



**HAL**  
open science

## Simuler la baisse de fécondité en Inde

Yoann Doignon, Sébastien Oliveau

► **To cite this version:**

Yoann Doignon, Sébastien Oliveau. Simuler la baisse de fécondité en Inde. Groupe Dupont - ESPACE. Actes du 18ème colloque Géopoint : les échelles pour les géographes et les autres, , pp.93-99, 2012, 978-2-9029-0918-7. halshs-00806481

**HAL Id: halshs-00806481**

**<https://shs.hal.science/halshs-00806481v1>**

Submitted on 31 Mar 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Simuler la baisse de fécondité en Inde

Yoann Doignon<sup>1</sup>, Sébastien Oliveau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Provence, 29 Avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cedex 1 - UMR ESPACE 6012  
*yoann.doignon@gmail.com*

<sup>2</sup> Université de Provence, 29 Avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cedex 1 - UMR ESPACE 6012  
*sebastien.oliveau@univ-provence.fr*

---

**RÉSUMÉ.** Dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la limitation de la fécondité devient une réelle préoccupation pour les pays en voie de développement. De fait, le taux de fécondité de la majorité des pays du monde diminue pendant cette période. L'Inde verra une multitude de politiques différentes appliquées à l'échelle locale et régionale. La baisse de fécondité observée depuis 1951 peut être assimilée à une diffusion de l'innovation, dont l'origine est au sud du pays. La décision de faire moins d'enfants reste individuelle, bien qu'elle puisse être influencée par différents critères culturels et sociaux. Des décisions individuelles sont donc à l'origine d'un phénomène de diffusion à une échelle supérieure. Afin de saisir le phénomène de diffusion à partir d'une échelle locale, il convient de se placer à une échelle individu-centrée. La difficulté que représente l'observation de comportements basés sur des hypothèses posées à une échelle individu-centrée peut être surmontée par le recours aux Systèmes Multi-Agents.

**MOTS-CLÉS.** Fécondité, diffusion spatiale, systèmes multi-agents, Inde.

**ABSTRACT.** In the second half of the twentieth century, the limitation of fertility became a real concern for developing countries. In fact, the fertility rate of the majority of the countries of the world decreased during that period. India will see a multitude of different policies applied on a local and regional scale. The decline of fertility observed since 1951 can be likened to a diffusion of innovation, the origin of which is the South of the country. The decision to have fewer children remains individual, although it can be influenced by various cultural and social criteria. Individual decisions at a micro scale are thus at the origin of a phenomenon of diffusion at a macro scale. To understand the phenomenon of diffusion from a local scale, it is advisable to situate oneself at an individual-centered scale. The difficulty of observing behaviors based on hypotheses placed at an individual-centered scale can be surmounted by the recourse to multi-agent systems.

**KEYWORDS.** Fertility, spatial diffusion, multi-agent systems, India.

**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

*Doignon Y., Oliveau S.*

## I. La baisse de fécondité en Inde...

Dans le processus de transition démographique, on observe une baisse de la mortalité suivie d'un déclin de la natalité. Aujourd'hui, achevée dans les pays du Nord, elle est largement entamée dans les pays du Sud.

La fécondité des pays en voie de développement a diminué de 52 % en moyenne de 1965 à 2000. Si la transition démographique ne concernait quasiment aucun pays du Tiers-Monde en 1950, elle est par contre terminée dans la majorité du monde à l'heure actuelle, car seulement 9 % de la population mondiale se trouve dans un pays où la transition n'a pas commencé (Grinblat A. 2008). En 2005, environ 81 % de la population mondiale vit dans un pays d'une fécondité inférieure à trois enfants par femme. La baisse de fécondité apparaît donc comme un phénomène mondial de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle.

À partir de la fin des années 50, le monde académique et politique prend conscience de l'entrave au développement économique que représente une haute fécondité pour un pays pauvre (Grinblat A. 2008).

En 1974, à la conférence mondiale de Bucarest, le manque de développement est directement mis en relation avec une fécondité élevée : ce n'est plus la haute fécondité qui engendre un retard dans le développement, mais l'inverse. Par conséquent, cette conférence impulse l'idée qu'une aide au développement est nécessaire afin de réduire la fécondité d'un pays. Ainsi, des efforts tournés vers la contraception seront faits.

À partir de la conférence du Caire de 1994, la condition féminine est mise en avant comme facteur conditionnant la baisse de la fécondité avant le développement. À partir de là, les programmes internationaux créeront des projets axés préférentiellement sur la condition des femmes.

Si la baisse de la fécondité a été rapide dans certains pays (Iran, Algérie, Thaïlande, Chine, etc.) l'Inde n'a pas suivi la même voie, bien que ses dirigeants aient eu conscience, dès l'indépendance, du fardeau que représentait la haute fécondité du pays et des enjeux de la baisse de la fécondité.

D'après C.Z. Guilmoto (1997), la baisse de fécondité commence à partir des années 60, date où le gouvernement indien lance une politique massive de limitation de naissance. Pour cela, une politique antinataliste se met en place, qui s'accompagne d'une plus grande disponibilité de moyens contraceptifs à destination de la population. Pendant l'état d'urgence (de 1977 à 1979), le gouvernement d'Indira Gandhi va même jusqu'à effectuer des stérilisations forcées sur certains hommes indiens, mais cette pratique n'a

heureusement pas perduré, laissant la place à une politique de bien-être familial.

Avant l'indépendance de l'Inde, les écarts de fécondité entre les régions étaient faibles, et la situation globalement homogène. Aujourd'hui, il existe au contraire de grandes disparités, ce qui nous permet d'opposer les États pionniers (Kerala et Tamil Nadu particulièrement) aux États dits « retardataires » (Uttar Pradesh notamment). La géographie de la fécondité prend aujourd'hui la forme d'une structure auréolaire, dont le centre est l'Inde du Nord traditionnelle, sanskritisée et islamisée, où la fécondité n'a que peu baissé depuis 1950.

Les aides mises en place par le gouvernement indien étaient nationales, mais n'ont pas eu le même impact partout. Les variations nationales sont expliquées à 70 % par le découpage des états (Guilmoto C.Z. 1997). Cela signifie donc que, statistiquement, l'appartenance à un état a la même importance pour déterminer le niveau de fécondité que l'alphabétisation, sans pour autant y être directement corrélée. La dimension régionale doit donc être prise en compte dans la compréhension de ce phénomène démographique.

De ce fait, il est possible de percevoir des imbrications d'échelles dans le processus de baisse de fécondité. En effet, à l'intérieur des états, il existe aussi des différences et des liens. Si un district indien voit fortement diminuer sa fécondité, il est probable que celle de ses voisins fera de même. La forte autocorrélation spatiale de ce phénomène a déjà été soulignée, à l'échelle des districts et au-delà à celle des villages (Oliveau S. et Guilmoto C.Z. 2005 ; Oliveau S. 2005).

Pendant, la décision de changements de comportements reste individuelle, donc c'est à cette échelle qu'il faut concevoir notre travail. Étant donné que l'alphabétisation et l'activité de la femme sont les variables les plus étroitement liées statistiquement à une faible fécondité, le statut de la femme est donc primordial pour comprendre la propagation de la baisse de la fécondité. Ainsi, les différents systèmes sociaux indiens peuvent-ils expliquer l'inégale pénétration sur le territoire des comportements malthusiens, notamment les différentes normes familiales. Les régions traditionnellement pronatalistes sont généralement celles où le statut de la femme est dégradé et où la domination masculine est traditionnellement très forte. Les nouveaux idéaux familiaux - caractérisés par la diminution de la fécondité et la nucléarisation des ménages - ont été permis par des changements dans l'équilibre des couples concernant la gestion de la reproduction et de la santé. La puissance du modèle traditionnel explique en partie le taux variable de baisse de la fécondité selon les régions indiennes. Les différences

**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

*Doignon Y., Oliveau S.*

interrégionales de la fécondité peuvent être les conséquences de systèmes sociaux différents, reposant sur des traditions culturelles spécifiques. L'autonomie de la femme ressort donc comme un concept clef de ces différences.

Comme le dit C.Z. Guilmoto (2005), les femmes qui se servent du planning familial mis en place par le gouvernement indien sont celles qui ont déjà opté pour un contrôle de leur fécondité. Ainsi, la qualité de la Sécurité sociale et du planning familial n'ont aucun impact sur la fécondité, ce qui veut dire que les femmes ont changé leurs comportements reproducteurs par d'autres moyens que par la propagande malthusienne de l'État. L'hypothèse peut être faite que ces changements ont été le fruit d'un bouleversement des normes sociales par un autre système de normes venant du sud de l'Inde.

## II. ... un exemple de diffusion spatiale de l'innovation

Si le choix de maîtriser sa fécondité est le fruit d'une décision individuelle, contrainte sociologiquement et économiquement, il n'en reste pas moins qu'à un niveau agrégé, le phénomène « transforme les usages sociaux, selon les mécanismes de diffusion dont le processus connaît certaines régularités temporelles et spatiales » (Guilmoto C.Z. 2005). Autrement dit, il apparaît des structures spatiales assez marquées pour que l'on ne puisse les ignorer.

La baisse de la fécondité correspond bien au modèle théorique de l'innovation (Rogers E.M. 1995 ; Saint-Julien T. 1985). Les conditions d'apparition, les composantes et les formes du processus sont respectées.

La cartographie de la baisse de la fécondité en Inde (figure 1) nous montre ainsi des formes avec une progression du phénomène du sud vers le nord de l'Inde, de la périphérie vers le centre. On envisage alors l'existence d'une diffusion spatiale de ce qui constitue assurément une innovation démographique.

Pour mémoire, le processus de diffusion spatiale apparaît en un (ou plusieurs) lieu(x) puis, pour se diffuser, va nécessiter des adoptants potentiels localisés dans d'autres lieux. La condition suivante est le contact entre émetteurs et récepteurs pour que le message se transmette. Enfin, tout ce processus se déroule dans le temps, il faut une certaine durée pour que la propagation s'effectue et que l'espace soit progressivement conquis.

On peut aisément localiser en Inde des foyers de diffusion et des fronts de progression de la baisse de la fécondité. Les cartes du niveau de fécondité au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle sont, de ce point de vue, démonstratives (figures 1 et 2).

Pour expliquer une propagation, plusieurs mécanismes de diffusion peuvent être utilisés : diffusion par contagion, par migration, hiérarchique. De plus, une diffusion sociale peut accentuer ou freiner le phénomène.

La diffusion par contagion est une propagation de proche en proche sans que l'intensité du phénomène ne diminue au foyer d'origine. Il peut même s'y renforcer.

La diffusion par migration agit de la même façon, mais le foyer originel voit l'intensité du phénomène diminuer au fur et à mesure qu'il s'étend sur d'autres espaces.

La diffusion hiérarchique quant à elle, emprunte un autre chemin. Il n'y a pas propagation, mais des sauts vers de nouveaux espaces, similaires ou de caractéristiques semblables, mais sans être à proximité. Un exemple plus parlant serait la diffusion à travers un réseau de villes : l'innovation touchera d'abord les capitales nationales, puis régionales, etc.

Enfin, on se rappellera qu'à côté de ces phénomènes spatiaux peut coexister une diffusion sociale, depuis les groupes que E.M. Rogers (1995) nomme les meneurs d'opinions vers le reste de la population. Arsène Dumont (voir Béjin A. 1989) dans le contexte démographique européen a parlé de capillarité sociale pour décrire la transmission depuis l'aristocratie vers le reste de la société de la diminution de la natalité. Dans le contexte indien, on retrouve cette même capillarité sociale depuis les hautes castes et/ou les castes dominantes jusqu'à l'ensemble de la population (Nagaraj K. 2000).

Dans le cas de la fécondité, le processus de capillarité sociale est certes présent, mais la propagation se fait aussi par contagion. Autrement dit, proximité sociale et spatiale sont à l'œuvre. Outre les interactions sociales, très contrôlées en Inde par le système de croyances (religion et hiérarchie rituelle), les interactions spatiales jouent un rôle capital, malgré des mobilités géographiques souvent réduites. Les probabilités de contact diminuent rapidement avec la distance.

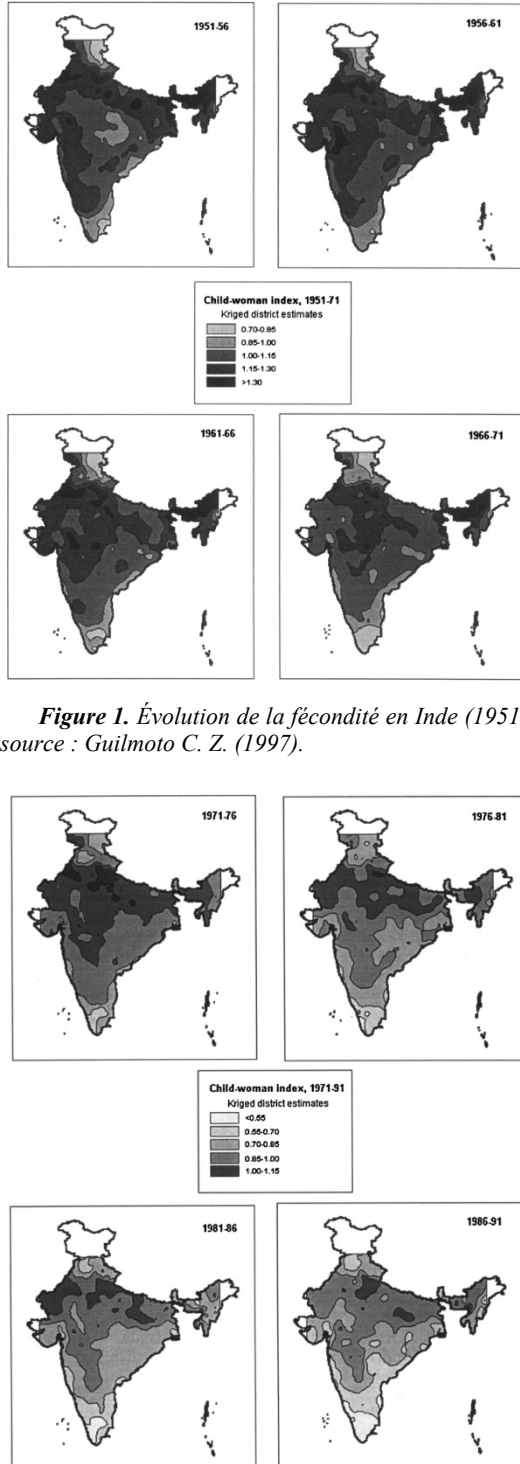
Par ailleurs, et comme nous l'avons dit, la diffusion spatiale des innovations utilise aussi largement les canaux de la hiérarchie urbaine. Diffusion par contagion et diffusion hiérarchique se combinent et forment les deux principaux canaux permettant d'expliquer la forme spatiale de la baisse de la fécondité. Les réseaux de communications – routes et chemin de fer – constituent de ce point de vue les canaux visibles de cette diffusion (Oliveau S. 2005).

Enfin, la diffusion peut être freinée dans l'espace par différentes contraintes que l'on nomme habituellement barrières. Parmi celles identifiées pour

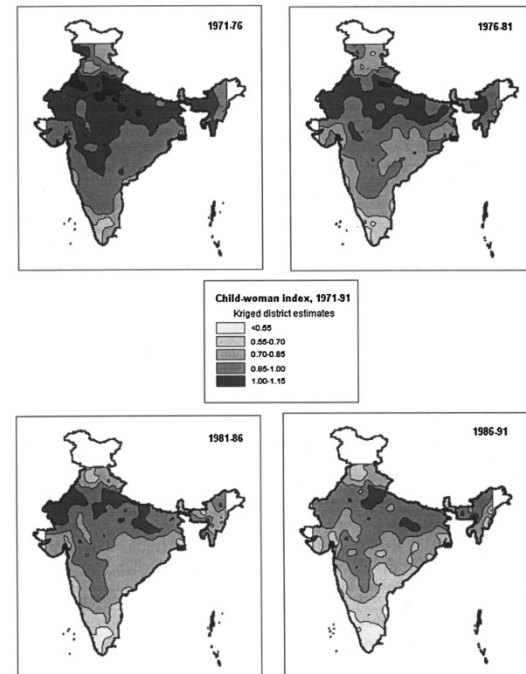
**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

Doignon Y., Oliveau S.

la baisse de la fécondité en Inde, on trouvera l'isolement géographique, qui tient à l'écart de l'information, mais aussi l'isolement socio-spatial de certains groupes (tribus dans les espaces montagnards par exemple).



**Figure 1.** Évolution de la fécondité en Inde (1951-1971), source : Guilmoto C. Z. (1997).

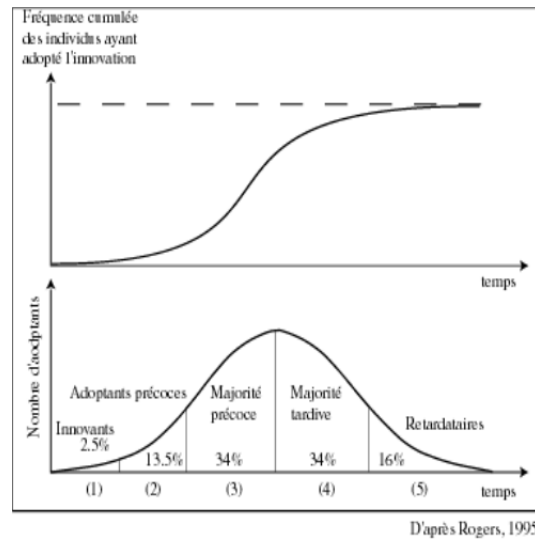


**Figure 2.** Évolution de la fécondité en Inde (1971-1991), source : Guilmoto C. Z. (1997).

On distingue quatre étapes temporelles dans la diffusion spatiale par contagion. La première voit l'innovation se répandre et introduire dans l'espace une différenciation entre le centre émetteur et le reste du pays.

La deuxième étape (l'expansion) voit le phénomène se développer et s'étendre de manière centrifuge alors qu'il s'intensifie au centre. Lors d'un troisième temps (la condensation), le phénomène cesse de se renforcer au centre, et atteint les lieux les plus éloignés. Les contrastes interrégionaux vont commencer à se réduire. Vient alors la dernière étape (dite de saturation) où le nombre d'adoptants de l'innovation tend à être maximum et où l'espace commence à s'uniformiser.

Ces quatre étapes peuvent être représentées de manière continue sur deux graphiques (figure 3) qui montrent pour le premier le nombre total d'adoptants (courbe logistique) et pour le second le nombre de nouveaux adoptants selon le moment de l'adoption (courbe en cloche).



**Figure 3.** Courbe logistique et différenciation des adoptants dans le temps, source : Daudé E. (2004).

Dans le contexte indien de baisse de la fécondité, la diffusion peut être caractérisée par trois éléments : la distance au foyer d'apparition de l'innovation, un effet d'accélération et une intervention de la hiérarchie urbaine. La diffusion de la baisse de la fécondité est d'origine périphérique, elle démarre au sud de l'Inde et semble accélérer le long des côtes. Ainsi le mouvement semble auréolaire enclavant de plus en plus les régions les plus natalistes.

Les premières régions concernées connaissent une baisse plus rapide certainement, car elles ont eu des échanges plus intenses avec le reste du monde. La colonisation y a joué par exemple un rôle important, notamment dans les progrès de l'éducation par

**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

*Doignon Y., Oliveau S.*

exemple, qui a été beaucoup plus rapide que dans le reste de l'Inde.

Enfin, l'effet hiérarchique le long de la hiérarchie urbaine n'est pas à négliger dans un pays qui connaît aujourd'hui plus de 30 villes millionnaires en habitants. Ainsi les villes jouent en quelque sorte le rôle de cheval de Troie dans les régions qui résistent au changement, amenant en leur cœur de nouveaux comportements reproductifs.

Ainsi, la baisse de la fécondité, fruit d'une décision individuelle a suivi un processus de diffusion spatiale assez classique ou l'on peut distinguer trois niveaux d'intervention. Le premier est celui de l'individu et définit le changement de comportement. Le second est à l'échelle régionale et marque une contrainte spatiale sur la dynamique de changement. Le dernier est à l'échelle internationale et ancre ce phénomène dans un processus mondial de réduction des naissances.

### III. Abandonner les modèles agrégés pour la simulation individu-centrée ?

#### A. Les avantages des systèmes multi-agents dans les phénomènes de diffusion

##### 1. Les limites des modèles globaux

E. Daudé (2004) expose les limites des modèles globaux pour expliquer les phénomènes de diffusion spatiale, qui sont au nombre de quatre : l'homogénéité de la population, la libre circulation de l'information, la fonction décisive identique à tous les individus et les innovations statiques.

L'homogénéité de la population insinue que les individus ont le même comportement, ce qui ne permet pas de différencier les individus qui « adoptent » l'innovation en premier des individus qui « adoptent » l'innovation en dernier. La libre circulation de l'information implique que tous les agents se connaissent, s'observent et que les contacts s'établissent de manière aléatoire parmi les membres du système analysé. Or, nous savons que les relations sociales et spatiales d'un système social sont très importantes, et par conséquent que la diffusion n'atteint pas tous les lieux ou tous les individus en même temps. La fonction décisive identique à tous les individus sous-entend que la décision d'un individu d'adopter une innovation ne dépend pas d'un processus d'apprentissage et qu'il ne peut remettre en cause son choix une fois sa décision prise. Les innovations statiques représentent la dernière limite. Ce genre d'innovation n'évolue pas, ce qui peut poser

problème lorsqu'il s'agit d'innovations technologiques, mais ce n'est pas notre propos ici.

##### 2. Le modèle individu-centré

Une approche agrégée si elle permet de reproduire le phénomène globalement ne permet pas d'entrer au cœur du processus de diffusion. Pour ce faire, il convient plutôt de se tourner vers une approche locale, et dans notre contexte, vers une approche individu-centrée étant donné que la décision de changer de comportement reproducteur est individuelle.

Ces types de modèles dépassent les limites exposées précédemment par une hétérogénéité de la population, une information partielle et une innovation dynamique. Cela implique que chaque individu possède des critères propres. L'information circule principalement entre les individus, et de cette manière la connaissance des individus se construit peu à peu, en se basant sur un système social que l'on peut déterminer. Pour terminer, l'innovation peut posséder des caractéristiques non figées dans le temps, lui permettant de se transformer.

##### 3. Les théories de l'auto-organisation

Dans la théorie de l'auto-organisation (Sanders L. et al. 1989), on souligne qu'une population d'individus est capable de se structurer implicitement pour fonctionner. Depuis la somme des individus émergent des structures globales qui ne sont pas explicitement souhaitées. Ces structures peuvent être aussi bien sociales que spatiales et se mettent en place dans le temps à la suite d'interactions entre individus.

Ainsi, les systèmes auto-organisés possèdent des caractéristiques émergentes, visibles à un niveau macro alors que l'observation d'un individu ne permet aucunement de le déterminer. Les phénomènes de diffusion spatiale correspondent généralement à ce genre de modélisation puisqu'un ensemble de règles et de contraintes propres aux individus produit au niveau global des règles nouvelles et propres à ce niveau.

Dans le cas qui nous intéresse, l'émergence d'une diffusion spatiale de la baisse de la fécondité est bien le résultat de changements individuels de natalité qui sont régis par des facteurs d'ordre personnel (figure 4). Si en établissant des règles d'interactions à l'échelle locale il est possible d'observer des caractéristiques de diffusion à l'échelle globale, on pourra alors supposer que ces règles d'interactions peuvent être retenues comme pertinentes.

Les théories de l'auto-organisation proposent un environnement pour comprendre comment les systèmes fonctionnent de manière dynamique et interactive, et offrent des techniques pour simuler de tels phénomènes.

**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

Doignon Y., Oliveau S.

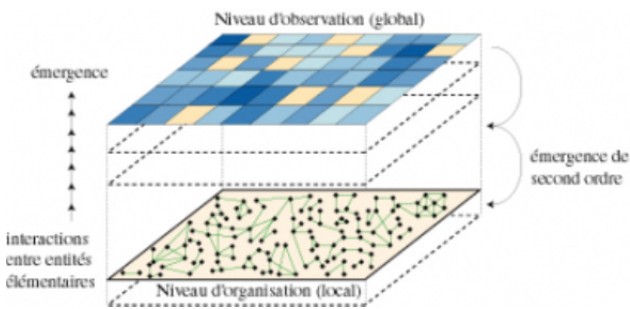


Figure 4. Principe d'émergence, source : Daudé E. (2004).

#### 4. L'apport des Systèmes Multi-Agents

Cependant, la difficulté de l'environnement proposé par l'auto-organisation demeure dans l'observation – dans le temps et l'espace – du comportement des règles d'interactions posées au niveau local. La simulation informatique rend cela possible par l'intermédiaire des Systèmes Multi-Agents. Ces derniers permettent de créer un monde artificiel à partir d'hypothèses, de lois et de théories, ce qui multiplie les possibilités du modélisateur (Bonney J.L. 2005).

Par l'intermédiaire du recours à ces outils, il devient donc possible de rechercher à l'échelle individuelle les moteurs d'un phénomène de diffusion spatiale observé globalement, et d'effectuer des simulations sur les conséquences globales de changements locaux.

#### B. La baisse de fécondité par les Systèmes Multi-Agents

Simuler la baisse de fécondité comme un phénomène de diffusion spatiale par les Systèmes Multi-Agents, nécessite au départ de poser quelques hypothèses, tout d'abord sur l'hétérogénéité individuelle et l'information partielle. C'est-à-dire que chaque individu considéré est « unique », et possède ses propres caractéristiques. De la même manière, cet individu ne connaît pas tous les autres agents. La dernière hypothèse est que le changement du comportement reproducteur ne peut être fait que par la proximité sociale et spatiale des individus.

Tout l'intérêt porte donc sur le choix des caractéristiques de ces individus. Dans un but pratique et technique, il convient de ne pas trop les multiplier et de les limiter à un nombre avoisinant quatre ou cinq caractéristiques. Le plus intéressant reste donc de ne considérer que les critères les plus déterminants sur la fécondité. Pour chaque agent, nous choisirons ainsi de lui attribuer une religion, un lieu de vie (urbain ou rural / une région ou une autre) et un niveau d'éducation qui détermineront son niveau de réceptivité.

Après avoir donné ces caractéristiques à chaque individu, il faut déterminer un réseau social dans lequel les agents vont s'exprimer et communiquer entre eux. Ainsi, des réseaux de connaissances artificiels sont créés pour chaque individu selon la proximité sociale et spatiale.

Maintenant que le système social est en place, avec des individus possédant leurs propres caractéristiques, il ne reste qu'à définir les différentes règles d'interactions entre les individus. Pour cela, plusieurs choses doivent être déterminées. Tout d'abord, comment imaginer un changement du comportement reproducteur. Ce dernier peut être assimilé à un message de type malthusien. Une personne qui n'a pas encore changé son comportement est un adoptant potentiel du message. Alors il faut considérer les personnes ayant adopté le message – et par conséquent ayant modifié leurs comportements – comme les centres émetteurs du message, par analogie aux centres émetteurs de l'innovation chez T. Saint-Julien. Ainsi, ces personnes émettrices envoient un message malthusien aux adoptants potentiels qui appartiennent à leur réseau de connaissances. La chance d'un individu d'adopter le message malthusien, et donc de changer de comportement, sera calculée en fonction de ces caractéristiques. Le modèle est donc probabiliste. Une fois que l'individu, touché par le message malthusien, change son comportement, il faudrait que cela soit perceptible au niveau de la natalité.

Pour cela, un système de générations et de naissances doit être mis en place. Chaque individu possèdera un nombre d'enfants souhaité. On considère que les individus peuvent procréer de 15 ans à 45 ans. Chaque année, les individus ont une probabilité  $X$  – à calculer par rapport aux caractéristiques propres à chaque individu – de faire un enfant. Une fois le nombre d'enfants souhaité atteint, l'individu arrête de faire des enfants. Il s'agit ici des règles de fonctionnement dans la simulation, mais le plus important reste l'introduction d'un message malthusien. Ce dernier est l'élément déclencheur de la diffusion du contrôle des naissances. En effet, quand un individu adopte le message, il diminue son nombre d'enfants souhaité. Ainsi, la natalité de la population totale va commencer à diminuer au fur et à mesure que le message malthusien sera reçu.

De cette manière, il sera facile d'observer la baisse de fécondité comme pratique sociale dans un système social particulier, créé par le modélisateur, et également de voir les conséquences directement sur la natalité. Mais ce modèle ne concerne qu'un espace fictif : il y a aura un certain nombre d'individus, mais ne représentant pas d'espace en particulier.

Afin d'observer la baisse de fécondité en Inde, il convient alors de créer plusieurs mondes artificiels,

**Thème 1 :** Quelle prise en compte des échelles dans les outils et modèles géographiques descriptifs et prospectifs ?  
État actuel, évolutions possibles

Doignon Y., Oliveau S.

dont chacun représentera un district indien, et chacun obéissant aux règles d'interactions précédentes. Il faudra lancer l'innovation à partir d'un district du sud de l'Inde, et d'observer l'évolution de la diffusion. Ainsi, les objectifs fixés au départ seront remplis : à l'aide d'hypothèses et de règles de fonctionnement déterminées seulement à l'échelle individuelle, donc locale, il sera possible d'observer des résultats à l'échelle globale. Une autre finalité, et non des moindres, sera de voir si les caractéristiques choisies pour chaque individu sont pertinentes ou non. En effet, si la diffusion de la baisse de fécondité par simulation ressemble à la baisse observée depuis 1951, alors nous pourrions valider les critères envisagés.

La méthode proposée envisage donc une modélisation de la diffusion spatiale de la baisse de la fécondité en Inde à partir de simulations individus-centrées. Il reste néanmoins quelques freins techniques. La prise en compte des interactions fait croître les calculs de manière exponentielle, amenant les ordinateurs actuels aux limites de leurs capacités. Si la prise en compte des dimensions spatiales et multiscalaires des phénomènes sociaux s'affirme aujourd'hui comme une propriété elle n'en reste pas moins difficile, notamment d'un point de vue technique.

#### IV. Références bibliographiques

**Bejin A.** 1989 – « Arsène Dumont et la capillarité sociale », *Population*, 44<sup>e</sup> année, n°6, pp. 1009-1028.

**Bonnefoy J.L.** 2005 - *Étude de géographie théorique et expérimentale*. HDR de l'Université de Provence, 225 p.

**Daudé E.** 2004 – « Apports de la simulation multi-agents à l'étude des processus de diffusion », *Cybergeo*, Revue européenne de géographie, n°255, 15 p.

**Grinblat J.** 2008 – « L'évolution de la fécondité dans le monde depuis 1965 et ses conséquences », *Monde en développement* n°142, p. 13-22.

**Guilmoto C.Z.** 1997 - « La géographie de la fécondité en Inde (1981-1991) », *Espaces, populations et sociétés*, pp. 145-159.

**Guilmoto C. Z.** 2005 - "Fertility decline in India - maps, models and hypotheses", in *Fertility Transition In South India*, Sage, 452 p.

**Nagaraj K.** 2000 - *Fertility decline in Tamil Nadu - Social Capillarity in action?* Monograph 1, Madras Institute of Development Studies, Chennai, 110 p.

**Oliveau S.** 2005 - "Mapping out fertility in South India" in *Fertility Transition In South India*, Sage, 452 p.

**Oliveau S. et Guilmoto C.Z.** 2005 – "Spatial correlation and demography. Exploring India's demographic patterns", Communication à la XXVth IUSSP International Population Conference, 18-23 juillet 2005, Tours, 21 p., texte en ligne : <http://iussp2005.princeton.edu/download.aspx?submissionId=51529>

**Rogers, E. M.** 1995 - *Diffusion of innovations*, Free Press, New York, 518 p. 1<sup>ère</sup> édition en 1962.

**Sanders L., Pumain D. et Saint-Julien T.** 1989 - *Villes et auto-organisation*, Economica, Paris, 191 p.

**Saint-Julien T.** 1985 – *La diffusion spatiale des innovations*, coll. RECLUS modes d'emploi, Montpellier, 37 p.