

14e Rencontres Théoquant, Besançon, 6 Février 2019

H24 : un modèle multi-agents pour étudier les effets de la ségrégation sociale et temporelle sur les disparités alimentaires en Ile-de-France

Clémentine COTTINEAU, CNRS, Centre Maurice Halbwachs

Julien PERRET, Univ. Paris-Est, LaSTIG STRUDEL, IGN, ENSG / Institut des Systèmes Complexes

Romain REUILLON, CNRS, Institut des Systèmes Complexes / Géographie-cités

Sébastien REY-COYREHOURCQ, Université de Rouen, IDEES

Julie VALLÉE, CNRS, Géographie-cités



EIGHTIES

Le Projet EIGHTIES

2015-2019

Chercheurs nés dans les années 1980...

Points communs:

- l'analyse spatiale quantitative
- l'étude de systèmes urbains complexes
- l'interdisciplinarité (géographie, informatique, physique)

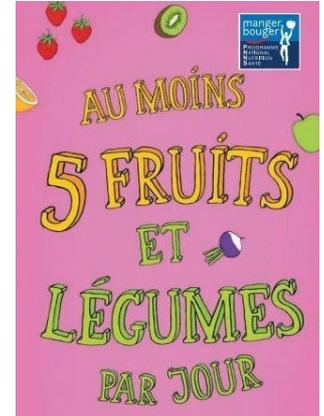
Le sujet :

L'impact de la ségrégation sur les comportements de santé

Par exemple:

- > La consommation de 5 fruits & légumes
- > En Ile-de-France avant et après la campagne de communication autour de la nutrition

Au moins 5 fruits et légumes par jour



Campagnes nationales de sensibilisation

exemple. Programme National Nutrition Santé (PNNS) en France depuis 2001

Résultats convergents sur les disparités sociales de consommation

Compliance with French Nutrition and Health Program Recommendations Is Strongly Associated with Socioeconomic Characteristics in the General Adult Population

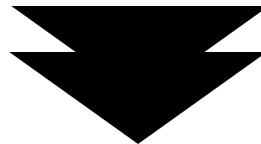
AURÉLIE MALON, PharmD; VALÉRIE DESCHAMPS, PhD; BENOIT SALANAVE, MSc; MICHEL VERNAY, PhD; EMMANUELLE SZEGO, MSc; CARLA ESTAQUIO, MSc; EMMANUELLE KESSE-GUYOT, PhD; SERGE HERCBERG, MD, PhD; KATIA CASTETBON, PhD

J Am Diet Assoc (2010)

Socioeconomic Differences in Fruit and Vegetable Consumption among Middle-Aged French Adults: Adherence to the 5 A Day Recommendation

CARLA ESTAQUIO, PhD; NATHALIE DRUESNE-PECOLLO, PhD; PAULE LATINO-MARTEL, PhD; LUC DAUCHET, MD, PhD; SERGE HERCBERG, MD, PhD; SANDRINE BERTRAIS, PhD

J Am Diet Assoc. (2008)



Les plus éduqués, les femmes et les plus âgés plus proches des recommandations

Quel lien entre ségrégation et santé?

Concentration spatiale des populations avec les mêmes comportements de santé

Par exemple:

> Le taux d'obésité, de fumeurs...

L'espace comme producteur de disparités dans les comportements de santé

Par exemple:

> Accessibilité des services, normes

Et au cours de la journée?

Des modifications dans les liens entre ségrégation et santé

- > En termes de **représentation des différents groupes**
- > Relativement aux multiples **expositions** des présents et des mobiles (socialement différenciées)
- > Relativement aux **caractéristiques des quartiers** eux-mêmes (eg., offre de service)

La question :

Concentration inégale des
groupes sociaux dans la ville



En quoi la **ségrégation spatiale** des urbains
au cours de la journée modifie-t-elle les
phénomènes de diffusion
de comportements de santé?

Au lieu de travail,
au lieu de résidence,
durant les activités de loisirs...



Objectifs

Explorer les effets de la ségrégation spatio-temporelle sur les inégalités sociales dans les comportements alimentaires

Les inégalités sociales dans le fait de manger 5 fruits/légumes par jour sont-elles plus importantes ...

... lorsque les lieux de résidences sont spatialement ségrégés selon le groupe social plutôt que répartis aléatoirement ?

... lorsque les lieux d'activité sont considérés en plus des lieux de résidence ?

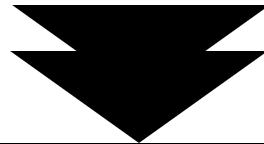
Méthode

> Effets de quartiers sont **difficiles à mesurer** car

(1) individus se sélectionnent *ex-ante* vers des lieux de résidence

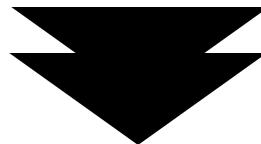
(2) ne vivent qu'une fois!

(3) les quartiers changent au cours du temps



**Modèle dynamique de population
basé sur données santé/mobilité**

> **Hétérogénéité** des acteurs et des échelles



Simulation multi-agents

Modèle multi-agents et alimentation

> Travaux sur les modèles agents dans la simulation des **effets spatiaux** sur les disparités sociales de **santé** en général

[Am J Epidemiol. 2008 Jul 1;168\(1\):1-8. doi: 10.1093/aje/kwn118. Epub 2008 May 13.](#)

A new tool for epidemiology: the usefulness of dynamic-agent models in understanding place effects on health.

[Auchincloss AH¹](#), [Diez Roux AV](#).

> Travaux sur les modèles agents dans la simulation des **effets de la ségrégation sur les disparités sociales de nutrition** (scenarios "jouets")

An Agent-Based Model of Income Inequalities
in Diet in the Context of
Residential Segregation

Amy H. Auchincloss, PhD, MPH, Rick L. Rlolo, PhD, Daniel G. Brown, PhD,
Jeremy Cook, BA, Ana V. Diez Roux, MD, PhD

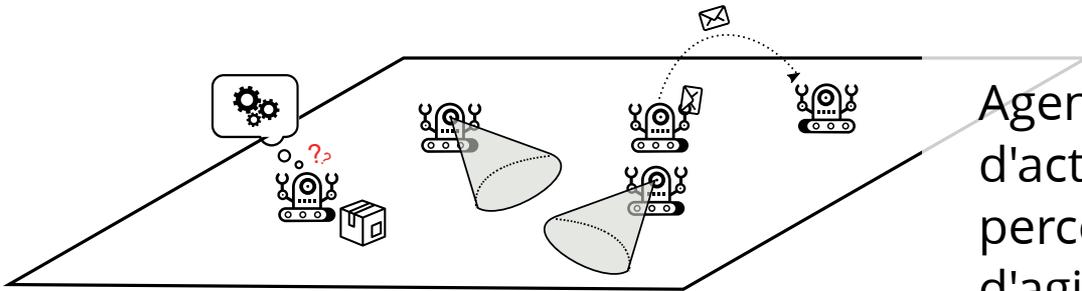
[Am J Prev Med \(2011\)](#)

An agent-based simulation of persistent inequalities in health behavior:
Understanding the interdependent roles of segregation, clustering, and
social influence

Brent A. Langellier*

[SSM - Population Health \(2016\)](#)

Modèle de comportements, Modèle d'environnement



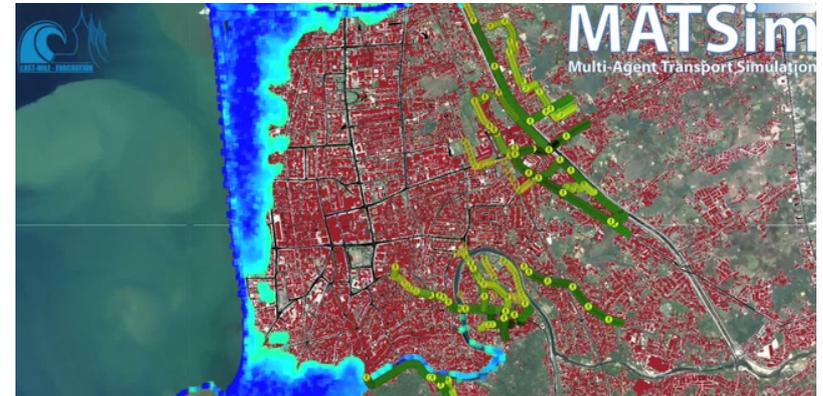
Agents localisés, dotés de règles d'action individuelles, capables de percevoir leur environnement et d'agir en conséquence

Keep it Simple

Segregation of stores ^a		Segregation of households ^a					
Grid position ^b		Grid position ^b					
		Left side vs right side		Left side vs right side		Left side vs right side	
Left side vs right side		Random	Random	High-income	Low-income	Low-income	High-income
Random	Random	1		4			4 ^c
All stores	No stores	2		5			8
Healthy stores	Unhealthy stores	3		6 ^d			7 ^c
Unhealthy stores	Healthy stores	3 ^c		7			6 ^c

[Auchincloss et al., 2011]

Keep it Descriptive



[Nagel, Auhhausen et al.]

Objectifs

Explorer les effets de la ségrégation spatio-temporelle (et de sa représentation dans le modèle) sur les inégalités sociales d'alimentation simulées

Les inégalités sociales sont-elles plus importantes...

Lorsque les lieux de résidences sont spatialement ségrégués selon le groupe social plutôt que répartis aléatoirement ?

Lorsque les lieux d'activité sont considérés en plus des lieux de résidence ?

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Résidence	Aléatoire	Aléatoire	Observée	Observée	Observée
Mobilité	/	Aléatoire	/	Aléatoire	Observée

modèle ordinaire **géographie réaliste**

Données empiriques

Alimentation

Baromètres Santé Nutrition
(2002 ; 2008)

Mobilité spatio-temporelle

Nuit (ie. résidence) : recensement 2012
Matin et Après-midi : enquête EGT 2010 (OD)

*appariées selon 18 groupes **sociodémographiques***

Sexe (homme ; femme)

X

Age (15-29 ans ; 30-59 ans ; 60 ans et +)

X

Éducation (< Bac. ; Bac - Bac+2; > Bac+2)

Population synthétique

Définition Spatiale

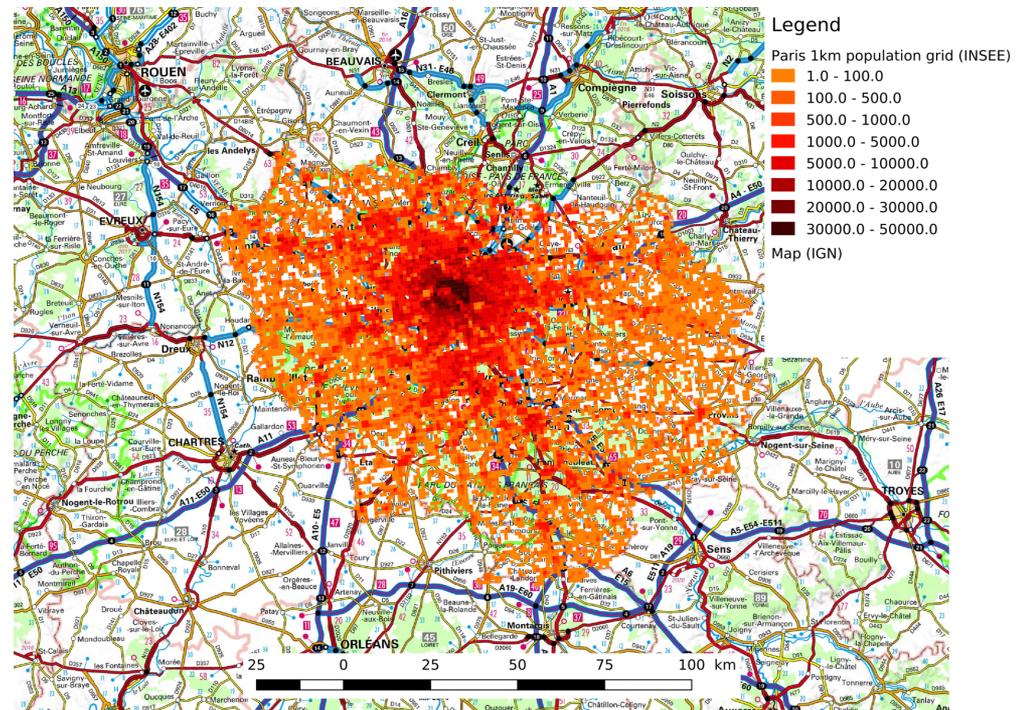
Ile-de-France

8540 carreaux habités (1km X 1km)

Agents

8,16 millions d'agents
avec attributs sociodémographiques
dans des carreaux jour/aprem/nuit

68 % carreaux 'jour' ≠ carreau 'nuit'

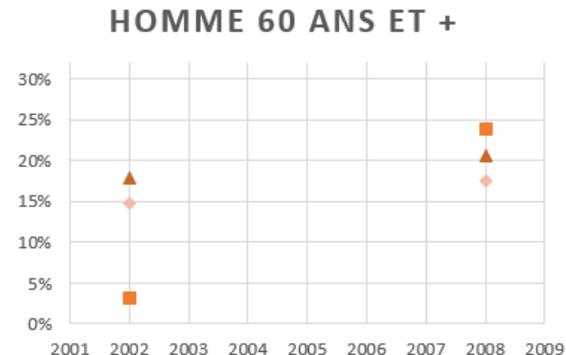
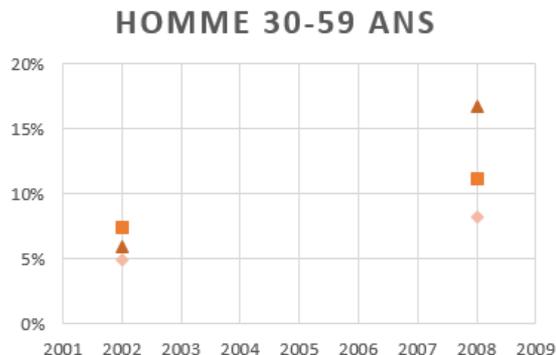
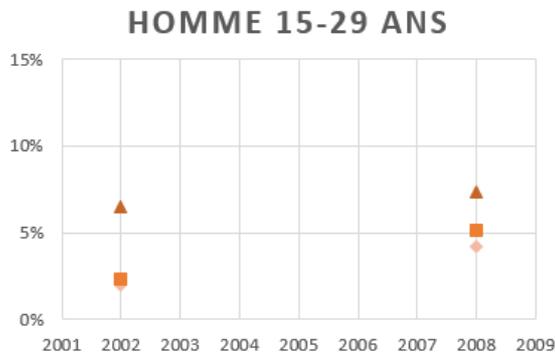


Les opinions et comportements alimentaires des agents sont définis à l'initialisation en fonction de la distribution statistique dans leur groupe sociodémographique

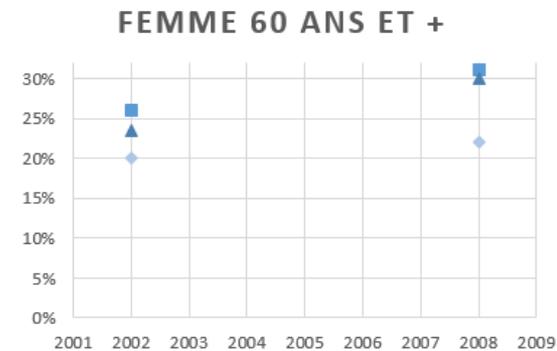
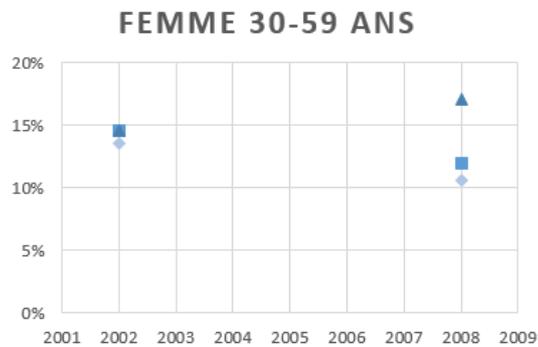
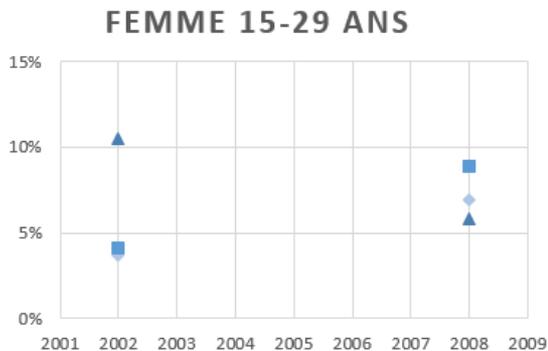
Empiriquement: une évolution variable de la consommation selon les groupes

2002-2008

Source : Baromètres Santé Nutrition (2002 ; 2008)



◆ < Bac ■ Bac - Bac+2 ▲ > Bac+2

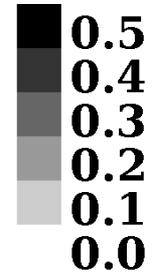


◆ < Bac. ■ Bac - Bac+2 ▲ > Bac+2

Simulation de l'état initial

2002

% healthy



Le modèle

Scenarios 1 & 3:

1 cellule/IRIS par jour

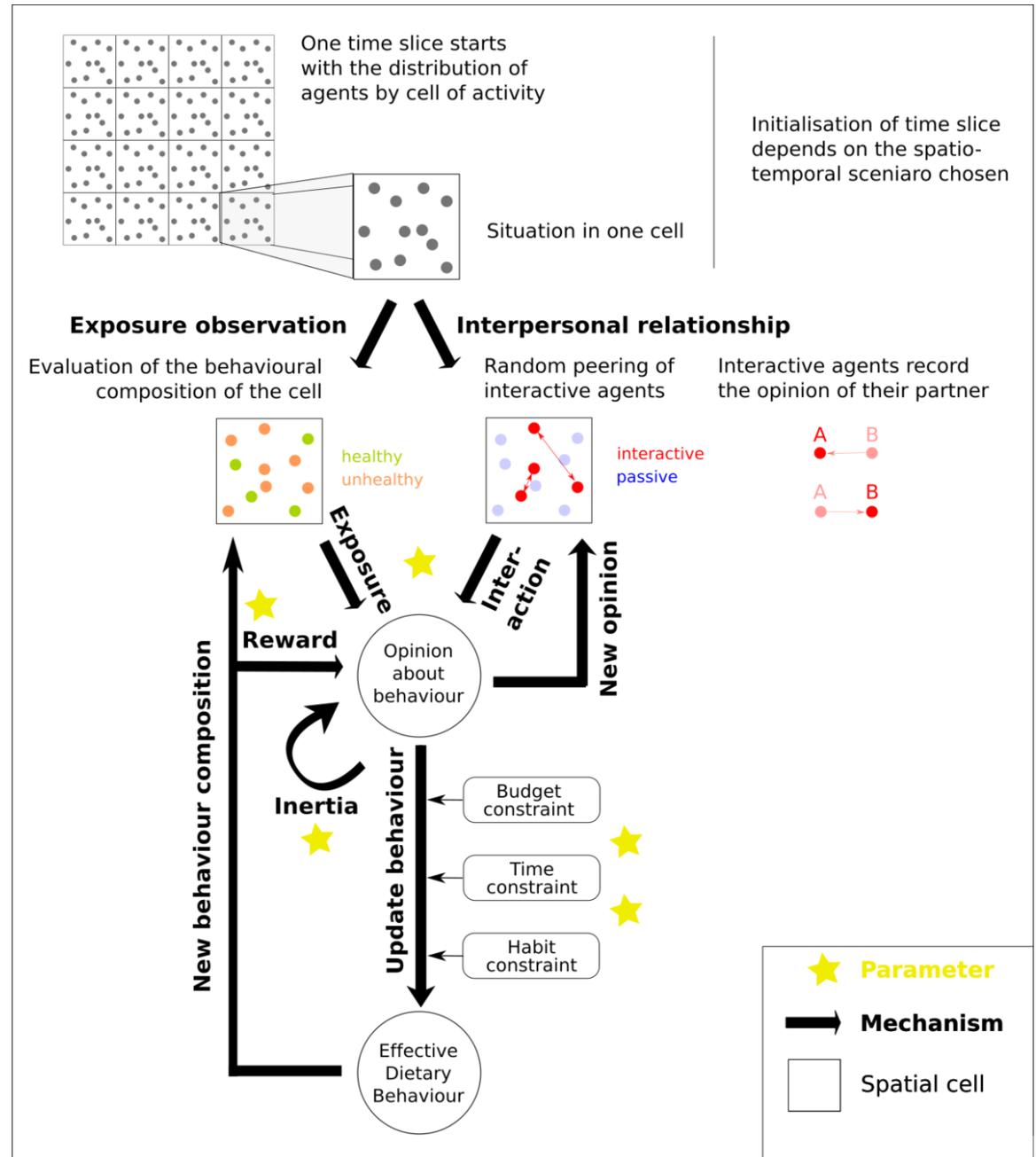
Scenarios 2, 4 & 5:

3 cellules/IRIS par jour

Interactions spatiales

Modélisation du
changement
d'**opinion**

Modélisation du
changement de
comportement
sous contraintes



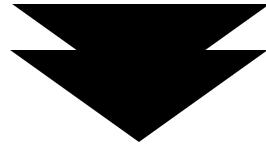
Paramètres et attendus

Paramètre	Mécanisme	Etendue	si min	si max	Influence sur 5-a-day
1-to- 1 Interaction	Spatial Interaction	[0 ; 1]	Observation dans l'IRIS uniquement	Influence du partenaire uniquement	?
Reward	Behaviour-Opinion	[0 ; 1]	Pas de rétroaction du comportement	Le comportement 'sain' renforce l'opinion	+
Inertia	Opinion-Behaviour	[0 ; 1]	Opinion dépend des autres	Opinion stable	?
Switch Proba	Opinion-Behaviour	[0 ; 1]	Pas de changement	Le comportement suit l'opinion	+
Constraint	Opinion-Behaviour	[0 ; 1]	Changements de comportement sans contrainte	Les contraintes empêchent les changements de comportement	?

Protocole d'exploration

Reproduire la situation finale 2008

- > en termes de % consommateurs 'sains'
- > en termes d'inégalités sociales de consommation



Calibrage pour minimiser
distances aux objectifs

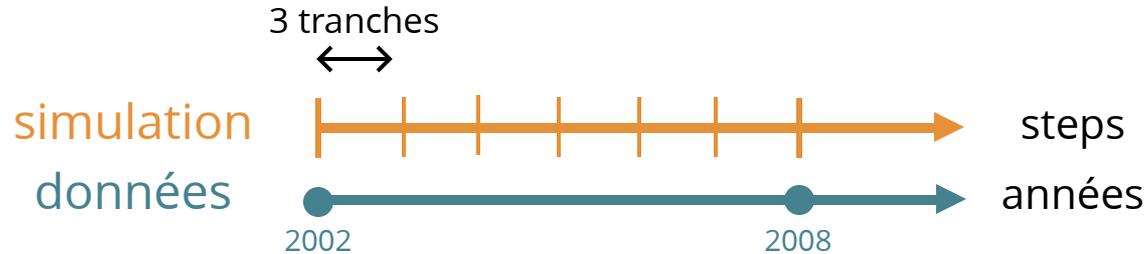
en utilisant les algorithmes
génétiques et le calcul distribué



OpenMOLE

Caractérisation d'une simulation

Et comparaison avec les données



Distance aux données

Obs. 1 : Consommation

'saine' $\Delta_{health} = \sum_{sex=1}^2 \sum_{age=1}^3 \sum_{edu=1}^3 | NHealthy_{sex,age,edu,simulated} - NHealthy_{sex,age,edu,observed} |$

Obs. 2 : Inégalité sociale

de consommation

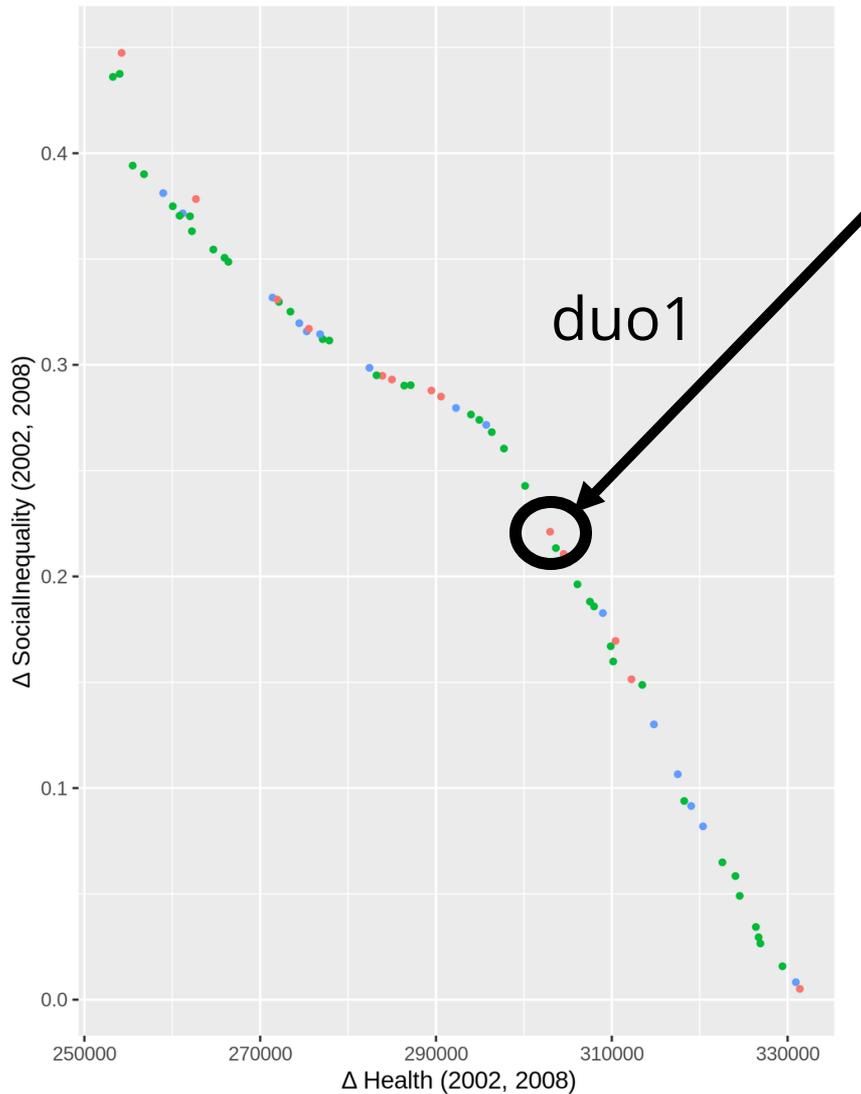
$$SI_{2008} = \sum_{sex=1}^2 \sum_{age=1}^3 \frac{ShareHealthy_{sex,age,edu=3}}{ShareHealthy_{sex,age,edu=1}} \times \frac{N_{sex,age}}{N}$$

for each category of age (i) & sex (j)
ratio between more (3) & less (1) educated
weighted by sex & age category

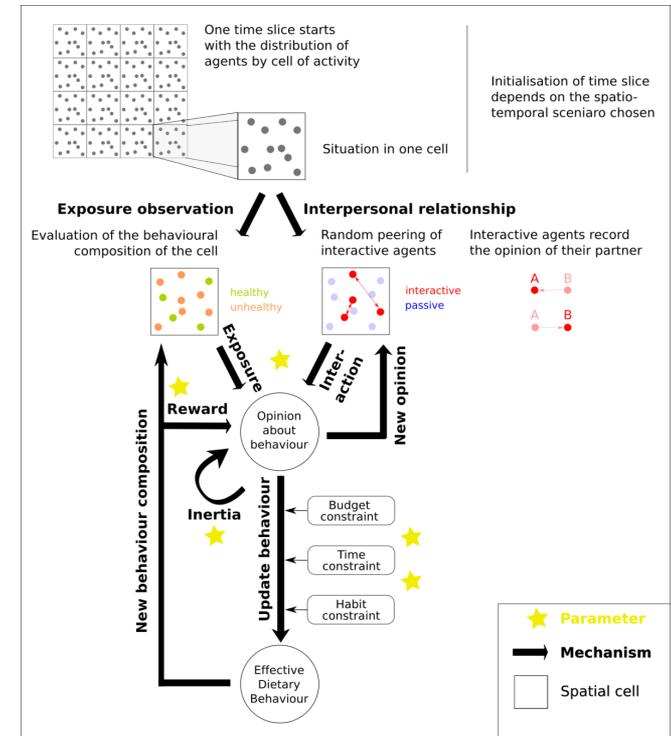
$$\Delta_{SI} = |SI_{simulé} - SI_{données}|$$

mesure inégalité between extreme education groups at equal age and sex category

Résultat du calibrage



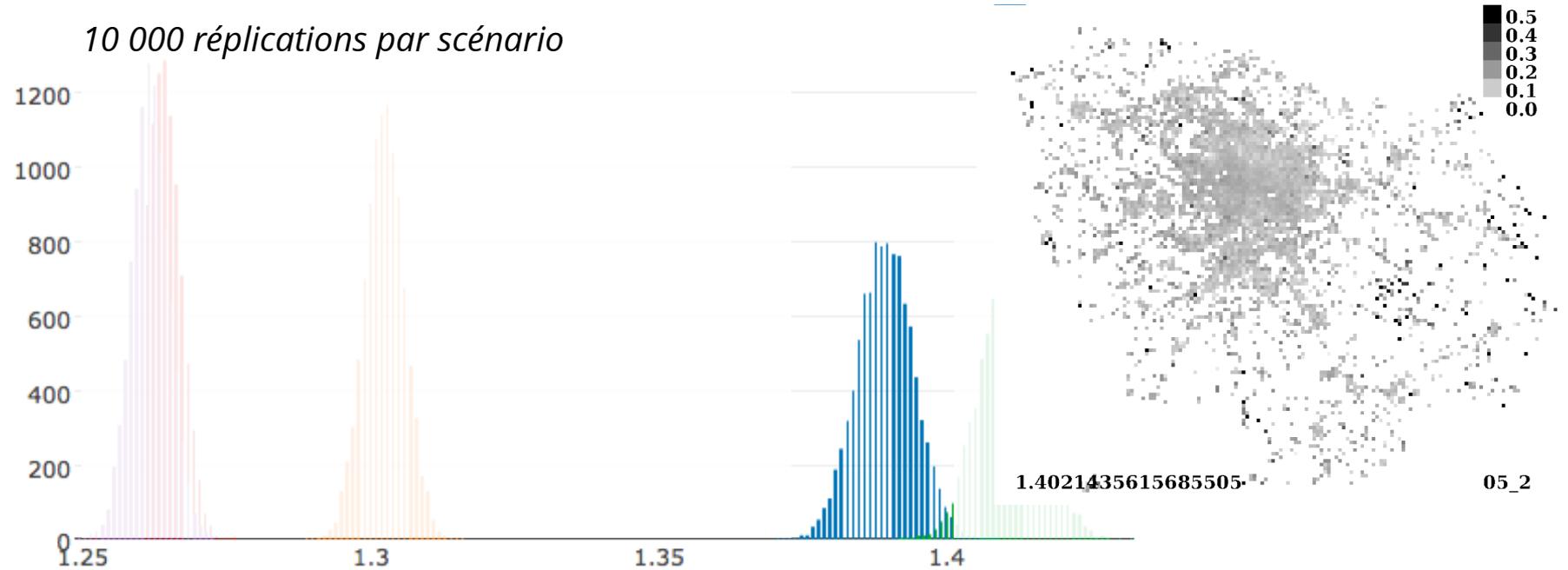
Parameter	Mechanism	Duo 1
1-to-1 Interaction	Spatial Interaction	0.24
Reward	Behaviour-Opinion	0.27
Inertia	Opinion-Behaviour	0.67
Max Switch Proba	Opinion-Behaviour	1
Constraint	Opinion-Behaviour	0.12



Analyse

Résultats

Distribution des valeurs de Social Inequality par scénario

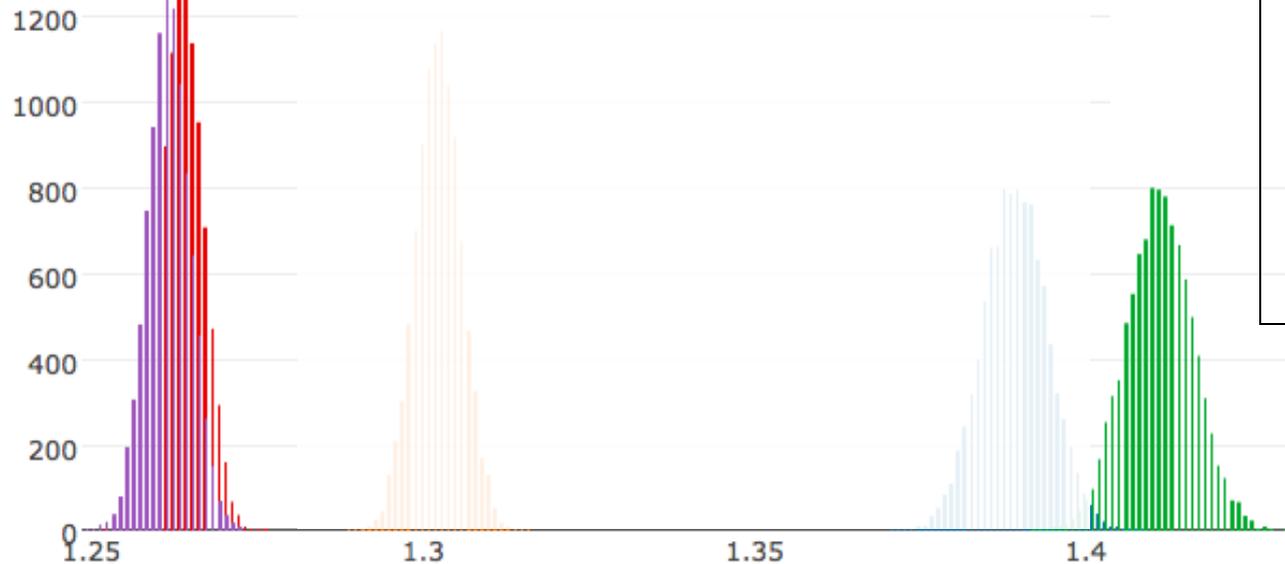


	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Résidence	Aléatoire	Aléatoire	Observée	Observée	Observée
Mobilité	/	Aléatoire	/	Aléatoire	Observée

**géographie
(résid. & mob.) réaliste**

Résultats

Distribution des valeurs de SocialInequality par scénario



Des inégalités sociales de consommations simulées plus faibles avec une localisation **résidentielle aléatoire** vs. **observée**

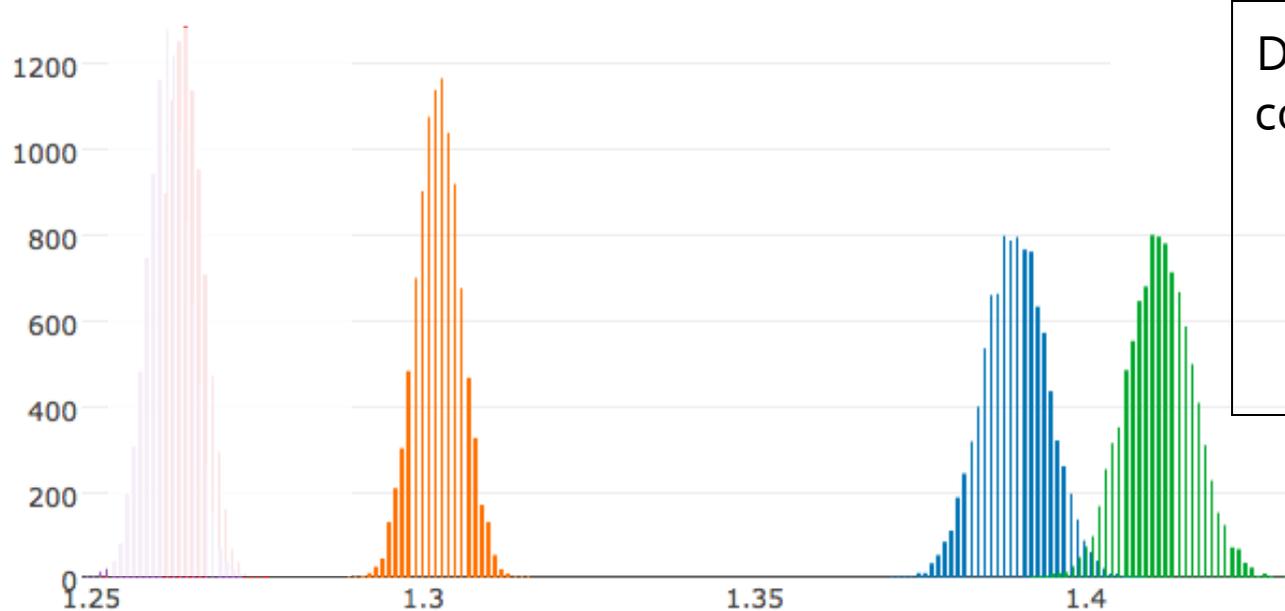
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Résidence	Aléatoire	Aléatoire	Observée	Observée	Observée
Mobilité	/	Aléatoire	/	Aléatoire	Observée

résidence aléatoire

résidence observée

Résultats

Distribution des valeurs de SocialInequality par scénario



Des inégalités sociales de consommations simulées plus **faibles** avec une **mobilité aléatoire** et **plus fortes sans mobilité**

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Résidence	Aléatoire	Aléatoire	Observée	Observée	Observée
Mobilité	/	Aléatoire	/	Aléatoire	Observée

géographie
(résid. & mob.) réaliste

Limites - Discussion

% consommation 5+ simulé n'augmente pas autant que dans les données

observée (2002) : 12,0%	initialisation : 12,0%
observée (2008) : 14,3%	simulée (médiane) : 13,6%

social Inequality simulée diminue alors qu'elle augmente dans les données

observée (2002) : 1,42	initialisation : 1,42
observée (2008) : 1,60	simulée (médiane) : 1,39

Retravailler le modèle de changement d'opinion/comportement

- diffusion biaisée selon catégorie sociodémographique
- diffusion généralisée par campagnes publiques de promotion
- récompense socialement différenciée / adhésion au discours public

Conclusion

Approche innovante en géographie sociale et de la santé

- **Thématiquement** : le rôle de l'espace et du temps dans les dynamiques sociales de comportements
- **Techniquement** : croisement d'enquêtes larges (EGT, BST)
- **Software engineering** : ~ 8 millions d'agents mobiles!
- **Exploration de modèles** : High Performance Computing avec algorithmes évolutionnaires

Estimation du rôle de la ségrégation résidentielle et temporelle dans les vitesses différenciées de diffusions

Mais encore imparfait. A suivre...

Merci

Clémentine COTTINEAU, CNRS, Centre Maurice Halbwachs

Julien PERRET, IGN, LaSTIG

Romain REUILLON, CNRS, Institut des Systèmes Complexes / Géographie-cités

Sébastien REY-COYREHOURCQ, Université de Rouen, IDEES

Julie VALLÉE, CNRS, Géographie-cités

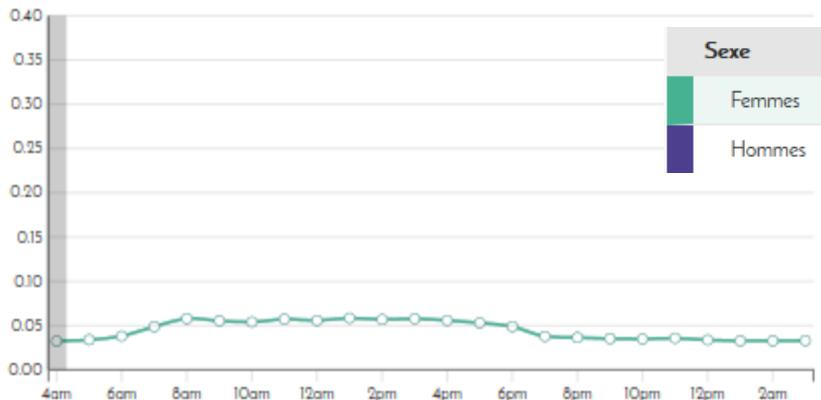
Dépôt : <https://gitlab.iscpif.fr/eighties/h24/>

Slides : <https://slides.com/sebastienreycoyrehourcq/deck-18-24/>

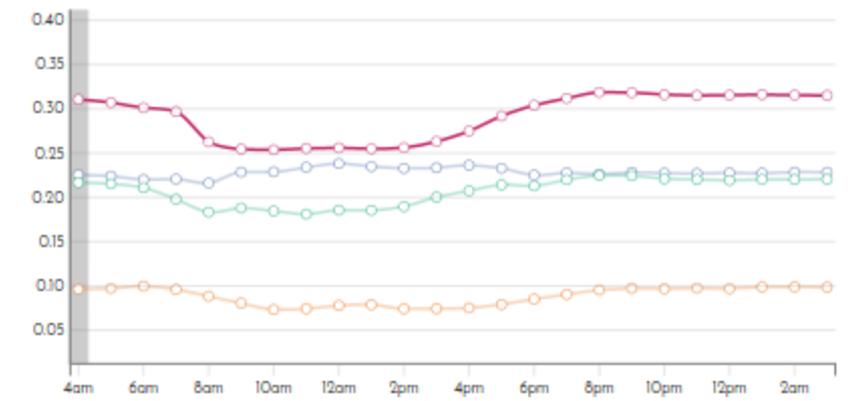
Bonus 1: La ségrégation H24 en IDF

Une ségrégation qui augmente en journée selon l'âge et le sexe mais qui baisse selon l'éducation

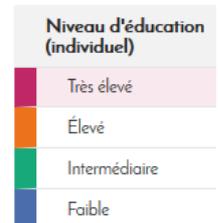
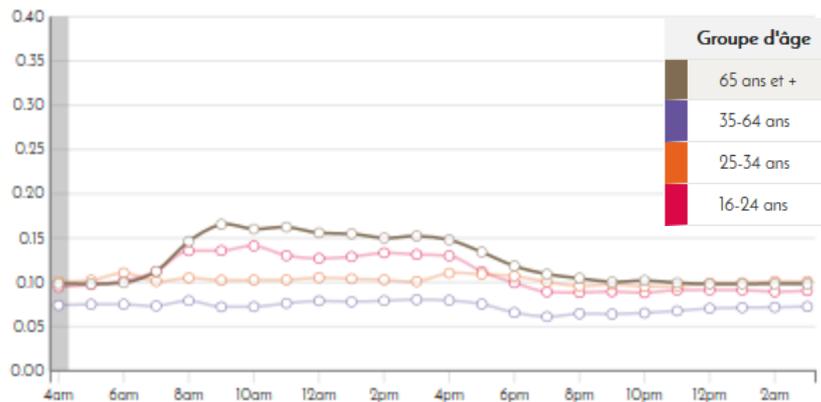
Répartition spatiale de la population par **sexe** : Indice de Duncan ©



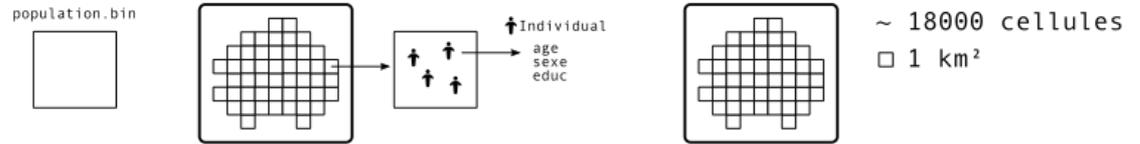
Répartition spatiale de la population par **niveau d'éducation (ind.)** : Indice de Duncan ©



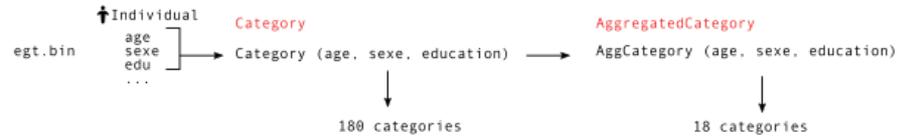
Répartition spatiale de la population par **groupe d'âge** : Indice de Duncan ©



Bonus 2: Synthetic Population Generation

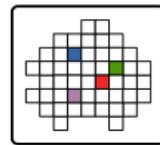


Transform EGT category to Agregated harmonized category

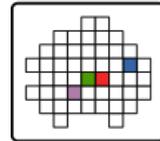
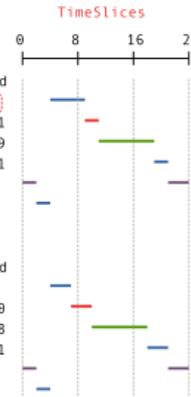


Residence
Loisir Jour
Travail
Loisir Nuit

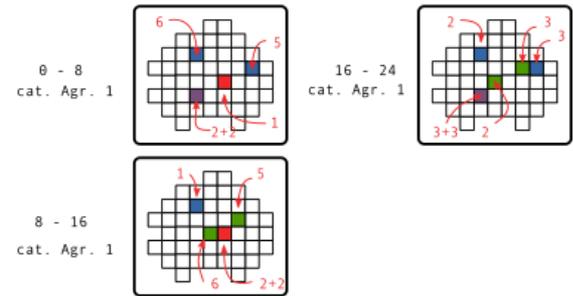
overlapping FLOW by TimeSlices, by AggCat on Cell



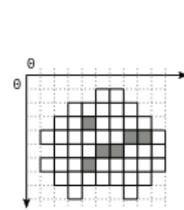
Flow	AggCat id	lieu	start	end
	(2.1.3) 1	R	4	9
	(2.1.3) 1	LJ	9	11
	(2.1.3) 1	T	11	19
	(2.1.3) 1	R	19	21
	(2.1.3) 1	LN	21	2
	(2.1.3) 1	R	2	4



Cat id	lieu	start	end
(2.1.3) 2	R	4	7
(2.1.3) 2	LJ	7	10
(2.1.3) 2	T	10	18
(2.1.3) 2	R	18	21
(2.1.3) 2	LN	21	2
(2.1.3) 2	R	3	4



list moves by TimeSlices, by Cell, by AggCat



Move (dest,poids)
0 - 8 ((4,3),6), ((8,4),5), ((4,6),4), ((6,5),1)] Moves
8 - 16 ((4,3),1), ((5,5),6), ((7,4),5), ((6,5),4)
16 - 24 ((4,3),2), ((8,4),3), ((5,5),2), ((7,4),3), ((4,6),2)

cat. 1 Agr. à Cat 18 Agr.	Move (dest,poids / sum-slice)
0 - 8 16 + ... = sum-slice1	
8 - 16 16 + ... = sum-slice2	
16 - 18 12 + ... = sum-slice3	

Bonus 3: Formal Model

$$influence_partner_{i,j,c} = opinion_{j,c}$$

$$influence_cell_{i,c} = \frac{n_healthy_neighbours_c}{n_all_neighbours_c}$$

$$rewardedOpinion_{o_{i,t}} = opinion_{i,t} \quad \text{if } i \text{ is unhealthy at time } t$$
$$\min(1, (1 + healthyDietReward) * opinion_{i,t}) \quad \text{otherwise}$$

$$newOpinion_{o_{i,t}} = inertiaCoefficient \times rewardedOpinion + (1 - inertiaCoefficient) \times$$
$$(interpersonalInfluence \times influence_partner_{i,c} +$$
$$(1 - interpersonalInfluence) \times influence_cell_{i,c})$$

$$y_i = maxProbaToSwitch - n_i * constraintStrength$$

$$x_i = f(y_i, o_i) = \max(0, y_i * (2 * newOpinion_i - 1)) \quad \text{if } i \text{ is unhealthy at time } t$$
$$\max(0, y_i * (-2 * newOpinion_i + 1)) \quad \text{if } i \text{ is healthy at time } t$$

i = agent

c = cell

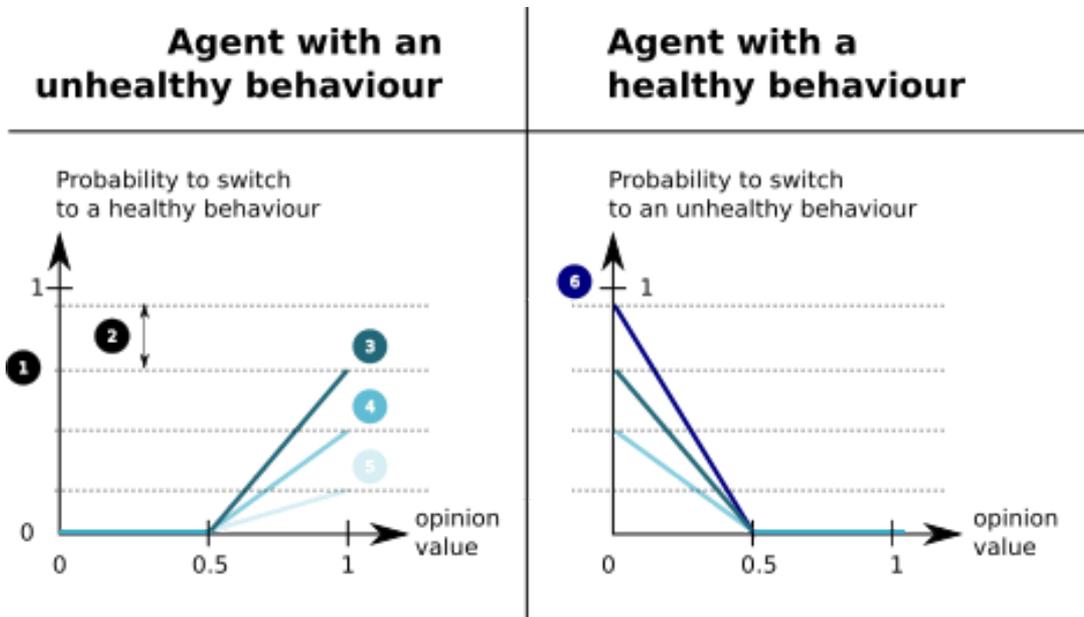
n_i = number of constraints of agent i

j = interacting partner

x_i = switch probability

Free parameter

Bonus 4: Switching mechanism



Parameters of the model

- 1 maxProbaToSwitch
- 2 constraintStrength

Opinion value scale



Alternative functions for categories of agents

- 3 Agent with no constraint (or 1 slowing + 1 accelerating constraints)
- 4 Agent with 1 slowing constraint
- 5 Agent with 2 slowing constraints
- 6 Agent with 1 accelerating constraint