

LA COMBINAISON D'INDICATEURS DE CHANGEMENT POUR LE SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL À PARTIR D'IMAGERIE SATELLITALE

Faten Katlane¹, Mohamed Saber Naceur¹

1 : Laboratoire de Télédétection et système d'informations à référence spatiales
Ecole National d'Ingénieurs de Tunis BP37, Tunis le belvédère, 1002 Tunisie
Faten.Katlane@enit.rnu.tn, MohamedSabeur.Naceur@insat.rnu.tn

Résumé

L'apparition de capteurs d'observation de la terre ayant une haute résolution spatiale a permis la réalisation de beaucoup d'applications liées à l'analyse de la surface terrestre ou de l'environnement comme le suivi de la végétation, la mise à jour de la cartographie et aussi la gestion des risques. Il existe plusieurs approches pour la détection de changement en imagerie : des méthodes qui se sont fondées sur l'analyse par vecteurs de changement, les détecteurs simples et la régression, des méthodes d'analyse de texture, d'analyse en composantes principales, d'analyse de formes, de différence de l'indice de végétation, et des ondelettes et finalement les méthodes de classification multi-dates directes, de comparaison post classification et de comparaison post classification flou, d'intelligence artificielle, de réseaux artificiels de neurones et des systèmes experts.

La détection de changement peut se faire entre deux images ayant différentes dates, tandis que le suivi de l'évolution de l'occupation du sol se fait à partir d'une multitude d'images multitemporales.

L'application de l'approche a contrario en traitement d'images, repose sur la détection de structures non attendues. Ainsi, on peut détecter des "événements" sans faire d'hypothèse sur la forme de ces événements, ce qui justifie le qualitatif de détection a contrario.

Au cours de ce travail, nous avons appliqué l'approche a contrario pour faire le suivi de l'évolution de l'occupation du sol en combinant plusieurs indicateurs de changement.

Mots clés : Indicateur de changement, combinaison a contrario, changement ϵ -significatif, taux de bonne identification des changements.

Abstract

Interest is growing in the numerous methods of automatically detecting change in satellite imagery, especially due to the many ways they can be applied to analyze the Earth's surface or the environment (monitoring vegetation, updating maps, risk management, etc.).

Numerous methods of detecting change exist, we find : analysis by change vectors, simple detectors and regression, analysis by texture, principal components analysis, analysis of shape, vegetation index differencing and wavelets, and finally, methods for direct multi-date classification, post-classification comparison and fuzzy post-classification comparison, artificial intelligence, artificial neuron networks and expert systems. Change detection can be made between two images with different dates, while monitoring the evolution of the land is from a multitude of multitemporal images.

Applying the a contrario approach to image processing is based on detecting unexpected structures. Thus, "events" can be detected without making any hypotheses about the shape of these events, which justifies the qualitative of a contrario detection.

In this work, we applied a contrario approach for monitoring the evolution of the land by combining several indicators of change.

Keywords : Change indicators, a contrario combination, ϵ -meaningful change, correct identification rate changes.

1. Introduction

La détection de changement par combinaison d'indicateurs se fait par modélisation a contrario qui est une méthode qui se repose sur la détection de structures non attendues, c'est-à-dire fortement improbables ou plus exactement extrêmement "rares" sous le modèle

a priori (Desolneux, 2000). Ainsi, on peut détecter des "événements" sans faire d'hypothèse sur la forme de ces événements, mais simplement en testant la cohérence par opposition à un modèle a priori (dit modèle naïf), ce qui justifie le qualitatif de détection a contrario (Le Hégarat-Masclé, 2005).

Il s'agit de détecter, sur une image, les régions ou groupes de pixels pour lesquels la mesure observée est inattendue. Le changement d'occupation du sol d'origine anthropique ou naturelle, modification locale de facteurs environnementaux, etc. appelée par Mascle "qualification du changement", est généralement déterminé de façon postérieure à la "détection du changement" à l'aide d'informations annexes.

Le principal objectif de ce travail est de montrer que la combinaison a contrario d'indicateurs de changement améliore le suivi de l'évolution de l'occupation du sol. Parmi les indicateurs de changement, utilisé par Le Hégarat-Mascle (2005) des indicateurs de type "différence absolue de valeurs ponctuelles normalisées" des indicateurs de type "différence absolue de paramètres texturaux" et des indicateurs de type "mesure de l'information".

Les limites présentées par ces méthodes se trouvent d'une part dans la difficulté du choix des indicateurs de changement, et d'autre part dans la méthode utilisée pour la combinaison de ces indicateurs. La question que nous nous sommes posée est : à partir de quels seuils les changements détectés dans des images de types descripteurs de texture et d'images de type différence absolues extraites à partir d'images sources sont-ils significatifs ?

Nous commencerons d'abord par décrire la zone d'étude et les données utilisées. Ensuite nous aborderons la partie méthodologie et enfin nous présenterons les résultats obtenus.

2. Méthodologie, données de base et résultats

2.1. Zone d'étude et données

Nous avons travaillé sur un jeu de 4 images multitudes et multispectrales. Le tableau 1 nous donne une description exacte des données utilisées : images sources et images indicateurs de changement. La zone d'étude choisie est située au nord de la ville de Tunis, elle est bordée par Sebkhet Ariana à l'Est et par le lac de Tunis et l'aéroport de Tunis-Carthage au Sud-Est, en s'étalant au Nord-Ouest jusqu'au voisinage de la Soukra.

Cette zone est caractérisée par l'hétérogénéité de son milieu, surtout par la présence de la Sebkha, d'une zone urbaine plus ou moins dense, de zone verte et de routes.

Parmi les indicateurs que nous avons utilisés dans le processus de combinaison a contrario des indicateurs déduits à partir des descripteurs de textures à savoir :

- L'entropie locale ;
- L'écart type local ;
- Le ré-ordonnement.

Ainsi qu'un indicateur calculé à partir d'opérateurs arithmétiques simples comme l'image différence en appliquant ; l'univariate image differencing (UID), où chaque pixel de sortie contient la valeur absolue de la différence calculée pixel par pixel (Hese and Schmulius, 2003).

2.2. Principe de la méthode de la combinaison a contrario des indicateurs de changement

L'approche a contrario dit essentiellement que nous percevons une structure comme un ensemble d'objets (par exemple, un alignement dans un ensemble de points noirs dessiné sur une feuille de papier blanc) quand leur configuration par hasard est trop improbable. Ce principe est formalisé dans le cadre de l'approche a contrario à l'aide de deux outils : premièrement, un modèle naïf, qui décrit la distribution aléatoire que nous attendons dans le cas où aucune structure n'est présente (H_0 hypothèse classique en théorie statistique de la décision), ensuite, une ou plusieurs mesures liées à la structure que nous voulons détecter est recherchée. Et dans le même cadre, l'approche a contrario nous permet de combiner toutes les mesures en une seule fonction à valeurs réelles (appelé NFA, pour nombre de fausses alarmes), qui peut être seuillée pour choisir des structures saillantes (Robin, 2010). L'extraction des indicateurs de changement sur les N images sources, nous permet de générer un ensemble d'images "Indicateurs de changement". La combinaison de ces images "indicateurs de changements" : Mn se fait après l'estimation des images probabilités et selon certains critères de décision basées sur des seuils ϵ -significatifs. Lorsque l'on teste une hypothèse appelée "hypothèse nulle" et notée H_0 , on procède à des calculs de probabilités en supposant que cette hypothèse est vraie et que l'hypothèse alternative H_1 est fausse. Si on considère l'événement "la probabilité de n'avoir aucun changement". L'estimation des images probabilités sous les hypothèses a contrario se font telles que : H_0 : "la probabilité P d'avoir la mesure à un pixel donné inférieur à un seuil α ". La probabilité d'obtenir un changement $P(M_n)$ selon une distribution binomiale dans une série de k tirages est :

$$P(x = k) = \binom{n}{k} P^k (1 - k)^{n-k}, \quad (1)$$

où :

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n - k)!} \quad (2)$$

Pratiquement on a une équiprobabilité, donc une chance sur deux d'avoir un changement :

$$P(M_n) = p(x_i)(1/2)^k (1 - 1/2)^{n-k}, \quad (3)$$

avec P, la probabilité d'avoir un niveau de gris n_g par exemple dans une image n_g varie de [0-255] et x_i le ième pixel des M_n images, et où :

$$p(x_i) = \frac{f_{n_g}}{L \times L} \quad (4)$$

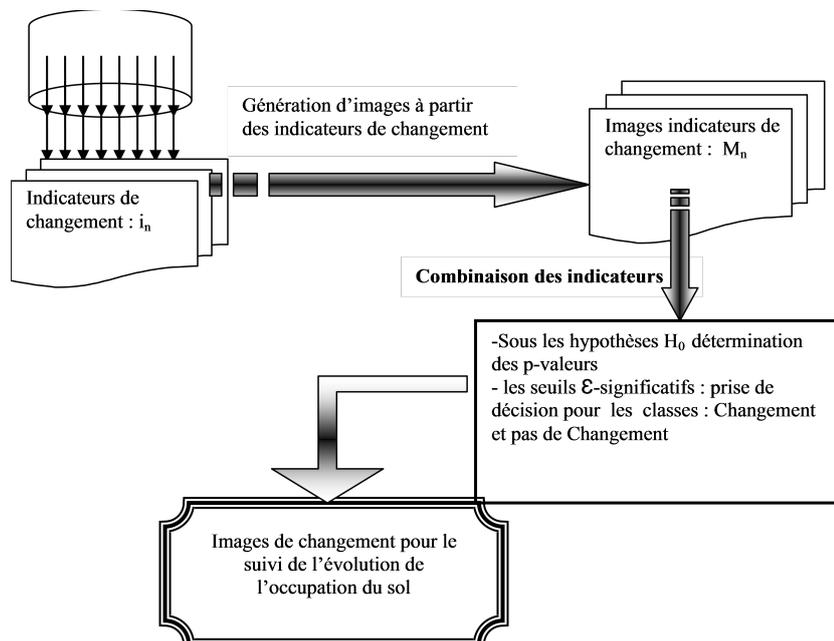


FIGURE 1 : Schéma de la méthodologie du suivi de l'évolution de l'occupation du sol par combinaison d'indicateurs de changement en se basant sur une approche a contrario.

| Description | SPOT1 | SPOT3 | SPOT4 | SPOT5 |
|----------------------------|--|--|---|----------------|
| Bandes spectrales | xs1 : 0,50-0,59 mm xs2 : 0,61-0,68 mm xs3 : 0,78-0,89 mm | xs1 : 0,50-0,59 mm xs2 : 0,61-0,68 mm xs3 : 0,78-0,89 mm | B1 : 0,51-0,59 mm B2 : 0,61-0,68 mm B4 : 1,58-1,75 mm | 0,49 à 0,69 mm |
| Descripteur entropique | x | x | x | x |
| Descripteur ordonnancement | x | x | x | x |
| Descripteur Ecart-type | x | x | x | x |
| Indicateur de différences | x | x | x | x |
| Date | 1987 | 1998 | 2000 | 2003 |
| Résolution | 10 m | 20 m | 20 m | 5 m |
| Taille en pixel | 256×256 | 256×256 | 256×256 | 1024×1024 |

TABLE 1 : Description des données.

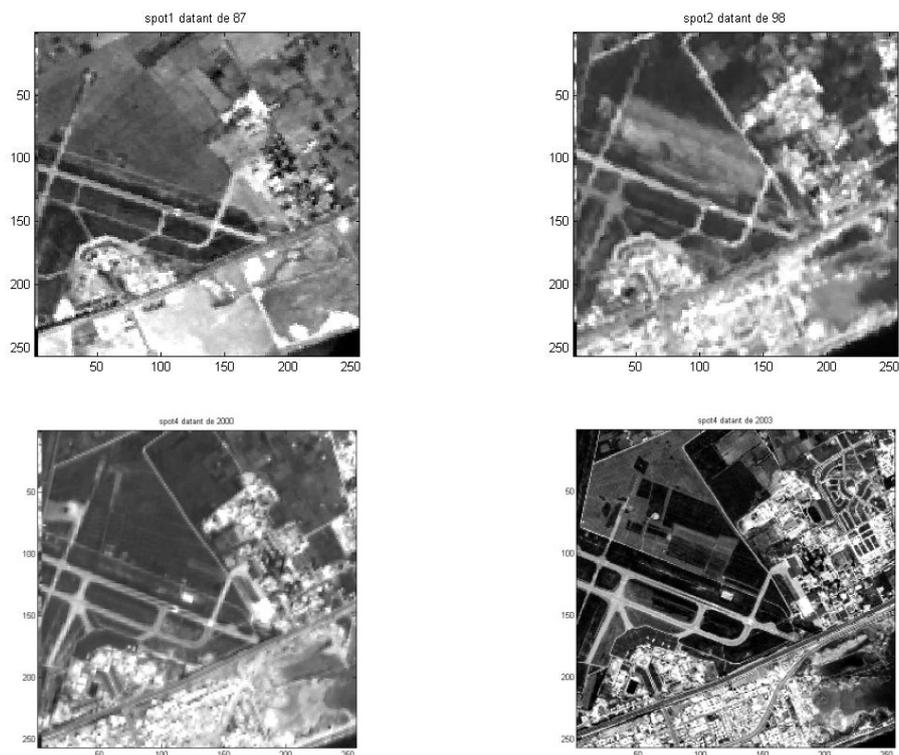


FIGURE 2 : Images sources multitudes. (a) SPOT1 datant de 1987 ; (b) SPOT3 datant de 1998 ; (c) SPOT4 datant de 2000 ; (d) SPOT5 datant de 2003.

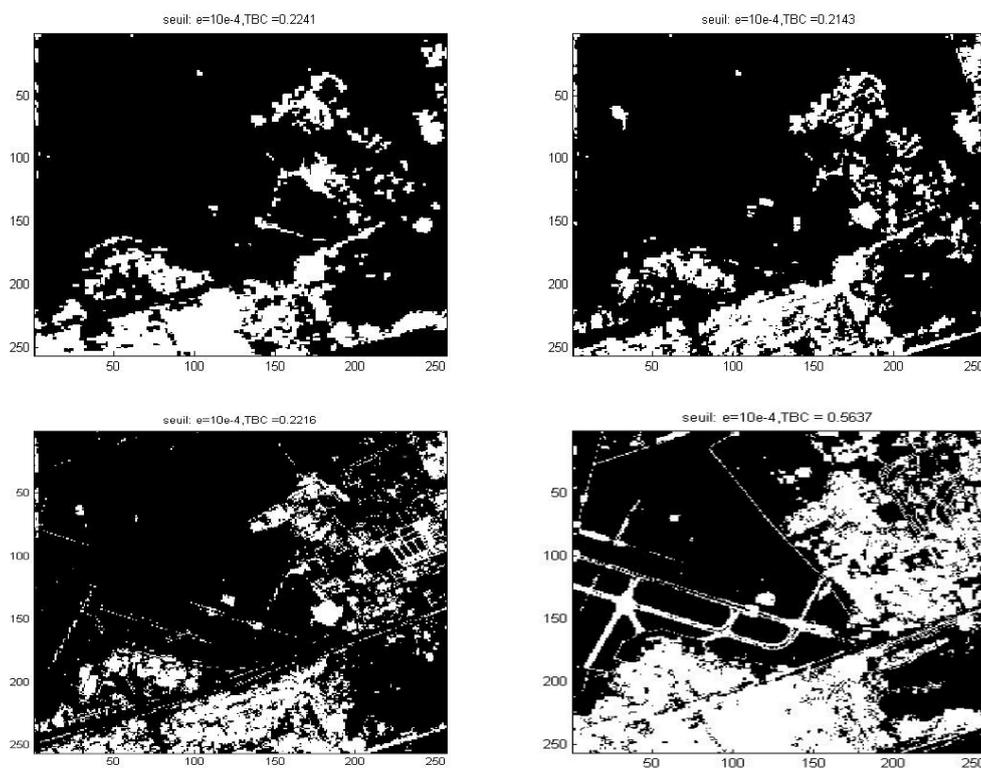


FIGURE 3 : Carte de changements pour le suivi des changements entre 1987-1998, 2000- 2003. (a) Période 87-98 ; (b) Période 98-2000 ; (c) Période 2000-2003 ; (d) Période 87-2003.

| Périodes | 87-98 | 98-2000 | 2000-2003 | 87-2003 |
|----------|--------|---------|-----------|---------|
| TBC | 22,41% | 21,43% | 22,16% | 66% |

TABLE 2 : Les taux de changement pour le suivi des changements entre les différentes périodes considérées.

f_{n_g} est la fréquence d'apparition du n_g ième niveau de gris dans l'image considéré, et $L \times L$ est la taille de l'image.

Pour une image donnée, nous estimons qu'il y a un changement si $P(E/H_0) \leq \alpha$.

$E_{\alpha_i, u}$ = au moins k_i pixels de u ont une mesure supérieure à α_i . u représente le vecteur formé par les p-valeurs issues de chaque indicateur de changement.

La prise de décision concernant le fait d'avoir un changement ou de ne pas avoir de changement se fait lorsque $P(E_{\alpha_i, u}) \leq \epsilon$.

La démarche décrite va nous permettre de calculer le taux de bonnes identifications de changement (TBC). Ainsi, pour chaque valeur de seuil, nous avons calculé un TBC et tracé une courbe décrivant l'évolution du taux de changement en fonction des seuils considérés. La dernière étape consiste à déduire un masque binaire qui traduit les changements détectés à partir des p-valeurs ϵ -significatives. La figure 1 nous donne une description de l'approche adoptée pour la mise en place de la combinaison a contrario des indicateurs de changement. La modélisation s'est faite à partir de chaque image source Si qui a fourni une information représentée par $M_{n,n}$. Cette phase d'estimation a permis le calcul des p-valeurs associées à $M_{n,n}$ qui va permettre la combinaison des différents indicateurs de changement.

Résultats

Nous avons appliqué la méthode de combinaison d'indicateurs de changement pour le suivi de l'occupation du sol sur les images sources multi-temporelles SPOT1 (Bande XS1 : Figure 2a), SPOT3 (Bande XS1 : Figure 2b), SPOT4 (Bande B1 : Figure 2c) et SPOT5 (Figure 2d) datant respectivement de 1987-1989-2000 et 2003. Le choix de ces bandes s'est fait à partir des images sources porteuses d'un maximum d'information.

Nous avons pu établir des cartes de changement pour le suivi de l'occupation du sol entre les différentes périodes considérées. Les figures 3a, 3b et 3c montrent respectivement les changements relatifs à la période située entre 87-98, 98-2000 et 2000-2003. La courbe du graphique de la figure 4 décrit l'évolution du changement au cours des périodes considérées. En fin de période (de 1987 à 2003) nous cumulons un changement évalué à 66%.

Le tableau 2 montre les détails des taux de changement calculés entre les différentes périodes.

L'application de l'algorithme de détection a contrario de changement par combinaison d'indicateurs de

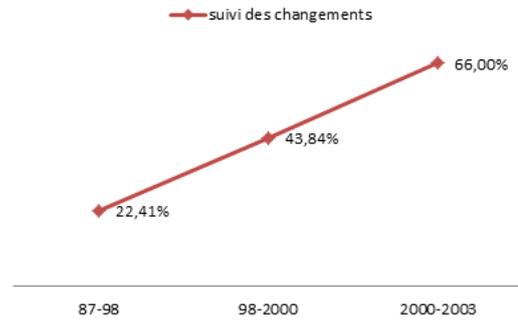


FIGURE 4 : Le suivi des changements entre 1987 et 2003.

changement sur les images relatives à celle du début et de fin de période (1987 à 2003) nous procure la carte de changement décrite par la figure 3d. En prenant un seuil égal à 10^{-5} , nous trouvons un TBC égal à 56,37%.

Sachant que l'algorithme de la combinaison d'indicateurs de changement évolue en prenant différentes valeurs du seuil et qu'à chaque valeur du seuil, nous obtenons un TBC. L'étude des résultats obtenus est résumée par le graphique de la Figure 5. Cet algorithme trouve ses limites inférieures situées à 10^{-3} et ses limites supérieures à 10^{-40} . La question à laquelle on a voulu répondre est la valeur du seuil ϵ -significatif pour laquelle on a un TBC valable. Sachant que plus le seuil est petit plus le TBC est élevé. Et qu'à partir de 10^{-7} on atteint déjà 80% de changement. Nous avons donc situé le TBC pour un seuil égal à 10^{-4} approchant de 44,8%. Néanmoins, le calcul du coefficient de corrélation entre les différentes images manipulées est donnée par le tableau 3, qui confirme l'existence d'une très forte décorrélation entre les différentes images.

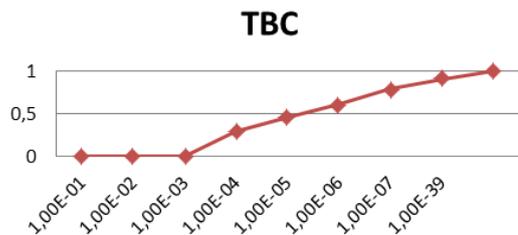


FIGURE 6 : Taux de bonnes identifications de changement en fonction du seuil.

Une comparaison par rapport à une méthode de détection de changement classique à savoir la méthode de la différence et notre méthode de détection de changement a contrario a été faite. Le graphique de la figure.6 fournit les proportions des taux de changement pour les années 87, 98, 2000 et 2003 relatives aux différentes méthodes utilisées.

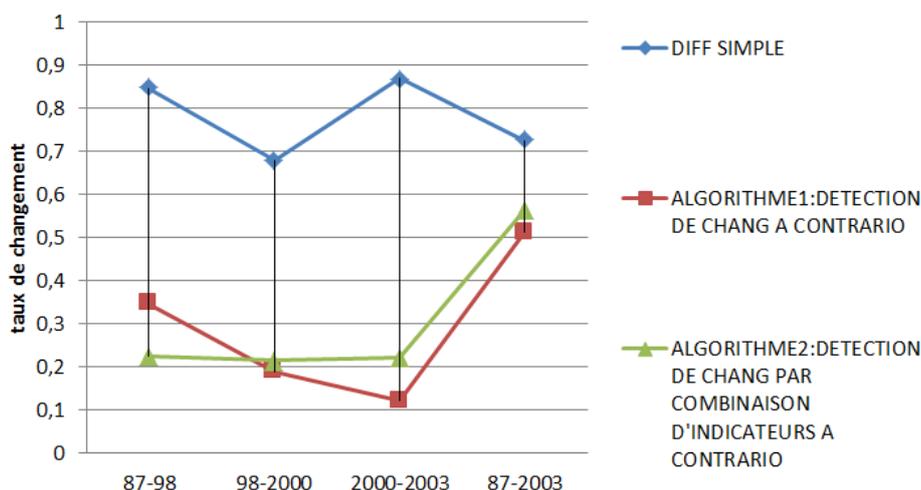


FIGURE 5 : Les taux de changement pour le suivi entre les différentes périodes considérées.

| Images | 1987 | 1998 | 2000 | 2003 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1987 | 1 | 0,5457 | 0,4675 | 0,3845 |
| 1998 | 0,5457 | 1 | 0,4979 | 0,4099 |
| 2000 | 0,4675 | 0,4979 | 1 | 0,6437 |
| 2003 | 0,3845 | 0,4099 | 0,6437 | 1 |

TABLE 3 : Coefficients de corrélation entre les images SPOT1, SPOT3, SPOT4 et SPOT5.

3. Conclusions

L'application de la méthode de détection de changement basée sur la combinaison a contrario d'indicateurs de changement entre les années 87 et 2003 nous a donné d'une part par cumul des différentes périodes considérées (87-98, 98-2000 et 2000-2003) un TBC total de 66% et d'autre part, par application directe entre les deux périodes extrêmes (de 87 à 2003) un TBC égal à 56,37%.

Cependant, l'application d'une méthode de changement classique (celle de la différence) nous a fournit un taux de changement de l'ordre de 86,83%. Encore, l'application d'une méthode de détection de changement basée sur la différence a contrario (Katlane, 2010) nous a procuré un taux de changement égal à 57,34%. La validation de ces taux de changement a été faite par rapport à une vérité de terrain établie entre les années 1987 et 2003 qui stipule que la région a subi un changement global de l'ordre de 54,98%. La combinaison des indicateurs de changement a contrario semble donner de bons résultats par rapport à la méthode classique de détection de changement. Une étude plus approfondie nous permettront d'avoir des taux de changements relatifs à chaque thème correspondant à une occupation du sol bien déterminée. Ainsi que l'incorporation d'informations complémentaires telles que l'intégration d'autres indicateurs dans le processus de combinaison ainsi que l'utili-

sation d'images classifiées nous permettra de perfectionner notre approche.

Références

Robin A., Moisan L., Mascle-le Hégarat S., 2010. An A-Contrario Approach for Subpixel Change Detection in Satellite Imagery, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 32(11) :1977–1993.

Desolneux A., 2000. Evénements significatifs et applications à l'analyse d'images. PhD thesis, Ecole Normale Supérieure de Cachan, France.

Hese S., Schmullius C., 2003. Forest cover change detection in Siberia. In : Proceedings of ISPRS & EARSeL Joint Workshop "High Resolution Mapping from Space 2003", Hanover, Germany.

Katlane F., 2010. Multiscale Analysis and Change Detection Based on a Contrario Approach. International Journal of Computer and Information Engineering 4(1).

Mascle-le Hégarat S., 2005. Classification d'images de télédétection pour l'estimation et le suivi de paramètres géophysiques. Habilitation, University of Versailles-Saint Quentin, France.