

ANALYSE D'IMAGE ET EFFET DE FRONTIÈRE : ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES STRUCTURES DE PEUPEMENT DES RÉGIONS PYRÉNÉENNES

PEREZ Sandra

Laboratoire d'analyse spatiale
URA D 1476
Sophia Antipolis Nice

Résumé

La contribution présente la démarche utilisée pour déceler l'impact de la frontière pyrénéenne sur l'évolution récente de la population des communes des Pyrénées-Orientales et de la province de Gerona. Les traitements statistiques sont effectués à partir de mesures réalisées par analyse d'images et donnant lieu à une modélisation spatiale.

Mots Clés

Analyse de l'image - Analyse spatiale - Frontière - Modélisation - Morphologie mathématique

Introduction

De nombreuses études se sont intéressées par le passé au phénomène de la frontière. Elles avaient pour objet des questions telles que la démarcation des frontières, les conflits frontaliers, l'évolution des frontières, elles privilégiaient les aspects historiques, juridiques, géopolitiques. Aussi, jusqu'à présent les typologies proposées se sont davantage attachées à la ligne frontière qu'à la zone frontière. De ce fait, il n'existe pas a priori de taxonomie propre aux régions frontalières. C'est pourtant au sein de ces espaces régionaux que se traduisent préférentiellement les processus de ségrégation spatiale.

Cette communication s'inscrit donc dans une phase de recherche consacrée à l'analyse de l'empreinte spatiale de la frontière. Plus précisément, son objet consiste à percevoir s'il existe un effet de frontière agissant comme facteur de différenciation spatio-temporel sur les structures de peuplement. Nous présenterons ici la procédure utilisée pour déceler l'impact de la frontière franco-espagnole sur l'évolution de la population des communes appartenant au département des Pyrénées-Orientales et à la province espagnole de Gerone par l'analyse d'image. Le champ d'étude ne se limite pas à la zone de 25 km constituant la zone frontalière sensu stricto, telle qu'elle a été définie en 1964, mais englobe la totalité de ces deux espaces.

1. Présentation des outils existants et du choix effectué

Pour percevoir si la frontière agit comme un facteur de différenciation spatio-temporelle, nous avons réalisé une analyse diachronique de la répartition spatiale des taux de croissance par rapport à la frontière. L'objectif est de mesurer le rôle exercé par celle-ci à travers le temps, et d'en préciser la nature (répulsion-attraction), ainsi que l'emprise spatiale de ces effets. Mais parmi la gamme d'outils statistiques dont nous disposons, quels sont ceux qui sont les plus appropriés pour répondre à cette question ?

Il existe plusieurs méthodes qui rendent compte de la corrélation statistique ou de l'indépendance entre plusieurs caractères, ainsi que de l'intensité de celle-là. Notons à titre de rappel les tableaux de contingence qui permettent de

déterminer à travers le signe de l'association entre deux variables, l'effet d'attraction ou au contraire de répulsion qui les caractérise, et le graphe planaire qui par les niveaux de connexité prend en compte la distance. Mais, dans tous les cas, c'est la distance entre des individus qui est favorisée, et non celle séparant ces mêmes individus d'un élément géographique donné (littoral, route, frontière).

Seul un nombre restreint d'outils statistiques possède cette caractéristique, essentielle pour le thème traité. Ce sont ceux qui appartiennent à la démarche morphologique qui offrent la possibilité de procéder à des analyses de contiguïté (concept fondamental en topologie) non pas uniquement entre des éléments de même nature (points et points), mais entre un phénomène ponctuel et un phénomène de surface, ou un phénomène linéaire. Cette démarche morphologique se subdivise en deux, entre les techniques de la variographie d'une part, et celles de l'analyse d'image d'autre part, ces dernières faisant appel à la morphologie mathématique.

L'effet d'une frontière peut se mesurer notamment par la différence existant entre des distributions observées et théoriques. Nous avons choisi de privilégier ici l'analyse d'image, pour déceler un effet de frontière, car elle permet de comparer la répartition spatiale d'un semis de points (représentant des taux de croissance négatifs ou positifs pour une période donnée), à partir de la frontière (masque de mesure), avec un modèle spatial théorique de type aléatoire, à savoir le modèle de Poisson (qui constitue notre masque de référence), ceci, selon la méthode mise au point par Ch. VOIRON-CANICIO (1992).

2. Description de la démarche morphologique choisie

Avant d'exposer en détail la démarche propre au modèle, il convient d'examiner la nature des données qui ont servi de base à l'élaboration de la modélisation. Afin d'appréhender au mieux la répartition spatiale des taux de croissance sur l'ensemble du domaine étudié, on a retenu tout d'abord une échelle de travail fine, puisqu'elle correspond au niveau communal. Puis, les taux de croissance intercommunitaires ont été calculés à partir des populations sans double compte, et ce, pour les trois derniers recensements, ce qui correspondait aux périodes françaises de 1968-1975, 1975-1982, 1982-1990 et à 1961-1971, 1971-1981, 1981-1991 pour les données espagnoles. Par la suite, et pour chaque recensement, un taux de croissance départemental moyen a été obtenu. Seules les communes ayant un taux de croissance supérieur à ce dernier, ou un taux de croissance négatif sont prises en considération au sein du modèle.

Soit 3 images (figure 1) :

- 1. le tracé de la frontière (Image n° 1),
- 2. le contour du champ d'étude (Image n° 2),
- 3. des taux de croissance (positifs ou négatifs) pour une période donnée (Image n° 3).

La démarche consiste à effectuer une série de dilations à partir du tracé de la frontière, puis à intersecter ce dilaté à chaque pas avec le champ afin de mesurer le nombre de points tombant dans ce dilaté (Image n° 4), ce dénombrement correspond à la distribution observée notée $Q(r)$:

$$Q(r) = P(r)$$

$P(r)$ = nombre de points

Les opérations de dilatation du tracé sont réitérées jusqu'à ce que l'ensemble du champ soit recouvert (Image n° 5). On obtient par là même, la densité moyenne $m(Q)$ des points de la plus vaste auréole et donc la distribution théorique $Q'(r)$ issue de la multiplication de la densité moyenne avec la surface du dilaté :

$$Q'(r) = mQ * s(r)$$

$$mQ = V(r) / S(r)$$

$V(r)$ = nombre de points inclus dans la dernière auréole

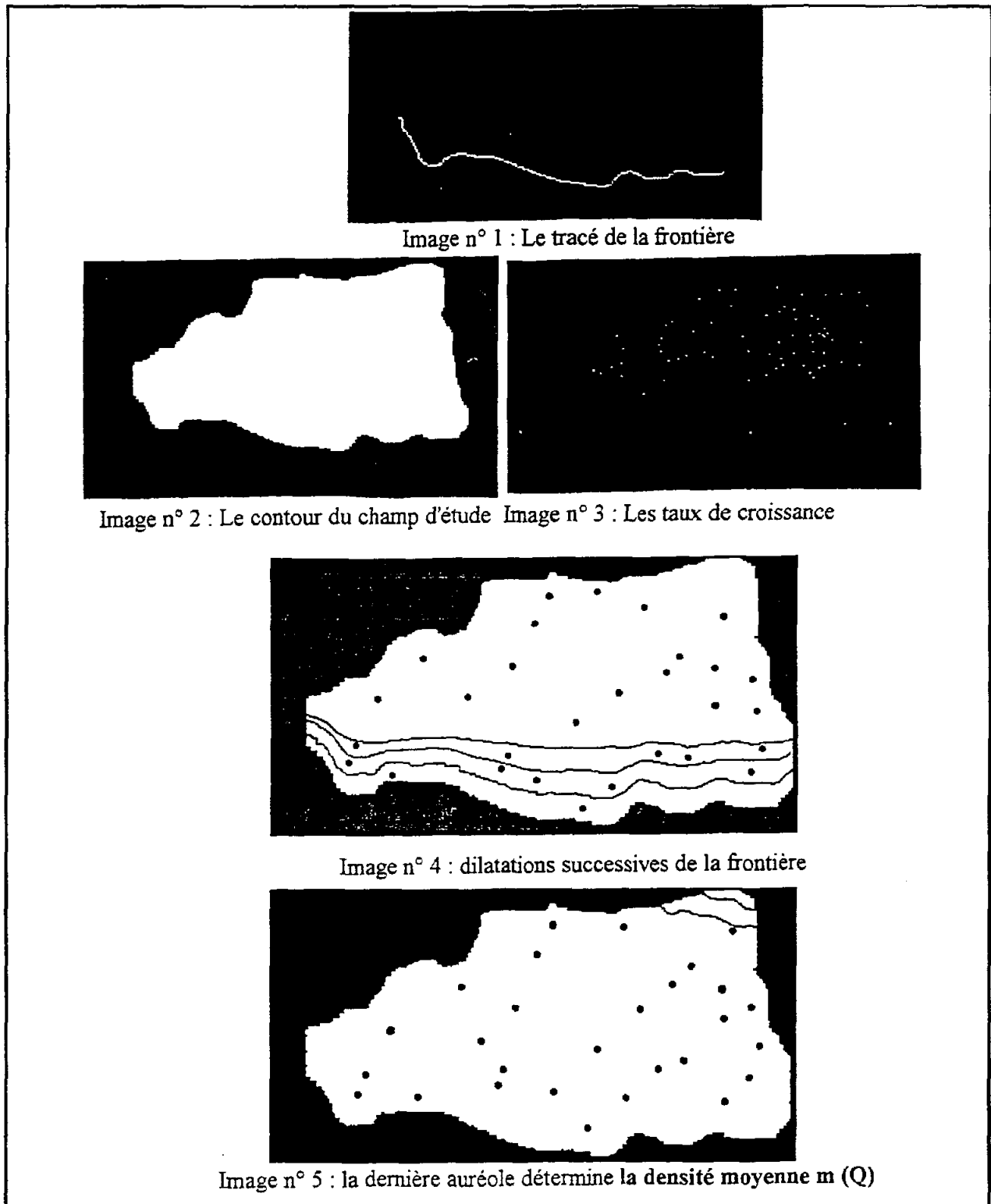
$S(r)$ = surface totale du champ

$s(r)$ = surface du dilaté

$Q'(r)$ illustre le nombre de points que l'on devrait trouver dans chaque auréole si ceux-ci étaient distribués de manière aléatoire. Il devient alors possible de comparer l'écart existant entre la distribution observée et la distribution théorique à une certaine distance de la frontière :

$$Q^1(r) = Q(r) - Q'(r)$$

Figure 1 : Les images étudiées, frontière et population



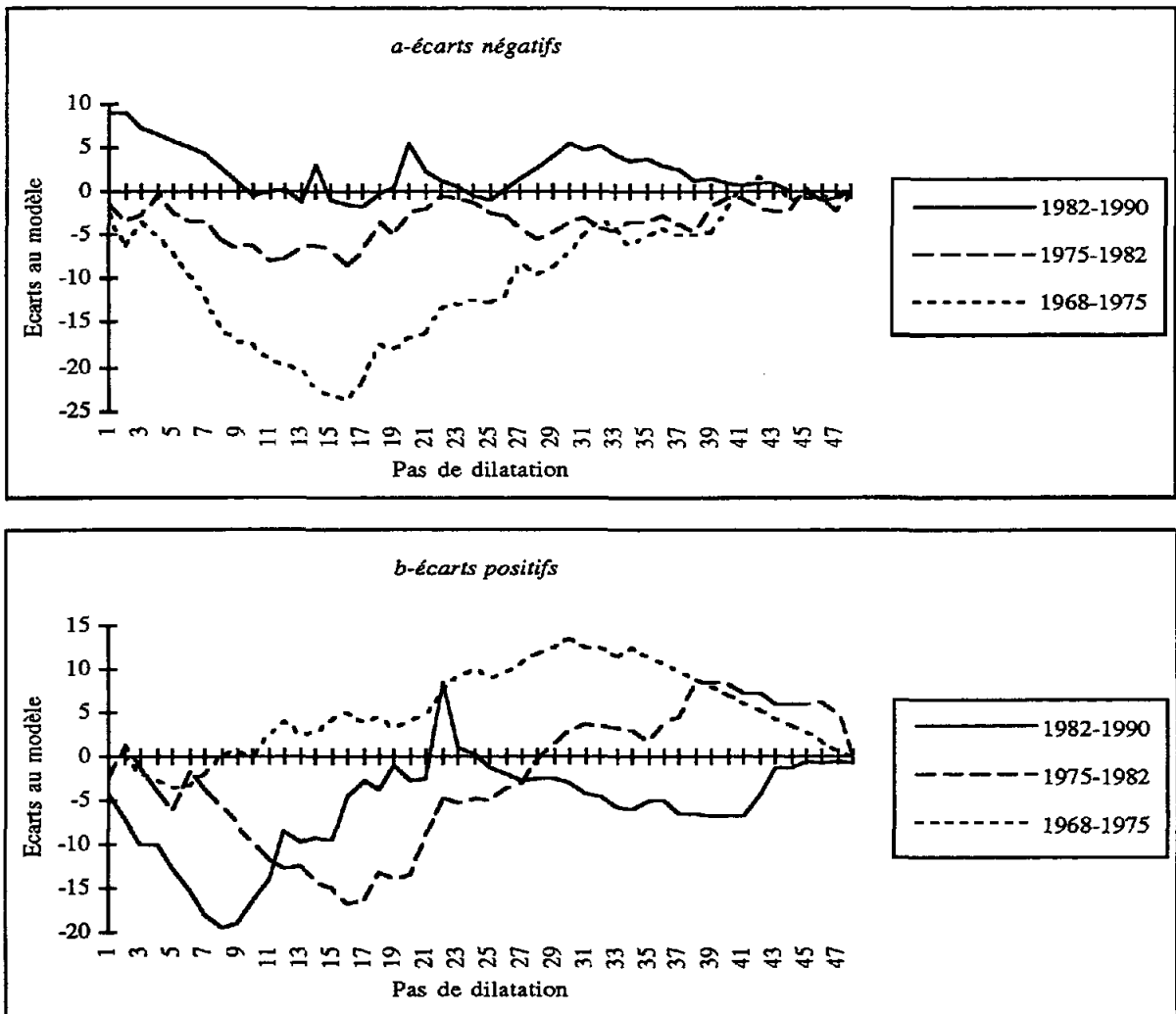
Si la distribution est de type aléatoire, chaque point de l'espace aura alors autant de probabilité d'être affecté d'un taux de croissance positif lorsqu'on analysera ceux-ci, ou négatif selon le principe de non-indépendance spatiale, les courbes tendront alors vers 0. Les pics (valeurs positives) et les creux (valeurs négatives) indiquent dans le premier cas une sur-représentation par rapport au modèle et dans le second une sous-représentation.

Par conséquent, lorsque la frontière exerce un effet d'attraction, cela se matérialise par des valeurs positives (si l'on considère bien entendu les taux de croissance positifs) ainsi que par des taux de croissance négatifs sous-représentés. Inversement, l'effet répulsif est dénoté par une sous-représentation des taux de croissance positifs et un surnombre de taux négatifs. Les pas de dilatation étant reportés en abscisse, il est alors possible de savoir à quelle distance ces phénomènes se produisent, sachant que dans le cas présent, un pas de dilatation équivaut à un kilomètre.

3. Les résultats de la modélisation

Si l'on applique dans un premier temps cette procédure au département des Pyrénées-Orientales (fig. 2) on constate en ce qui concerne les taux de croissance négatifs que la sous-représentation qui les caractérisait en 1968 a eu tendance au fil des recensements à s'atténuer. Ainsi, lors de la dernière période intercensitaire ils sont supérieurs à la distribution attendue. Cela est particulièrement net à proximité immédiate de la frontière où l'on enregistre dans les deux premiers kilomètres un écart de +10. Observons à présent les taux de croissance positifs. Depuis 1975, la distribution observée est inférieure à la distribution théorique et ce d'autant plus aujourd'hui que l'on se situe entre 4 et 13 km. La période comprise entre 1968-1975 se singularise quant à elle par un surnombre des taux de croissance positifs, mais ce seulement à partir du dixième kilomètre.

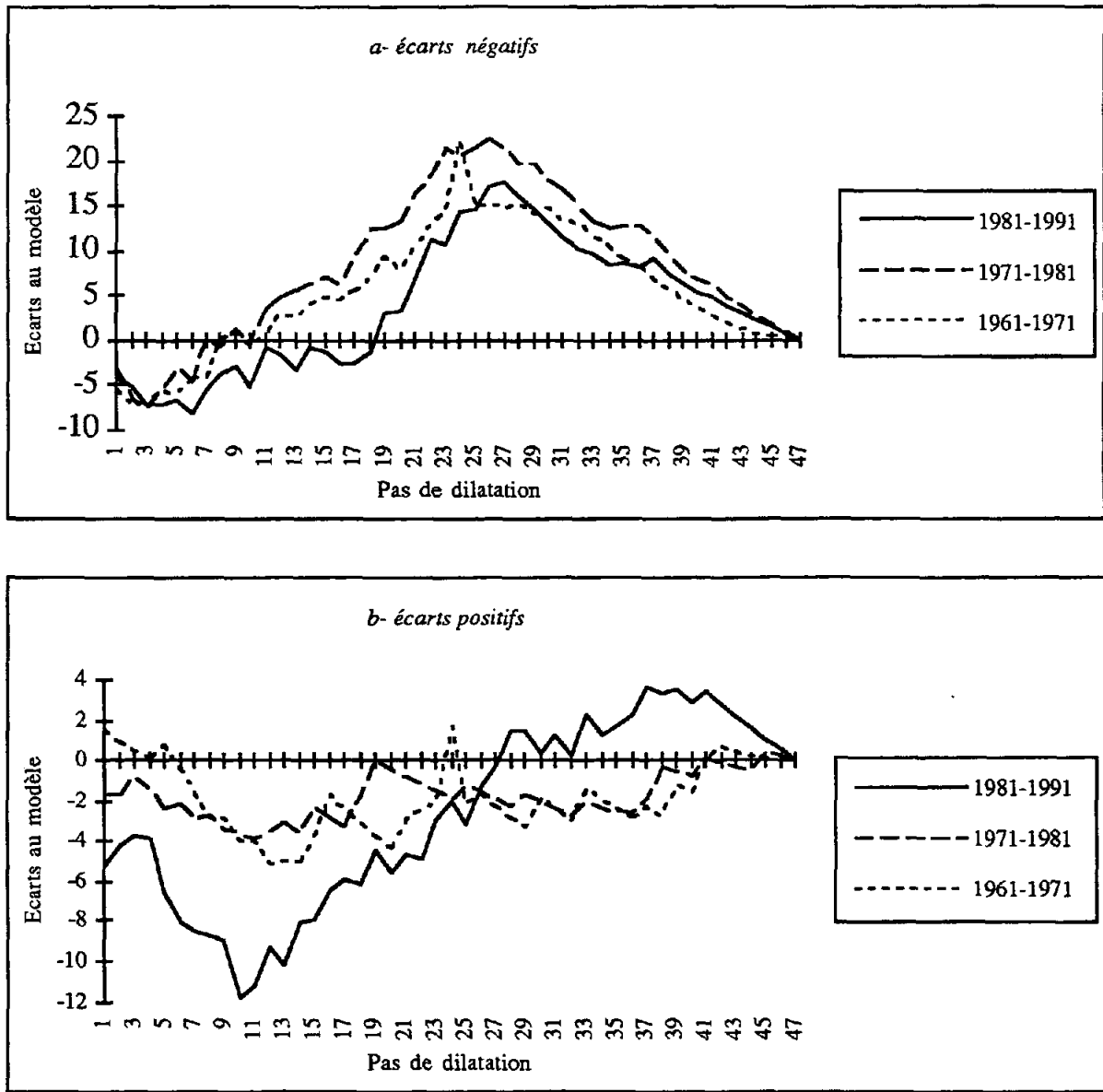
Figure 2 : Evolution spatio-temporelle des écarts des taux de croissance au modèle de Poisson (Pyrénées-Orientales)



Il semblerait donc, après l'examen de ces courbes, que la frontière ait exercé entre 1968 et 1975 un rôle attractif, qui a été spatialement différé, car il ne s'inscrit pas dans le proche voisinage de la frontière, mais au-delà des 10 premiers kilomètres. Or, il est à noter que le tracé de la frontière coïncide dans plus de 90 % des cas avec la ligne de crête et que ces dix premiers kilomètres correspondent à des zones de montagnes (Vallespir, Albères). Depuis 1975, c'est le caractère répulsif de la frontière qui prévaut, phénomène qui s'est d'ailleurs accentué au dernier recensement de 1990. Ainsi, alors qu'en 1975 les deux types des taux de croissance étaient sous-représentés, on observe aujourd'hui une distribution observée nettement supérieure à la distribution théorique lorsque l'on se réfère aux taux de croissance négatifs, et ce d'autant plus que l'on est proche de la frontière.

Cette évolution se retrouve-t-elle de l'autre côté de la frontière, dans la province mitoyenne de Gerone, ou assistons-nous à un autre type de situation (figure 3) ?

Figure 3 : Evolution spatio temporelle des écarts des taux de croissance au modèle de Poisson (Gerone)



Lorsque l'on analyse les taux de croissance négatifs (a), on est frappé par l'allure similaire des courbes entre elles. En effet, quelle que soit la période considérée, la distribution observée est toujours très supérieure (+15) à la distribution théorique. A quelques nuances près, cependant, puisque ce sureffectif n'est observable qu'à partir du dixième kilomètre pour les deux plus anciens recensements, et au niveau du dix-neuvième kilomètre pour le dernier. A proximité de la frontière, ces taux sont sous-représentés. Les taux de croissance positifs, sont quant à eux toujours inférieurs au modèle (b), à l'exception toutefois, d'une faible sur-représentation au recensement de 1991 au delà de 25 km. Ces écarts négatifs se manifestent cependant avec plus d'amplitude depuis la dernière décennie (-12).

Par conséquent, le caractère répulsif de la frontière pour la province espagnole a été observé au cours des trois derniers recensements, et seulement depuis 1975 en ce qui concerne le côté français. Néanmoins cet effet s'est au sein de ces deux espaces intensifié au cours du temps, même s'il se traduit différemment selon le versant auquel on se réfère. Ainsi, d'une part les écarts sont moins élevés du côté espagnol (-10) contre (-20) pour les Pyrénées-Orientales, d'autre part, à proximité de la frontière cela se matérialise plutôt par des taux de croissance positifs sous-représentés que par des taux de croissance négatifs sur-représentés alors que le versant français se caractérise aussi par des taux de croissance négatifs excédentaires. De plus, nous avons vu que lorsque la frontière a joué un rôle d'attraction (1968-1975), la distribution observée n'était supérieure à la distribution attendue qu'à partir du dixième kilomètre et l'on a envisagé comme motif d'explication la présence du relief. Or, en ce qui concerne la province de Gerone, lorsque les taux de croissance négatifs sont en surnombre, cela ne se manifeste pas dans les dix ou vingt premiers kilomètres. A la vue des éléments dont nous disposons, on constate donc que la déprise des zones de montagne affecte apparemment dans une moindre mesure le versant espagnol.

Au point où nous en sommes de l'analyse, il nous est apparu nécessaire d'introduire au sein de ce modèle un certain degré d'anisotropie, par le biais des principales voies de communication (fig. 4) qui sillonnent notre champ d'étude (Image n° 6). Plus précisément, nous avons focalisé notre attention sur l'espace s'étendant sur 5 km de part et d'autre de ces dernières (Image n° 7).

Mais, il était aussi intéressant de prendre en considération, l'espace se situant hors d'atteinte de ces axes (Image n° 9). C'est la raison pour laquelle nous avons dissocié au moyen d'une différence ensembliste notre champ (Image n° 8) en deux selon que l'on se trouve sous l'influence ou non des principales routes (Images n° 10, 11) Puis, la procédure précédemment explicitée a été appliquée sur chacun de ces espaces. Seules les Pyrénées-Orientales pour la période 1982-1990 ont fait l'objet de cette analyse.

De ces traitements (fig. 5), il ressort que les taux de croissance négatifs, compris dans le dilaté des routes, sont sous-représentés par rapport à la courbe générale, tandis que la courbe s'apparente à celle de référence, à l'extérieur du dilaté, du moins à partir du quatorzième kilomètre (a). Si l'on considère à présent les taux de croissance positifs à l'intérieur du dilaté (b) on n'observe pas de différences notables par rapport à la courbe de base ; la sous-représentation maximale est cependant moins élevée -12 contre -20. Cette remarque peut aussi s'appliquer aux taux de croissance positifs en dehors du dilaté. Si les courbes des taux de croissance positifs varient peu suivant que l'on se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur du dilaté, nous avons vu qu'il n'en était pas de même pour les taux de croissance négatifs. Par conséquent, une différenciation de ces deux espaces s'imposait. Enfin, on retiendra que les voies de communication ont tendance à jouer un rôle modérateur sur la distribution des taux de croissance négatifs, sans que cela se traduise pour autant par un surnombre des taux de croissance positifs. Néanmoins, leur sous-représentation est moins élevée.

Une analyse là encore diachronique nous permettrait de voir si elles ont exercé la même influence à travers le temps. L'étude pourrait également être étendue à la province espagnole.

Enfin, la prise en compte d'autres éléments contingents afin de parfaire le modèle s'impose, tel que par exemple le relief, ceci afin de différencier la part réellement attribuable à l'effet de frontière, de l'influence de cet élément.

Figure 4 : Les images étudiées, introduction des voies de communication

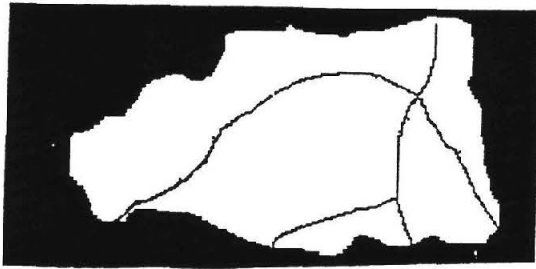


Image n° 6 : Les principaux axes de communication

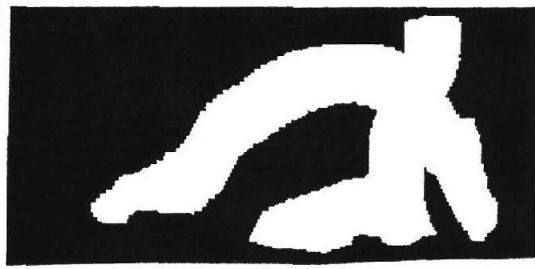


Image n° 7 : Le dilaté de 5 km

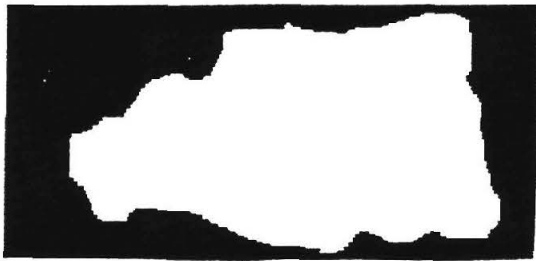


Image n° 8 : Le fond du champ

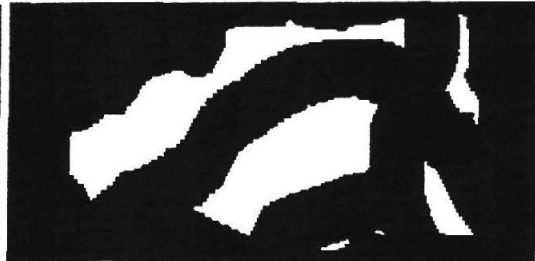


Image n° 9 : Image résultat de la différence ensembliste entre le fond du champ et le dilaté



Image n° 10 : Intersection des taux de croissance positifs avec le fond externe au dilaté des voies de communication

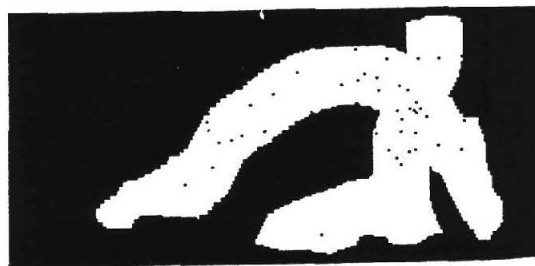
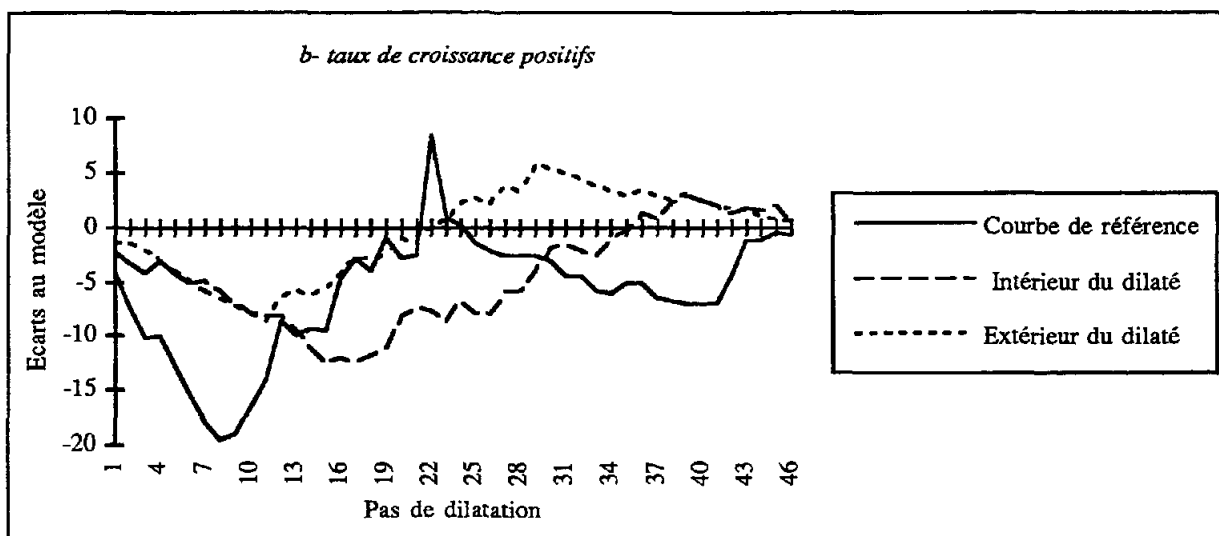
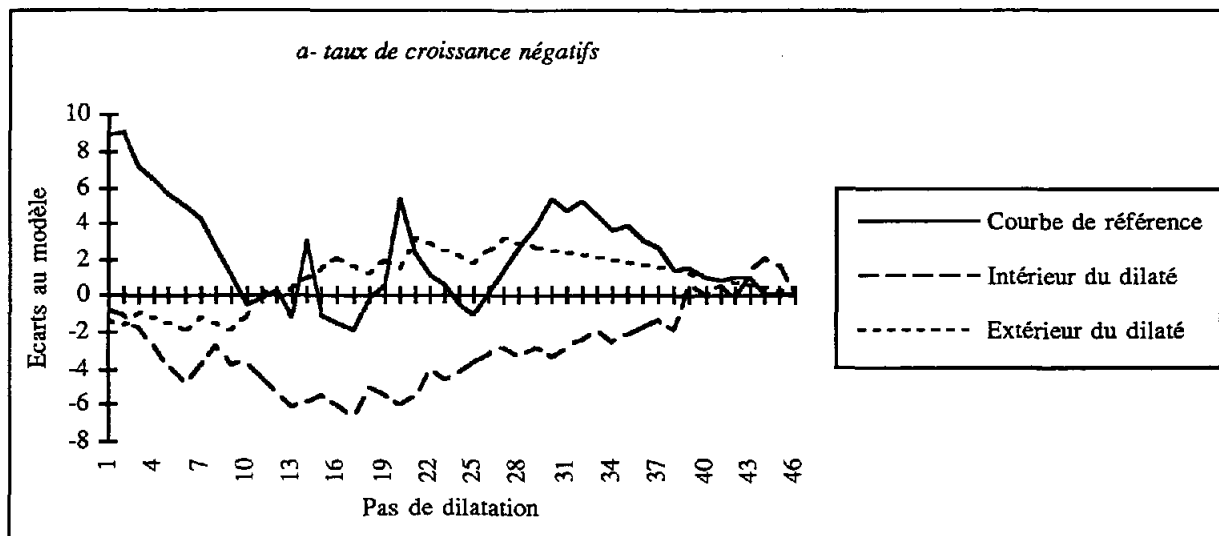


Image n° 11 : Intersection des taux de croissance positifs avec le dilaté des voies de communication

Figure 5 : Ecart des taux de croissance au modèle de Poisson, compte tenu des axes de communication (Pyrénées-Orientales)



Conclusion

L'analyse d'image nous a permis d'effectuer des mesures des écarts par rapport à un modèle de type aléatoire et de déceler un effet de frontière entre ces deux espaces, puis d'affiner l'analyse en permettant de scinder une partie du champ d'étude en deux sous-ensembles selon la situation par rapport aux principaux axes de communication.

Il est donc souhaitable pour une meilleure compréhension des espaces frontaliers, que d'autres méthodes d'analyse différentielle telles que celles-ci se développent. Ainsi, pourrait-on imaginer la comparaison d'un semis représentant les unités urbaines avec le modèle des lieux centraux de Christaller, ou bien encore la diffusion d'une innovation par rapport au modèle d'Hagerstrand, etc.