

EDWIGE DUBOS-PAILLARD, YVES GUERMOND, PATRICE LANGLOIS

UMR 6063 IDEES. Laboratoire MTG-Rouen ; edwige.dubos-paillard@univ-fcomte.fr ;  
yves.guermond@univ-rouen.fr ; patrice.langlois@univ-rouen.fr

## Annexe 1 / Récapitulatif des fonctions d'interaction disponibles

**fonctions de proximité***continues :*

PV(Y;R) : proportion de présence de la population Y dans le voisinage de rayon R

AV(Y;R) : proportion de non-présence de Y dans le voisinage de rayon R

*binaires :*

EV(Y; R) : 1 s'il existe au moins un individu appartenant à Y dans le voisinage de rayon R, 0 sinon

RV(Y; R) : 1 si tout individu du voisinage de rayon R appartient à Y, 0 sinon

ZV(Y; R) : 1 s'il n'existe aucun individu de Y dans le voisinage de rayon R, 0 sinon

PV(Y;R;Min;Max) : 1 si proportion de présence de Y dans [Min;Max], 0 sinon

AV(Y;R;Min;Max) : 1 si proportion de non-présence de Y est dans [Min;Max], 0 sinon

**fonctions d'accessibilité***continue :*

AC(Y;R) : accessibilité aux états de Y selon un demi-effet à distance R

*binaire :*

AC(Y;R;Min;Max) : 1 si l'accessibilité de Y selon un demi-effet à distance R est entre Min et Max, 0 sinon

**fonctions événementielles et aléas:***binaires :*EP(n) : Événement Programmé au bout de n années ( $T=n$ ), vaut 1 si  $T \geq n$ , 0 sinonEP(n;d) : Ev<sup>t</sup> Programmé en  $T=n$ , pour une durée de d années. vaut 1 si  $n \leq T < n + d$ , 0 sinonEP(n;d;e) : Événement Programmé en  $T=n$ , selon une durée gaussienne de moyenne d, et d'écart type e

AL(n) : Aléa, vaut 1 en moyenne n fois par unité de temps, sinon vaut 0

AL(n;d) : Aléa, vaut 1 en moyenne n fois par durée de d unités de temps

AL(n;d;e) : Donne 1 en moyenne n fois par période moyenne de d unités de temps, et d'écart-type e

**fonctions démographiques:**

DE(Y) : densité : calcule la densité d de la population Y dans le tout le domaine

DE(Y; Max) : donne un taux de croissance d'asymptote Max, vaut 1 si d = 0, tend vers 0 si  $d \geq \max$ 

DE(Y;Min;Max) : donne 1 si la densité de Y est dans l'intervalle [Min; Max], 0 sinon

Annexe 2 - tableau 1 / Traduction en langage courant des règles de transition sur le cas rouennais

Règles	Signification en langage courant
HAB>HAB=PV (HAB;4;0,7;1)	L'habitat reste sous forme d'habitat si le voisinage comporte une forte densité d'habitat
HAB>IND=PV (IND;1;0,6;1)	L'habitat peut devenir de l'industrie si les cellules contiguës sont majoritairement industrielles
HAB>IND=PV(RTE+VFE;1;0,5;1)*PV(HAB+IMM;3;0,65;1)	L'habitat peut devenir de l'industrie s'il se situe à proximité d'un réseau routier ou ferré dense et si le voisinage comporte une densité élevée d'habitat ou de grands ensembles
HAB>IMM=PV (IMM;1;0,7;1)	L'habitat peut devenir des grands ensembles s'il y a une présence forte de grands ensembles à proximité
HAB>IMM=PV(HAB;5;0,85;1)*DE(IMM;0,01)	L'habitat peut devenir des grands ensembles si le voisinage comporte beaucoup d'habitat et si la densité de grands ensembles est faible.
HAB>FRI=AL(50,5)	50 cellules habitat, choisie aléatoirement, deviennent de la friche tous les 5ans
IND>FRI= AL (10;5)	10 cellules habitat, choisie aléatoirement, deviennent de la friche tous les 5ans
FRI>HAB=PV (HAB+CEN+DEN+IMM+ADM+ CCO+ VFE +RTE+PAT;10;0,65;1)*AV(IND,1)* AV(SEI+VFE,2)* PV(IMM,1;0;0,2)	La friche peut devenir de l'habitat si l'environnement est fortement urbanisé, si les cellules contiguës ne contiennent pas d'industrie et peu de grands ensembles, si la cellule n'est pas à côté d'une voie ferrée ou de la Seine.
FRI>IND= EV(VFE,3)*EV(SEI,5) *PV(IND+RTE;3;0,55;1)* ZV(CEN+DEN,1)* EP(0,16) puis FRI>IND= EV(VFE,5)*EV(SEI,5) *PV(IND+RTE;3;0,35;1)* ZV(CEN+DEN,1) EP(17,50)	La friche peut devenir de l'industrie s'il existe dans le voisinage une voie ferrée, un cours d'eau, une densité notable d'industrie et de route et si la cellule n'est pas à proximité du centre ou de l'habitat dense.
FRI>IND= EV(SEI,10)*EV(RTE,2)* PV(IND+RTE;3;0,55;1)* ZV(CEN+DEN,1)*EP(0,16) puis FRI>IND= EV(SEI,10)*EV(RTE,2)* PV(IND+RTE;3;0,4;1)* ZV(CEN+DEN,1)*EP (17,50)	La friche peut devenir de l'industrie s'il existe dans le voisinage une route, un cours d'eau, une densité notable d'industrie et de route et si la cellule n'est pas à proximité du centre ou de l'habitat dense.
FRI>IMM= EP(0,16)* EV(IMM,1)*DE(IMM;0,01)* PV (IMM,10;0;0,1) * PV (IND;4;0;0,1)* PV(IMM;3;0;0,25) *ZV(VFE,2)* EV(CEN+DEN,27) puis FRI>IMM= EP(17,6)* EV(IMM,1)*DE(IMM;0,02)* PV (IMM,10;0;0,1) * PV (IND;4;0;0,2)* PV(IMM;3;0;0,25)*ZV(VFE,1)*EV(CEN+DEN,27)	Durant 22 ans, la friche est susceptible de devenir grand ensemble s'il existe des grands ensembles à proximité mais si l'environnement n'en comporte pas trop, si la densité de grands ensembles reste faible, s'il y a peu d'industrie, si l'on n'est pas trop près d'une voie ferrée et si on est à une distance raisonnable du centre et de l'habitat dense.
FRI>IMM= EP(0,16)* DE(IMM;0,01)*PV (HAB+CEN+DEN +IMM+IND +CCO;8;0,4;1)*PV (FRI;1;0,34;1)* EV (CEN+DEN,27) * PV(IMM;10;0;0,1)* PV (IND;4;0;0,1)* PV(IMM;3;0;0,25) *ZV(VFE,2) puis FRI>IMM= EP(17,6)*DE(IMM;0,02)*PV (HAB+CEN+DEN+ IMM+IND+CCO+ ADM;8;0,4;1)*PV (FRI;1;0,34;1) *EV(CEN+DEN,27) * PV( IMM;10;0;0,1)* PV (IND;4;0;0,1)* PV(IMM;3;0;0,25)*ZV(VFE,1)	La friche peut devenir grand ensemble si l'environnement n'en comporte pas trop, si la densité de grands ensembles reste faible, s'il existe une certaine densité de bâti autour, s'il y a de la friche à proximité, et si on est à une distance raisonnable du centre et de l'habitat dense, s'il y a peu d'industrie, si l'on n'est pas trop près d'une voie ferrée.

PEN>HAB=PV (HAB+CEN+DEN+IMM+ADM+CCO+RTE+PAT;3;0,7;1)	La pente peut devenir de l'habitat si la densité de bâti est élevée dans le voisinage.
PEN>PEN=PV(PEN+FOR;2;0,6;1)	La pente reste pente s'il y a une densité de pente et de forêt élevée dans le voisinage
FRI>CCO=ZV(CEN,4)*DE(CCO,0,001)*PV(CCO,1)*PV(RTE,3)*PV(CCO;10;0;0,015)*EP(25,50)	La friche peut devenir un centre commercial à partir de la 25 <sup>ème</sup> année, s'il y a une proportion de présence de centre commercial dans les cellules contiguës, si elle n'est pas trop proche du centre, si la densité de centres commerciaux reste faible s'il y a une route dans le voisinage.
FRI>CCO=ZV(CEN,4)+DE(CCO,0,001)*PV(HAB+CEN+DEN+IMM+ADM+CCO+RTE+PAT+VFE;8;0,8;1)*PV(RTE,3)*ZV(CCO,15)*EV(FRI,1)*EP(25,50)	La friche peut devenir un centre commercial à partir de la 25 <sup>ème</sup> année, si elle n'est pas trop proche du centre, si la densité de centres commerciaux reste faible et qu'il n'y a pas de cellule comportant cet état trop près, s'il y a une forte densité de bâti autour, s'il y a une route dans le voisinage et s'il existe une cellule en friche à proximité.
FRI>HAB=PV(HAB+IMM+ADM+RTE+VFE+PEN;1;0,6;1)*PV(HAB;7;0,001;0,3)*AC(CEN+DEN,30)*EP(4,50)	A partir de la 20 <sup>ème</sup> année, la friche peut devenir de l'habitat si les cellules proches sont majoritairement urbanisées, si la proportion d'habitat dans le voisinage reste faible, s'il y a une bonne accessibilité au centre.
FRI>HAB=PV(HAB+RTE;3;0,5;1)*PV(HAB;7;0,001;0,3)*AC(CEN+DEN,30)*EP(4,50)	A partir de la 20 <sup>ème</sup> année, la friche peut devenir de l'habitat si les cellules proches sont majoritairement urbanisées, si la proportion d'habitat dans le voisinage reste faible, s'il y a une bonne accessibilité au centre.
FRI>IND= EV(VFE+FER,2)*EV(SEI,2)*EV(RTE,2)*EV(FRI;2)*EP(22,50)	A partir de la 22 <sup>ème</sup> année, la friche peut devenir de l'industrie s'il existe dans le voisinage une voie ferrée ou une gare, la Seine, une route et de la friche dans un voisinage proche.
FRI>PAT= DE(PAT; 0,002)*AV(IND;3)* EV(PAT,2)*PV(PAT;5;0;0,5) * EP(36,50)	A partir de la 36 <sup>ème</sup> année, la friche peut devenir parc d'activité si la densité de cellules ayant cet état n'est pas trop élevée, s'il n'y a pas d'industrie autour, s'il existe des cellules parc d'activité à proximité sans que dans un rayon un peu plus étendu la densité ne soit trop élevée.
FRI>PAT= PV(RTE,4) *DE(PAT,0,002)*PV(HAB+CEN+DEN+IMM +ADM+CCO+ RTE+PAT ;10;0,45; 0,8) *AV(IND;3)* PV(FRI;2;0,5;1) * EP(36,50)	A partir de la 36 <sup>ème</sup> année, la friche peut devenir parc d'activité si la densité de cellules ayant cet état n'est pas trop élevée, s'il n'y a pas d'industrie autour, si en revanche l'espace est urbanisé sans l'être complètement, si on a de la friche à proximité et si on est assez proche d'une route

**Annexe 2 - tableau 2 / Hypothèses de durées de vie dans le cas rouennais**

<b>Etat</b>	<b>Durée de vie</b>	<b>Traduction dans SpaCelle</b>
Fleuve.	Infinie	SEI > SEI=DI
Forêt, espaces vert	Infinie	FOR > FOR=DI
Principaux axes routiers	Infinie	RTE > RTE=DI
Voie ferrée	Infinie	VFE > VFE=DI
Centre historique	Infinie	CEN > CEN=DI
Equipements publics	Infinie	ADM > ADM=DI
Habitat peu dense	Aléatoire : d'espérance de vie de 50 ans et d'écart type d'un an	HAB > HAB=DA(50,1)
Habitat dense	Aléatoire : d'espérance de vie de 100 ans et d'écart type de 15 ans	DEN > DEN=DA(100,15)
Grands ensembles	Aléatoire : d'espérance de vie de 50 ans et d'écart type d'un an	IMM > IMM=DA(50,1)
espaces non bâtis, agricoles	Aléatoire : d'espérance de vie de 20 ans et d'écart type de 5 ans	FRI > FRI=DA(20,5)
pentons non bâties	Aléatoire : d'espérance de vie de 20 ans et d'écart type de 5 ans	PEN > PEN=DA(20,5)
Centres commerciaux	Aléatoire : d'espérance de vie de 50 ans et d'écart type d'un an	CCO > CCO=DA(50,1)
zone d'activité moderne	Aléatoire : d'espérance de vie de 40 ans et d'écart type de 5 ans	PAT > PAT=DA(40,5)
zone d'activité industrielle	Aléatoire : d'espérance de vie de 30 ans et d'écart type de 5 ans	IND > IND=DA(30,5)
emprise ferroviaire	Aléatoire : d'espérance de vie de 50 ans et d'écart type de 5 ans	FER > FER=DA(50,5)

Annexe 3 - tableau a/ Probabilités de transition 1950-1994

Annexe 3a : Situation observée probabilités de transition d'un état de 1994 connaissant sa valeur en 1950		1994															total
		E0 : Forêt, espaces verts	E1 : habitat peu dense	E2 : zones d'activités	E3 : Seine	E4 : Grands ensembles	E5 : espaces non bâtis, agricoles	E6 : Equipements publics	E7 : emprise ferroviaire	E8 : pentes avec ou sans forêt	E11 : habitat dense	E13 : principaux axes routiers	E14 : voie ferrée	E15 : zone d'activité moderne			
E0 : Forêt, espaces verts	0	92,6%	1,1%	0,6%	0,0%	0,5%	0,1%	0,3%	0,0%	2,3%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E1 : habitat peu dense	1	0,0%	92,5%	2,6%	0,0%	1,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E2 : zones d'activités	2	0,6%	0,8%	93,9%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E3 : Seine	3	0,0%	0,0%	0,5%	98,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E4 : Grands ensembles	4																
E5 : espaces non bâtis, agricoles	5	1,0%	13,5%	6,5%	0,0%	4,3%	68,1%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	3,9%	0,0%	0,4%	0,0%	100,0%	
E6 : Equipements publics	6	2,4%	8,2%	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%	83,5%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E7 : emprise ferroviaire	7	4,8%	2,4%	1,2%	0,0%	0,0%	13,1%	0,0%	66,7%	0,0%	0,0%	11,9%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E8 : pentes avec ou sans forêt	8	0,0%	6,3%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	90,7%	0,0%	2,6%	0,1%	0,0%	0,0%	100,0%	
E11 : habitat dense	11	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E13 : principaux axes routiers	13	0,1%	0,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	76,5%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
E14 : voie ferrée	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	98,2%	0,3%	0,0%	0,0%	100,0%	
E15 : zone d'activité moderne	15											9,2%	90,5%	0,0%	0,0%	100,0%	

Annexe 3b : Situation simulée probabilités de transition à posteriori d'un état de 1994 connaissant sa valeur en 1950		1994											Total		
		E0 : Forêt, espaces verts	E1 : habitat peu dense	E2 : zones d'activités	E3 : Seine	E4 : Grands ensembles	E5 : espaces non bâtis, agricoles	E6 : Equipements publics	E7 : emprise ferroviaire	E8 : pentes avec ou sans forêt	E9 : Centres commerciaux	E10 : centre historique		E11 : habitat dense	E15 : zone d'activité moderne
1950		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	15	
E0 : Forêt, espaces verts	0	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	100%
E1 : habitat peu dense	1	0%	94%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
E2 : zones d'activités	2	0%	1%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
E3 : Seine	3	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
E4 : Grands ensembles	4														
E5 : espaces non bâtis, agricoles	5	0%	14%	7%	0%	3%	70%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	100%
E6 : Equipements publics	6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
E7 : emprise ferroviaire	7	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	88%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
E8 : pentes avec ou sans forêt	8	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	95%	0%	0%	0%	0%	100%
E9 : Centres commerciaux	9														
E10 : centre historique	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
E11 : habitat dense	11	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	76%	0%	100%
E15 : zone d'activité moderne	15														

\* Les lignes/colonnes absentes : E12 : état non utilisé, E13 et E14: principaux axes routiers et ferroviaires, constants au cours de la simulation avec une mise à jour externe en 1966

**Annexe 3c**  
**comparaison des résultats de la simulation par rapport à la situation observée en 1994**  
 Ecartis relatifs du modèle à la réalité en pour-1000

	1994	E0 : Forêt, espaces verts	E1 : habitat peu dense	E2 : zones d'activités	E3 : Seine	E4 : Grands ensembles	E5 : espaces non bâtis, agricoles	E6 : Equipements publics	E7 : emprise ferroviaire	E8 : pentes avec ou sans forêt	E9 : Centres commerciaux	E10 : centre historique	E11 : habitat dense	E15 : zone d'activité moderne
1000 × (simulé - observé)/Nb de cases														
1950														
E0 : Forêt, espaces verts	0	4	-2	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
E1 : habitat peu dense	1	0	2	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
E2 : zones d'activités	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E3 : Seine	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E4 : Grands ensembles	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E5 : espaces non bâtis, agricoles	5	-3	1	3	0	-6	5	0	0	0	0	0	0	2
E6 : Equipements publics	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
E7 : emprise ferroviaire	7	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0
E8 : pentes avec ou sans forêt	8	0	-6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
E9 : Centres commerciaux	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E10 : centre historique	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E11 : habitat dense	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E15 : zone d'activité moderne *	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* Les lignes/colonnes absentes : E12 : état non utilisé, E13 et E14: principaux axes routiers et ferroviaires, constants au cours de la simulation avec une mise à jour externe en 1966

Annexe 4 / Évolution observée 1950-1966-1944 (nombre de cellules)

	<b>1950</b>	1966-1950	<b>1966</b>	1994-1966	<b>1994</b>
0 : E0 : Forêt, espaces verts	3516	-47	3469	8	3477
1 : E1 : habitat peu dense	2047	78	2125	883	3008
2 : E2 : zones d'activités	530	107	637	441	1078
3 : E3 : Seine	443	0	443	-2	441
4 : E4 : Grands ensembles	0	184	184	150	334
5 : E5 : espaces non bâtis, agricoles	5956	-326	5630	-1439	4191
6 : E6 : Equipements publics	91	12	103	97	200
7 : E7 : emprise ferroviaire	160	0	160	-32	128
8 : E8 : pentes avec ou sans forêt	2477	-2	2475	-153	2322
9 : E9 : Centres commerciaux	0	0	0	22	22
10 : E10 : centre historique	105	0	105	0	105
11 : E11 : habitat dense	42	-6	36	6	42
15 : E15 : zone d'activité moderne	0	0	0	19	19
<b>total</b>	<b>15367</b>	<b>381</b>	<b>15367</b>	<b>1626</b>	<b>15367</b>