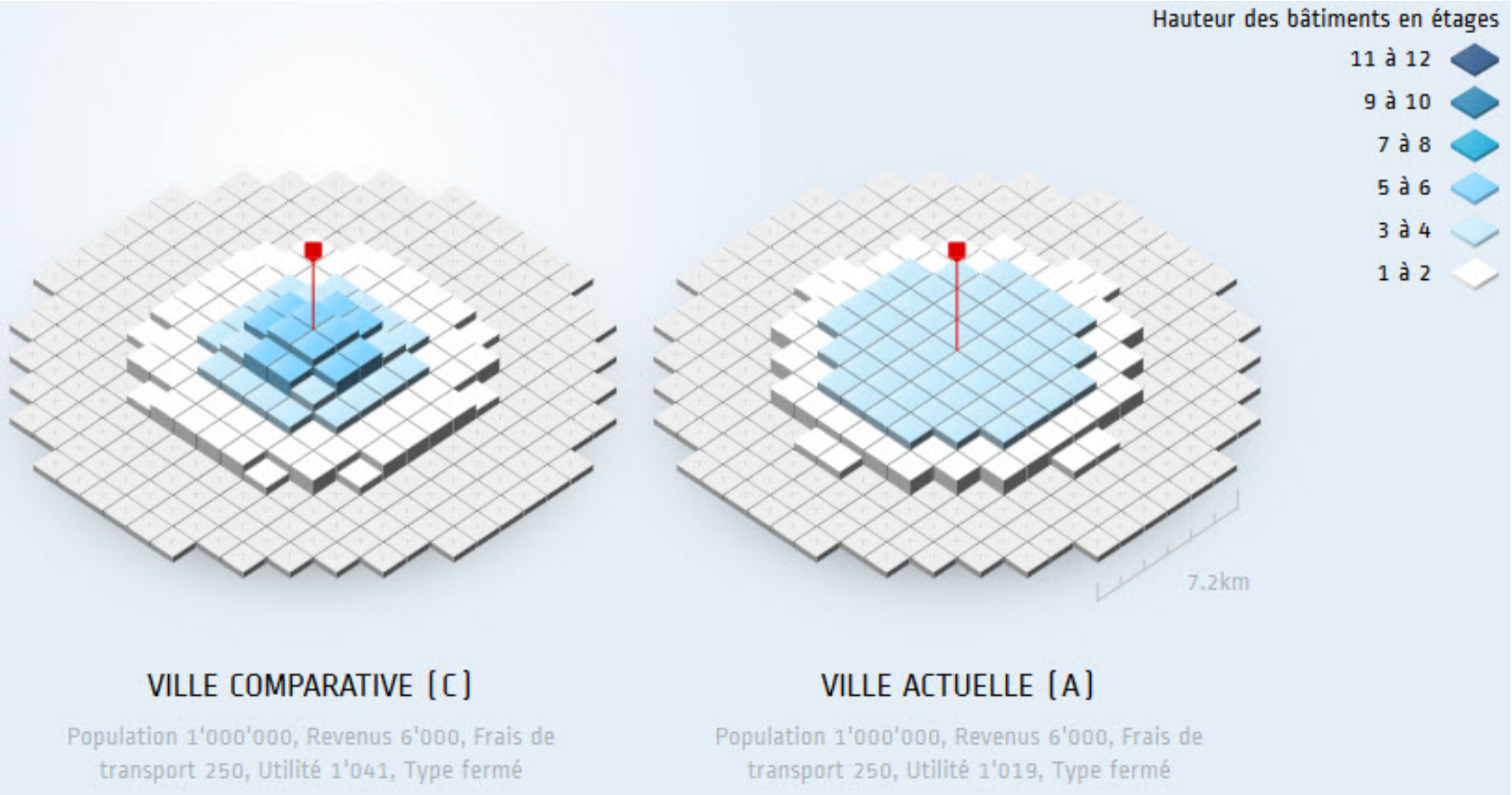
Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



2. Effets sur les tailles de logement et l'usage du sol

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

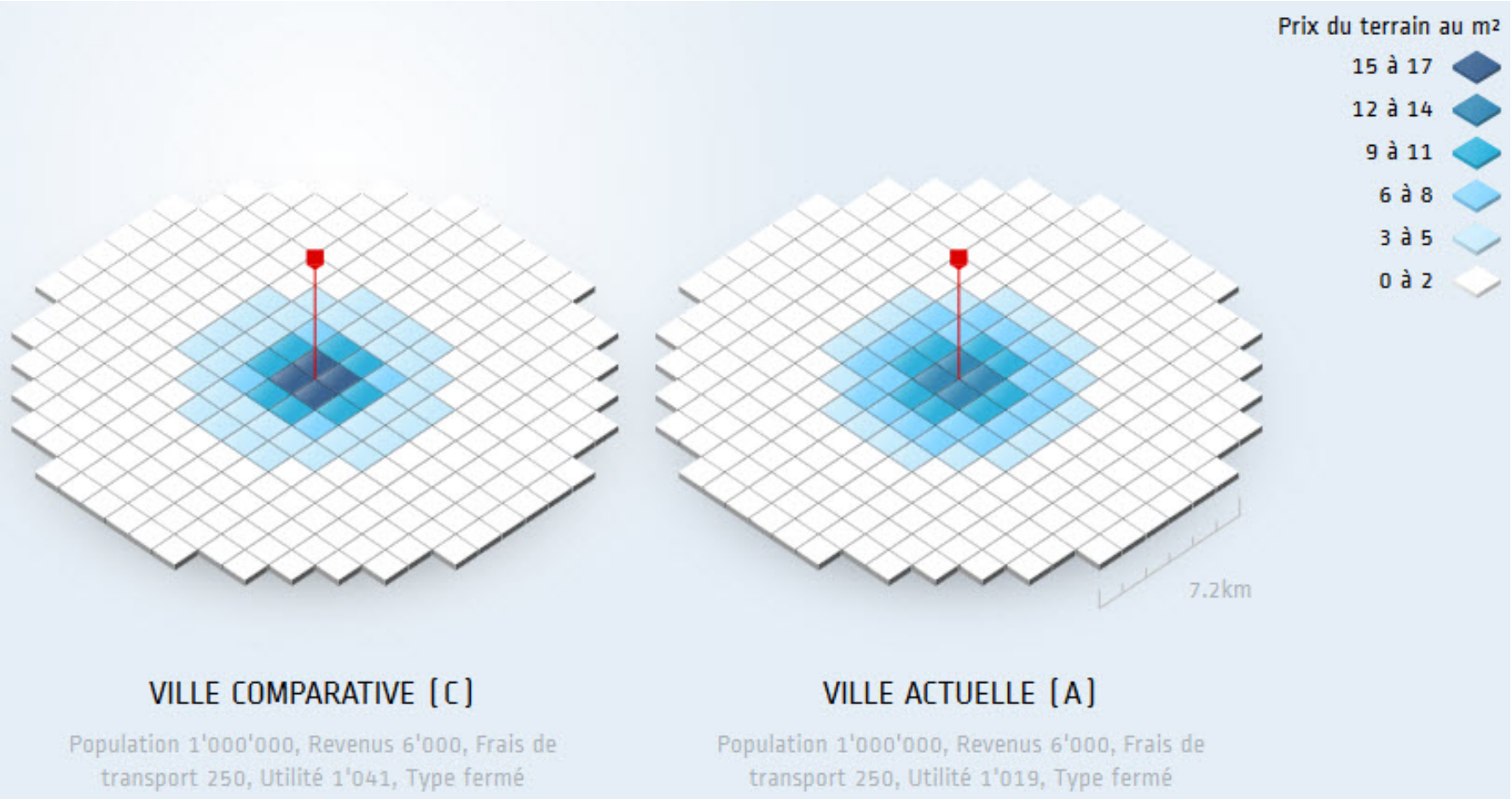
Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



3. Effets sur les hauteurs d'immeubles

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

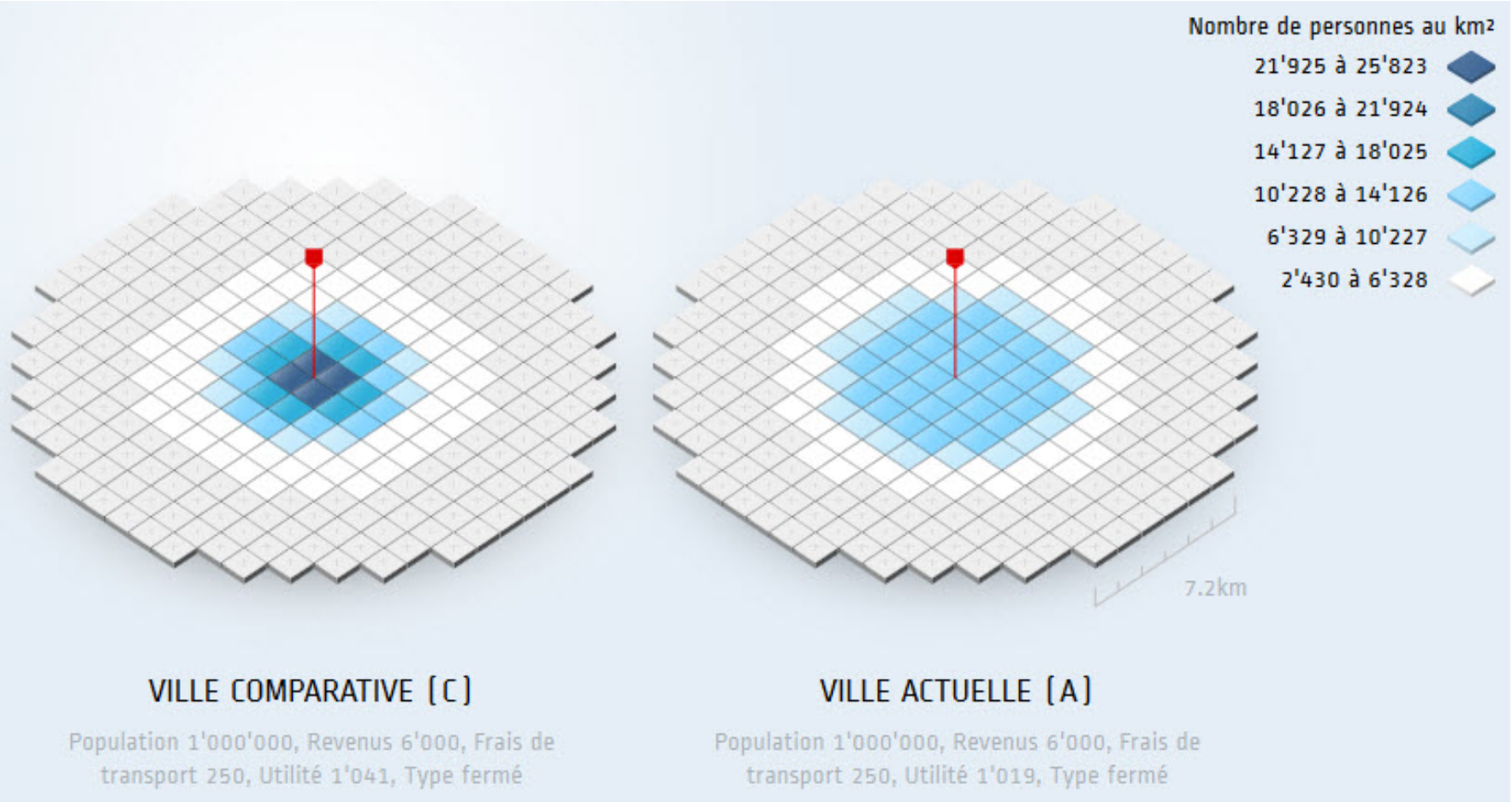
Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



4. Effets sur les prix des terrains

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

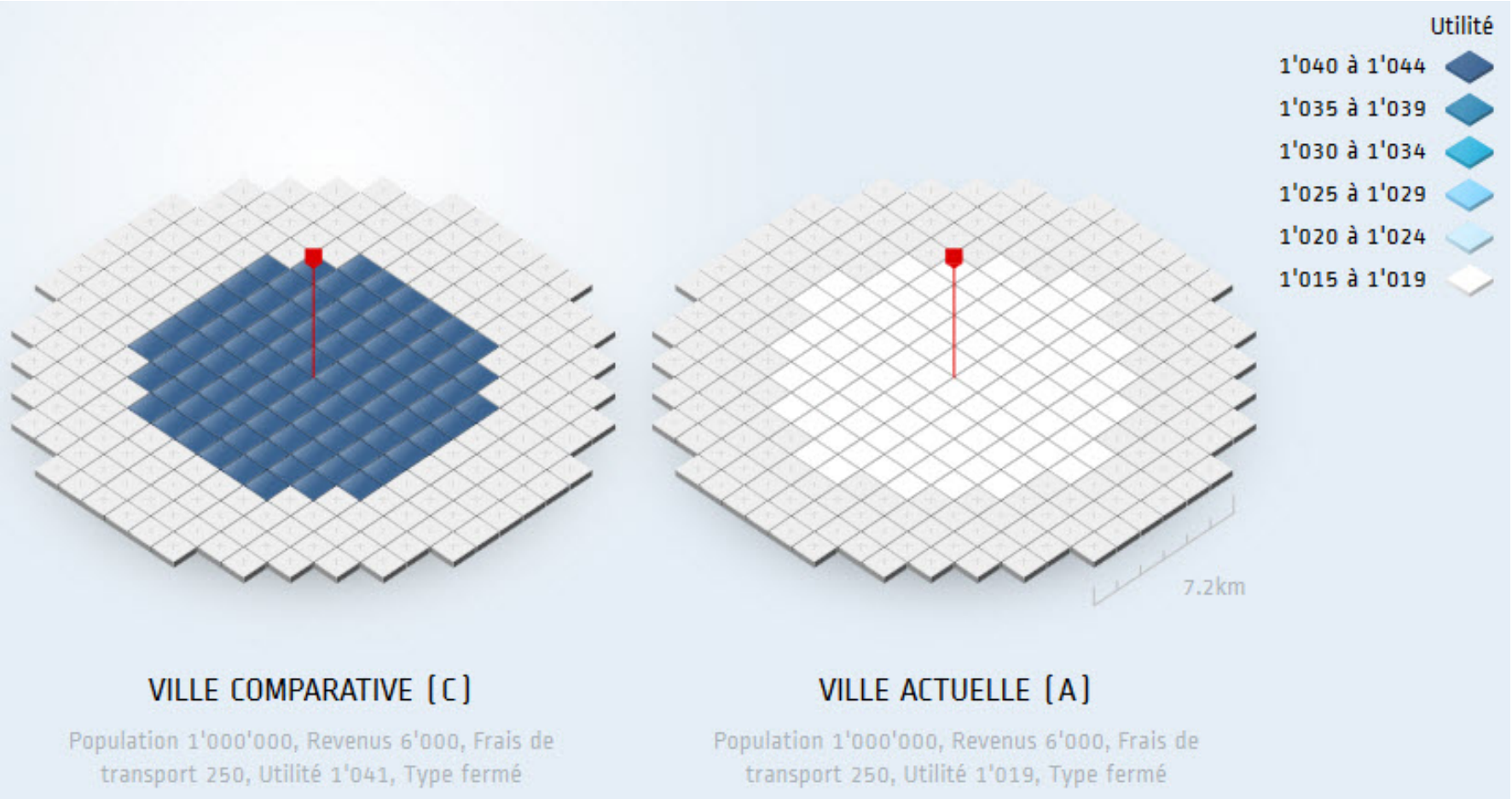
Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



5. Effets sur la densité de population

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

Exemple de zonage: Max 3 étages par immeuble



6. Effets sur le bien-être

- Laisser-faire (panneau de gauche) et zonage (panneau de droite)

5. Modèle de ville monocentrique: Résumé et conclusion

Modèle de ville monocentrique: Résumé

- Modèle parcimonieux
- Application des lois de l'offre et de la demande à l'usage du sol
- Capitalisation: les loyers et le prix des terrains reflètent les avantages de proximité
  - aux zones d'emploi
  - aux aménités de consommation
  - aux aménités de production
- Beaucoup de villes sont maintenant polycentriques
  - mais ont toujours un centre primaire
  - la logique du modèle reste la même

Conclusion: Les limites du modèle

Saveur " Ecopop": Augmentation de la population

$\rightarrow$ augmentation des loyers et des prix des terrains

$\Rightarrow$ baisse du bien-être ("congestion")

Il manque l'autre moitié de l'histoire

- Villes = civilisation
- Economies d'agglomération (productives et culturelles)
- Sources d'innovation et de croissance
- Sources d'économies d'énergie
- Augmentation de la population $\rightarrow$ augmentation du bien-être

Références bibliographiques

- *Arthur O'Sullivan (2009), Urban Economics, 7th edition, McGraw-Hill International Student Edition.*
  Non technique.
- *Jan K. Brueckner (1987), The Structure of Urban Equilibria: A Unified Treatment of the Muth-Mills Model. In: Handbook of Regional and Urban Economics, Volume 2, Chapter 20, North-Holland.*
  Une formalisation du modèle monocentrique. Un classique.
- *Gilles Duranton & Diego Puga (2015), Urban Land Use. In: Handbook of Regional and Urban Economics, Volume 5, North-Holland, à paraître.*
  [lien vers le PDF] Une formalisation récente du modèle monocentrique avec extensions théoriques et estimations empiriques. Superbe.
- *Masahisa Fujita (1989), Urban Economic Theory: Land Use and City Size, Cambridge University Press.*
  Un autre classique avec extensions et preuves.