

23

Traitement contextuel en post-classification pour l'élaboration d'une spatio-carte destinée à la gestion et à l'aménagement du territoire

MARC BINARD et BÉNÉDICTE COLLETTE

Service universitaire de recherches fondamentales et appliquées en cartographie et en études spatiales (SURFACES), Département de géographie, Université de Liège, 7, place du 20-Août, 4000 Liège, Belgique; téléphone : (32) (41) 665313; télécopie : (32) (41) 665693

Résumé

La technique classique, permettant de supprimer à la fois le pointillisme caractéristique des classifications ainsi que la présence de mixels au contact de deux affectations, consiste à faire passer un filtre majoritaire. Cette homogénéisation présente cependant l'inconvénient de supprimer certains pixels des classes faiblement représentées telles que celles du réseau routier et de l'habitat dispersé par exemple. Le recours aux méthodes de morphologie mathématique offre l'avantage d'obtenir cette généralisation en contrôlant le contexte dans lequel un pixel, d'une affectation donnée, est remplacé par un pixel appartenant à une autre affectation. Cette opération est réalisée grâce à la création d'un masque sur les affectations à filtrer. Différentes possibilités d'étendre ce masque sont présentées. La substitution ne s'opère que lorsqu'un pixel de la classe à filtrer est localisé sur le masque étendu. L'ordre des substitutions ainsi que le nombre de dilations et d'érosions doivent être examinés sur une zone échantillon de l'image avant d'appliquer cette méthode automatiquement. Ces procédures conduisent à une généralisation cartographique aboutissant au zonage habituellement utilisé par les aménageurs. Ce traitement facilite la vectorisation qui est nécessaire pour introduire la classification dans un SIG vectoriel. Des applications présentent certaines des étapes du traitement en post-classification de la spatio-carte du Grand-Duché de Luxembourg.

1. Introduction

Suite à la grande variation des réflectances enregistrées par les capteurs haute résolution des satellites, les classifications obtenues sans tenir compte de la texture présentent un mitage de certaines grandes affectations ainsi que la persistance de mixels non ou mal classés au contact de deux affectations.

Le mitage se présente sous forme d'impuretés constituées d'un ou de plusieurs pixels au sein d'une plage massive. Il est révélateur de conditions édaphiques particulières (humidité du sol, affleurement lithologique, etc.) ou de phénomènes catastrophiques (chablis dans les bois, verse dans les cultures, maladies des végétaux, etc.).

Par contre, les mixels correspondent au sol à une portion de territoire présentant plusieurs affectations. Ils enregistrent une réponse spectrale moyenne qui n'est caractéristique d'aucune des affectations présentes.

Une généralisation cartographique est nécessaire tant pour l'utilisation par l'aménageur que pour la vectorisation conduisant à une exportation de la classification dans un SIG basé vecteur. La technique classique permettant de supprimer ces inclusions et ces mixels, consiste à faire passer un filtre majoritaire. Cette homogénéisation présente cependant l'inconvénient d'affaiblir les classes faiblement représentées telles que celles du réseau routier et de l'habitat dispersé par exemple. L'objet de cette communication est de proposer une méthode précisant le contexte exact dans lequel la classe d'un pixel est susceptible d'être substituée à une autre (DURANT et FLOUZAT, 1984).

2. Étude contextuelle

2.1. Classe à filtrer

Une binarisation de la classification est créée en attribuant la valeur 1 à la classe aux dépens de laquelle une substitution doit être effectuée tandis que toutes les autres classes se voient affecter la valeur 0. Ce masque est facilement obtenu en utilisant une table de couleurs adéquate. En effet, pour chaque pixel, cette dernière utilisée comme une table de transcodage, permet de lire dans le fichier d'entrée la valeur de la classification et d'écrire la valeur 0 ou 1 dans le fichier de sortie.

2.2. Classe de fond

La classe de fond est formée par des pixels appartenant à la ou aux classes au sein ou aux frontières desquelles une substitution est désirée. Un masque est constitué d'une image binaire qui regroupe toutes les classes de fond sous la valeur 1 alors que les autres classes ont la valeur 0.

2.3. Extension du masque de la classe de fond

2.3.1. Morphologie mathématique

L'érosion et la dilatation, qui sont les deux fonctions élémentaires de la morphologie mathématique (COSTER et CHERMANT, 1989), sont disponibles dans la version actuelle

de la plupart des logiciels de traitements d'images à condition d'utiliser uniquement une fenêtre carrée comme élément structurant. En effet, l'érosion consiste dans ce cas précis à créer une nouvelle image dont la valeur de chaque pixel, correspond dans l'image initiale, au minimum de la fenêtre d'étude centrée sur lui. De même, la dilatation en chaque point correspond au maximum de la fenêtre d'étude dans l'image initiale (MARION, 1987).

Les érosions et les dilations peuvent être calculées sur des images en niveaux de gris ou sur des images binaires (masques) comme dans la présente étude (COLLETTE, 1990). Les possibilités d'utilisation de ces deux opérateurs sont nombreuses puisqu'à la fois, le nombre d'érosions et de dilations, l'ordre dans lequel ils sont utilisés (ouverture ou fermeture) ainsi que la taille de la fenêtre de chaque opérateur (élément structurant) peuvent varier.

Dans ce qui suit, nous n'étudierons que la succession d'une dilatation par une érosion (fermeture) pour différentes tailles de fenêtres carrées. L'utilisation des deux opérateurs dans cet ordre rend le masque plus massif et permet de trouver les pixels contextuellement proches de la classe de fond.

Nous allons étudier successivement les modifications de ce masque en premier lieu le long de son périmètre extérieur et en second lieu dans les inclusions qu'il contient.

2.3.2. Modification de la frontière extérieure du masque

Dans un premier temps observons le déplacement de la limite dans la partie nord-ouest du masque (fig. 1a) en appliquant une fermeture dont la taille de la fenêtre est la même pour la dilatation que pour l'érosion. Cette procédure présente l'avantage de ne pas déplacer la frontière aux extrémités du masque tout en comblant les rentrants. Pour l'exemple de la figure 1, une fenêtre de (3 x 3), de (5 x 5), de (7 x 7) comble respectivement les rentrants sur 6, 13 et 18 pixels (fig. 1b, 1c, 1d).

Si on souhaite définir une frange régulière le long du masque pour délimiter par exemple la zone où sont localisés les mixels, on peut procéder de deux manières : soit appliquer uniquement une dilatation au masque, soit utiliser une fermeture dont la taille de la fenêtre est plus grande que pour l'érosion.

La simple dilatation par une fenêtre (3 x 3) ou (5 x 5) permet de définir une franche respectivement d'au moins 1 pixel ou au moins 2 pixels (fig. 2b et 3b) avec un premier lissage non négligeable de la limite. Un lissage plus important peut être obtenu par la succession d'une dilatation (5 x 5) par une érosion (3 x 3) (fig. 2c) et par une dilatation (7 x 7) suivie d'une érosion (3 x 3) (fig. 3c). En augmentant la taille de la fenêtre, on comble de plus en plus les rentrants (fig. 2d et 3d).

2.3.3. Étude des inclusions au sein du masque

L'étude des modifications de la limite du masque vers le centre des inclusions permet de constater qu'appliquer une fermeture (dilatation + érosion) lorsque le masque a la valeur 1, revient à appliquer une ouverture (érosion + dilatation) lorsque 1 est attribué à l'inclusion.

Une fermeture dont la taille de la fenêtre est la même pour la dilatation que pour l'érosion permet dans le cas de la figure 4, de diminuer le nombre de pixels de l'inclusion de 3, de 20 et de 42 pixels pour les fenêtres respectives (3 x 3), (5 x 5) et (7 x 7) (fig. 4 b, c et d).

Si on souhaite diminuer la taille d'une inclusion d'une manière régulière à sa périphérie, on peut appliquer une simple dilatation (fig. 4f et 4j) ou une fermeture dont la taille de la fenêtre de la dilatation est plus grande que celle de l'érosion. Cette dernière procédure conduit à rendre les inclusions plus massives (fig. 4g, h et j) où même à supprimer l'inclusion (fig. 4i).

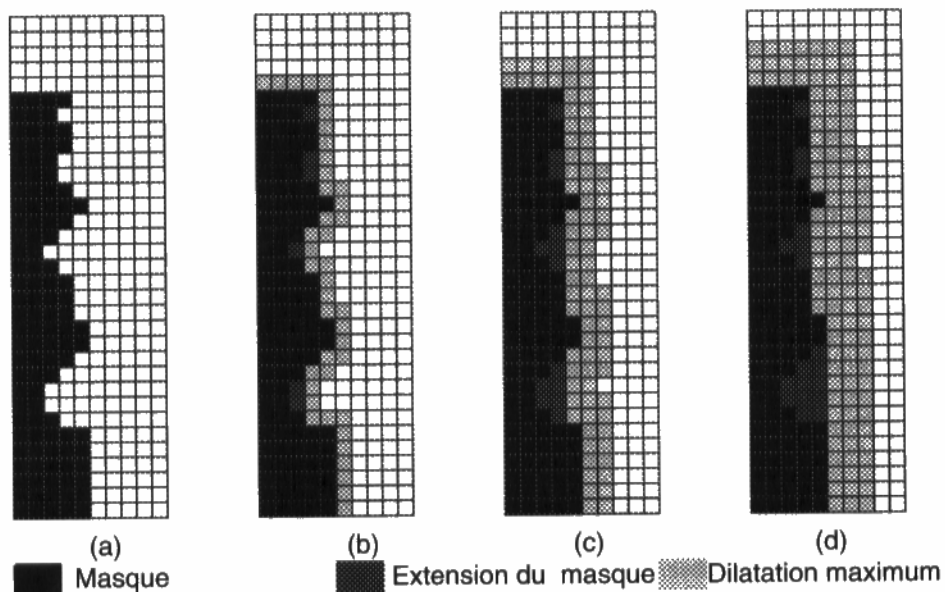


Figure 1. Comblement des rentrants d'un masque par une dilatation (D) suivie d'une érosion (E); a) situation initiale; b) $D(3 \times 3) + E(3 \times 3)$; c) $D(5 \times 5) + E(5 \times 5)$; d) $D(7 \times 7) + E(7 \times 7)$

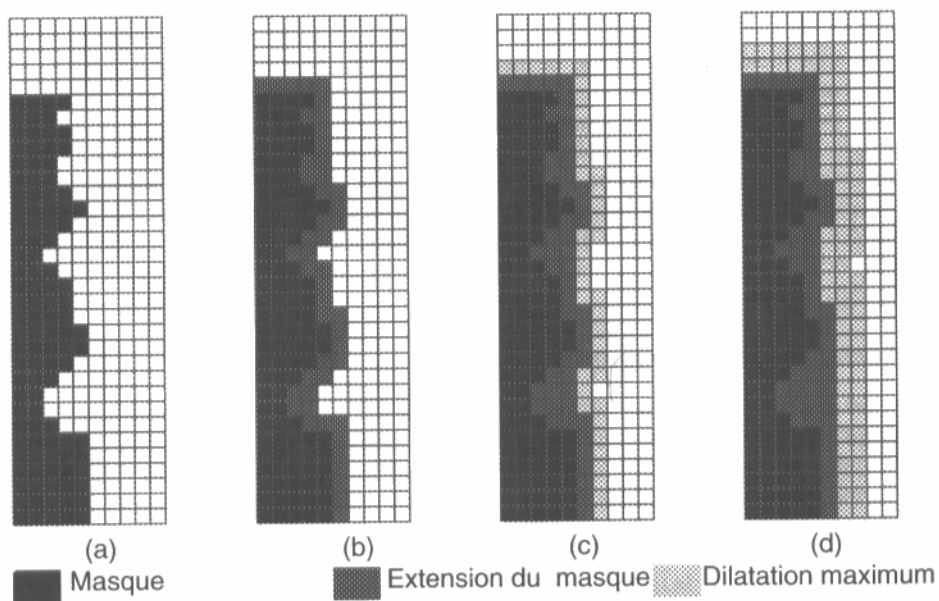


Figure 2. Extension d'un masque sur une frange d'au moins un pixel par une dilatation (D) suivie éventuellement d'une érosion (E); a) situation initiale; b) $D(3 \times 3)$; c) $D(5 \times 5) + E(3 \times 3)$; d) $D(7 \times 7) + E(5 \times 5)$

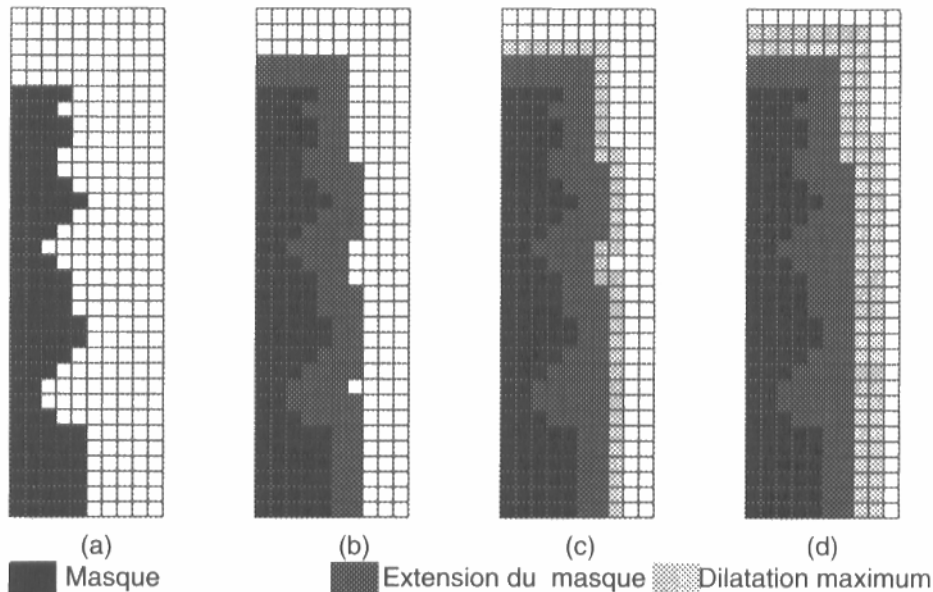


Figure 3. Extension d'un masque sur une frange d'au moins deux pixels par une dilatation (D) suivie éventuellement d'une érosion (E); a) situation initiale; b) D(5x5); c) D(7x7) + E(3x3); d) D(9x9) + E(5x5)

2.4. Substitutions

La multiplication du masque de la classe à filtrer (cf. 2.1) par celui de la classe de fond étendu (cf. 2.3) donne un nouveau masque groupant uniquement les pixels de la classe à filtrer localisés sur la partie contextuellement élargie et connue de la classe de fond. La dernière étape, avant de superposer ce masque à la classification initiale, consiste à le multiplier par le numéro de la classe en faveur de laquelle on souhaite faire la substitution. Généralement, c'est le numéro de la classe de fond mais cela pourrait être différent si on désire, par exemple, remplacer tous les pixels de culture localisés à proximité de l'habitat par des pixels d'herbages.

3. Applications

Deux exemples d'applications de filtre contextuel vont illustrer ce qui précède. Le premier concerne le filtrage d'éléments faiblement représentés au sein d'une classe massive tandis que le deuxième concerne le filtrage d'une classe également faiblement représentée mais à la frontière de deux affectations. Dans un dernier temps, la liste des différentes étapes ayant conduit au filtrage de la carte pilote du Grand-Duché de Luxembourg sera présentée.

3.1. Suppression de la classe «inculte» au sein des feuillus

Les images satellitaires de la forêt grand-ducale montrent un aspect hétérogène pour les feuillus, visible également sur photos aériennes. Cette hétérogénéité résulte de variation des

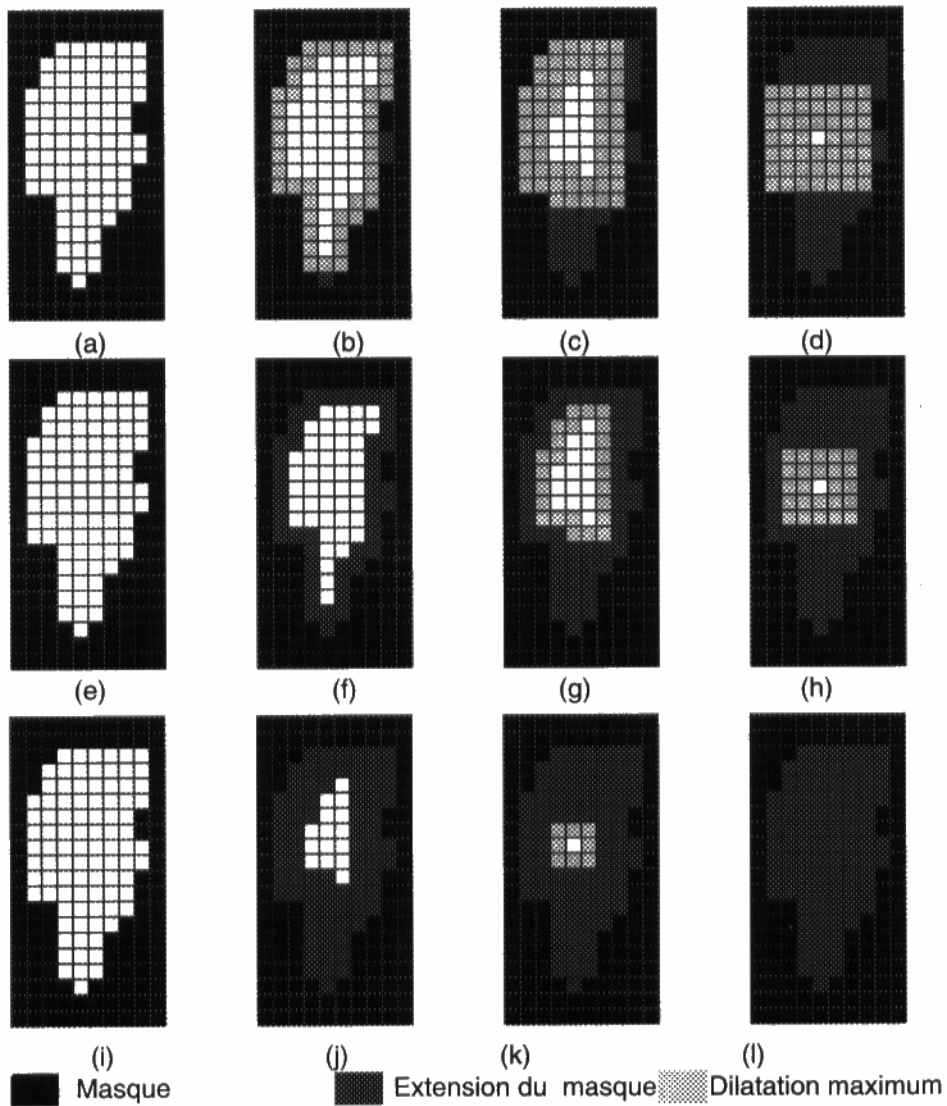


Figure 4. Extension d'un masque vers une inclusion par une dilatation (D) suivie éventuellement d'une érosion (E); a) situation initiale; b) $D(3 \times 3) + E(3 \times 3)$; c) $D(5 \times 5) + E(5 \times 5)$; d) $D(7 \times 7) + E(7 \times 7)$; e) situation initiale; f) $D(3 \times 3)$; g) $D(5 \times 5) + E(3 \times 3)$; h) $D(7 \times 7) + E(5 \times 5)$; i) situation initiale; j) $D(5 \times 5)$; k) $D(7 \times 7) + E(3 \times 3)$; l) $D(9 \times 9) + E(5 \times 5)$

conditions édaphiques, de la présence de clairières, de coupes à blanc plus ou moins récentes ainsi que de chablis. Ces différentes réalités ont été regroupées lors de la classification en une classe nommée «inculte». Un zonage, proche de celui habituellement utilisé par les aménagés, est obtenu en remplaçant les incultes localisés au sein des feuillus par les feuillus eux-mêmes. Pour déterminer ce contexte, le masque des feuillus est étendu par une fermeture (dilatation $(3 \times 3) +$ érosion (3×3)). La figure 5 visualise les pixels situés sur ce masque, à savoir : en

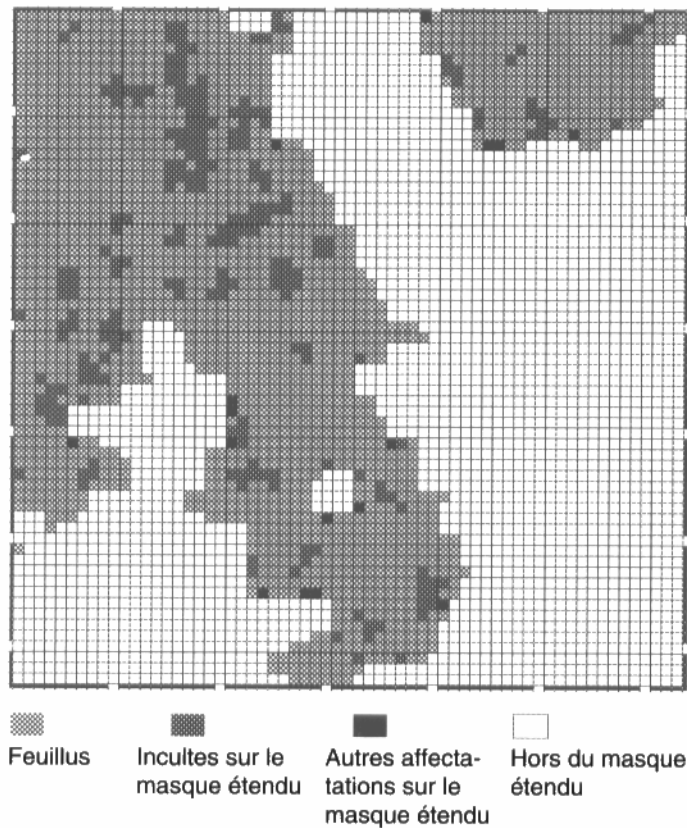


Figure 5. Affectations localisées sur le masque des feuillus étendu par une fermeture (3x3)

gris clair la classe des feuillus eux-mêmes, en gris foncé les incultes et en noir les autres affectations. Ces dernières vont être préservées (fig. 6) lors de la substitution des incultes, situés sur le masque, par des feuillus (en $(x,y)=(6, 41); (21, 37); (21, 38)$, etc.). De plus, la frontière ne subit aucun déplacement si ce n'est dans quelques rentrants (en $(5, 38); (5, 39); (21, 40); (23, 52); (23, 53)$ etc.).

Un filtre modal (3 x 3) déplacerait la frontière des feuillus et créerait des entités massives de pixels appartenant à la classe inculte. Ce serait notamment le cas pour la bande nord-sud d'incultes située entre les points de coordonnées (16, 2) et (17, 17) (fig. 5).

3.2. Suppression des mixels aux limites d'une classe sous-représentée

Les mixels, qui ne sont caractéristiques d'aucune des deux classes qu'ils couvrent au sol, sont souvent regroupés dans une classe nommée «pixels non classés». Si une des deux classes est sous-représentée, ici les cultures par rapport aux herbages, on peut faire le choix de remplacer les pixels non classés situés à proximité de la frontière des cultures par la classe des cultures (fig. 7). Comme dans l'exemple précédent, les autres classes ne sont pas affectées par ces substitutions (fig. 8) (par exemple les pixels $(6, 26); (7, 26); (7, 27)$). Il est à noter que les pixels non classés au sein des cultures sont eux aussi remplacés par des cultures.

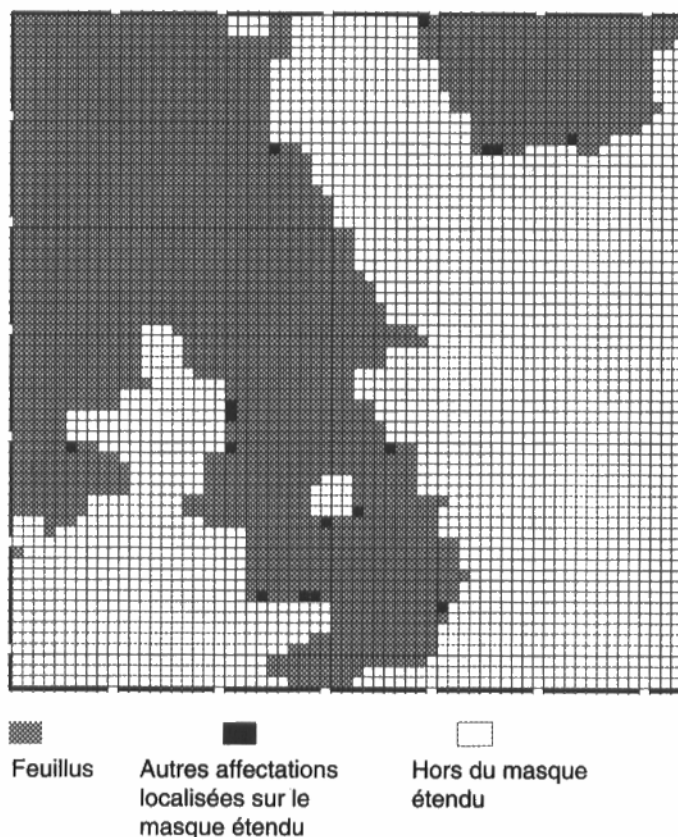


Figure 6. Absorption des incultes localisés sur le masque étendu des feuillus

3.3. Étapes conduisant au filtrage de la spatio-carte du Grand-Duché de Luxembourg

Le tableau I résume les différentes opérations appliquées à l'image. L'ordre dans lequel, on applique les différents filtrages a de l'importance. Par exemple, le premier filtrage modifie la classe de fond (ici, les feuillus) utilisée par le deuxième filtrage.

La première étape permet de remplacer, au sein des herbages, les pixels erronément classés en feuillus. En effet, sur le terrain, on observe peu de petites parcelles de feuillus parmi les herbages. La spatio-carte étant destinée à des aménageurs ne souhaitant pas discerner de petites zones d'herbages au sein des forêts, ces dernières ont été substituées (tab. I, ligne 2) par la classe feuillus qui était sous représentée par rapport à la vérité-terrain. De même, l'habitat dispersé localisé au sein ou le long des forêts (situation rare au Grand-Duché de Luxembourg) est remplacé par des cultures (tab. I, ligne 3). Ces cultures, ainsi que celles plus massives situées dans les forêts, sont remplacées par des incultes (tab I, ligne 4) car il n'existe presque pas de culture au sein des forêts. La dernière étape permet de substituer les pixels de cultures, dans et à proximité des villages par des pixels d'herbages. En effet, une auréole d'herbage est généralement observée autour des villages.

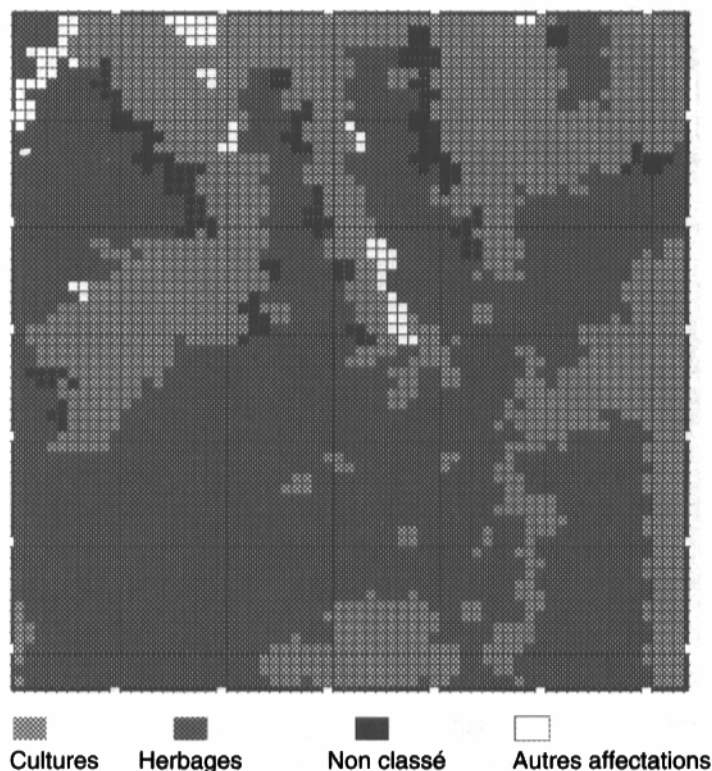


Figure 7. Situation avant filtrage des mixels (pixels non classés)

4. Conclusions

Le filtre contextuel permet de contrôler les substitutions beaucoup mieux que le filtre modal quant à leurs localisations et à leurs natures. Les inclusions sont filtrées de manière draconienne alors que les seuls légers déplacements de la frontière extérieure s'observent dans les rentrants de la classe de fond.

De plus, la morphologie mathématique permet également de déterminer la largeur d'une frange le long de la frontière d'une classe de fond, pour laquelle une substitution est demandée. La nature de la substitution est contrôlée à chaque étape.

Il ne faut pas perdre de vue que l'utilisation du filtre contextuel demande beaucoup plus de temps machine que le filtre modal et qu'il nécessite une bonne connaissance des réalités de terrain régissant les relations entre les différentes classes.

5. Remerciements

L'étude a été effectuée dans le cadre du «Programme de recherche scientifique dans le domaine de la télédétection spatiale» (TELSAT/II/6), pour le compte de l'État belge.

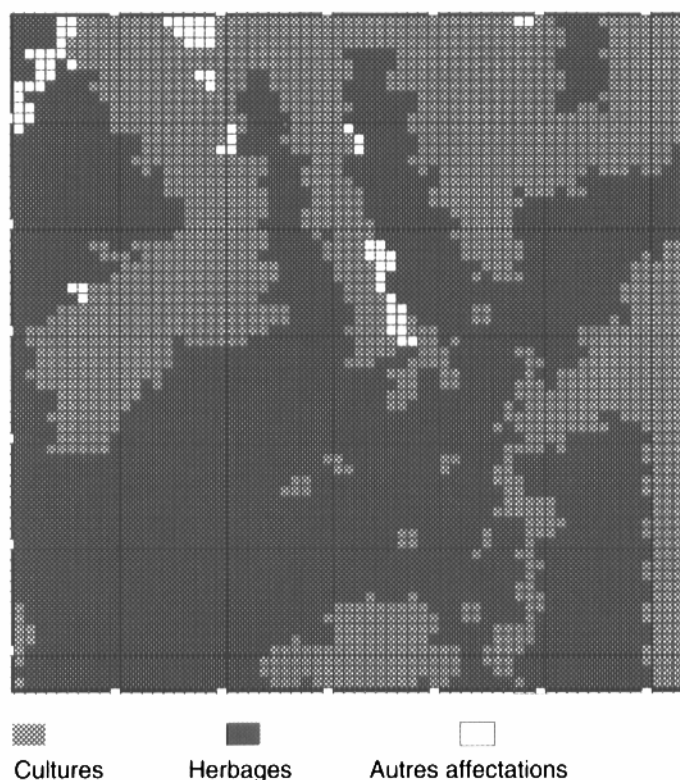


Figure 8. Filtrage des non classés sur le masque des herbages étendu par une dilatation (7x7)

Tableau I. Liste des opérations conduisant au filtrage contextuel de la carte pilote du Grand-Duché de Luxembourg.

N°	Dilatation	Érosion	Classe de fond	Classe à filtrer	Classe de remplacement	Remarques
1	(3x3)	(3x3)	Herbages	Feuillus	Herbages	Filtrage des feuillus dans les herbages ou dans les reentrants des herbages
2	(3x3)	(3x3)	Conifères, feuillus	Herbages	Feuillus	Filtrage des herbages localisés dans les forêts ou dans les reentrants des forêts
3	(5x5)	(3x3)	Conifères, feuillus	Habitat peu dense	Cultures	Remplacement de l'habitat peu dense par des cultures lorsqu'il est localisé dans les forêts ou sur une frange d'au moins un pixel le long des forêts
4	(7x7)	(7x7)	Conifères, feuillus	Cultures	Incultes	Remplacement des cultures même massives par des incultes dans les forêts et dans les reentrants des forêts
5	(9x9)	(7x7)	Habitat dense, habitat peu dense	Cultures	Herbages	Remplacement des cultures par les herbages dans les villages et le long des villages sur une frange d'au moins un pixel

6. Références

- COLLETTE, B. 1990. Segmentation d'image par propagation sur les érodés ultimes (Application à l'imagerie satellitaire). Bulletin trimestriel de la Société belge de photogrammétrie, télédétection et cartographie, n° 179-180, p. 21-33.
- COSTER, M. et CHERMANT J. L., 1989. Précis d'analyse d'images. Presses du CNRS, Paris, 560 p.
- DURANT, M. A. et FLOUZAT, G. 1984. Amélioration des classifications spectrales des périmètres rizicoles de Segou (Mali) par analyse de la texture des images de simulations SPOT. Rapport du Centre d'étude spatiale des rayonnements (CESR), Toulouse, n° 84-1136, 90 p.
- MARION, A. 1987. Introduction aux techniques de traitements d'images. Eyrolles, Paris, 278 p.