

Detection de changements de zones urbaines et peri-urbaines de la region d'Alger (Algerie) a l'aide de l'imagerie radar SAR

Youcef SMARA, Khedidja SAIB et Amina ZOUAOUI, Algerie

Mots clés : imagerie radar, détection des changements, zones urbaines.

SUMMARY

The region of Algiers, first urban pole of Algeria knows a very important urban evolution. This evolution resulted in an important deterioration of the agricultural space and the environment. To manage this situation, administrators concerned by the planning of this region need an inventory of the space of this urban growth and to know the different changes occurred in the time.

The development of effective methodologies for the analysis of multi-temporal data is one of the most important and challenging issues that the remote sensing community will face in the next few years. In this communication we present a comparative process of change detection from radar SAR. We intend to study, to develop and to compare some techniques as those proposed by Rignot (1993), by Dekker (1998), by Stroobants (1999) as well as the more classic statistical methods as the principal component analysis specific to the radar images (passage to the logarithm to return their additive noise).

All these techniques have been tested on radar SAR images of the ERS-1/2 satellites of the region of Algiers of 1992 and 1996 and give interesting results that reveal a detection of changes effectively between two multi-temporal images but verification in the field is indispensable to identify the kind of the obtained change. In our case the proximity of the survey zone allowed us to verify that we can observe several types of changes as vegetation changes, building changes, as well as those concerned by conditions of acquisition and mistakes of geometric superposition of images.

Detection de changements de zones urbaines et peri-urbaines de la region d'Alger (Algerie) a l'aide de l'imagerie radar SAR

Youcef SMARA, Khedidja SAIB et Amina ZOUAOUI, Algerie

1. INTRODUCTION

La région d'Alger, premier pôle urbain de l'Algérie connaît une évolution urbaine très importante. Cette évolution s'est traduite par une dégradation importante de l'espace agricole et de l'environnement. Pour maîtriser cette situation, les gestionnaires concernés par l'aménagement de la région du grand Alger ont besoin d'un inventaire dans l'espace de cette croissance urbaine et d'en connaître les différents changements survenus.

La détection des changements consiste à analyser et comparer des séquences d'images de la même scène, pour extraire les zones qui ont subi des changements au cours du temps. Ces changements sont souvent causés soit par des phénomènes courts tels que les inondations et les changements des végétaux, soit par des changements qui se réalisent à long terme tels que le développement urbain. Plusieurs techniques utilisant des données satellitaires multitemporelles sont valables pour la détection des changements des états de surface du sols. Dans cette communication, nous présentons un processus de détection de changements à partir de données radar SAR comprenant la partie prétraitements qui concerne la normalisation radiométrique des données ainsi que la superposition géométrique des images multitemporelles. Nous nous proposons d'étudier, de développer et de comparer quelques techniques telles que celles proposées par Rignot (1993) qui conclut à l'utilisation de l'image rapport des deux images multitemporelles plutôt que l'image différence, par Dekker (1998) qui utilise le filtrage de Kuan sur une image issue du rapport des deux images multitemporelles, par Stroobants (1999) qui définit dans son approche un paramètre, lié à la variabilité radiométrique dans les images de télédétection ainsi que des méthodes statistiques plus classiques telles que l'analyse en composantes principales spécifique aux images radar (passage au logarithme pour rendre leur bruit additif).

Toutes ces techniques ont été testées sur des images radar SAR et des satellites ERS-1/2 de la région est de la ville d'Alger qui couvrent une plage temporelle de plus de quatre années (images de 1992 et 1996) donnent des résultats intéressants qui révèlent effectivement une détection de changements entre deux images multitemporelles mais dont la vérification sur le terrain est indispensable pour identifier de manière pertinente de quel changement il s'agit. en effet des ambiguïtés peuvent apparaître quant à la nature des changements observés. Dans notre cas, la proximité de la zone d'étude nous a permis de vérifier sur le terrain que l'on pouvait observer plusieurs types de changements tels que ceux liés aux changements du couvert végétal, du bâti, ainsi que ceux liés aux conditions d'acquisition et aux erreurs de superposition géométrique des images.

2. DIFFERENTES METHODES DE DETECTION DE CHANGEMENTS

Un simple moyen d'exécuter la détection de changements entre deux images SAR est de mettre une composition de couleurs. Pour l'objet d'interprétation l'utilisation de couleurs complémentaires est recommandée. C'est un moyen utile de faire une étude rapide de changements. D'autres méthodes dites de base, telles que l'Analyse en Composantes Principales (ACP), la méthode du rapport et la méthode de la différence, seront présentées, ainsi que des méthodes qui reposent sur ces dernières.

Néanmoins, les performance des méthodes présentées ci-dessus dépendent énormément de la nature des données, de la scène traitée et de l'application envisagée.

2.1 Présentation de la méthodologie développée

Dans ce qui suit nous présentons les différentes étapes suivies lors de l'élaboration de notre étude (figure 1):

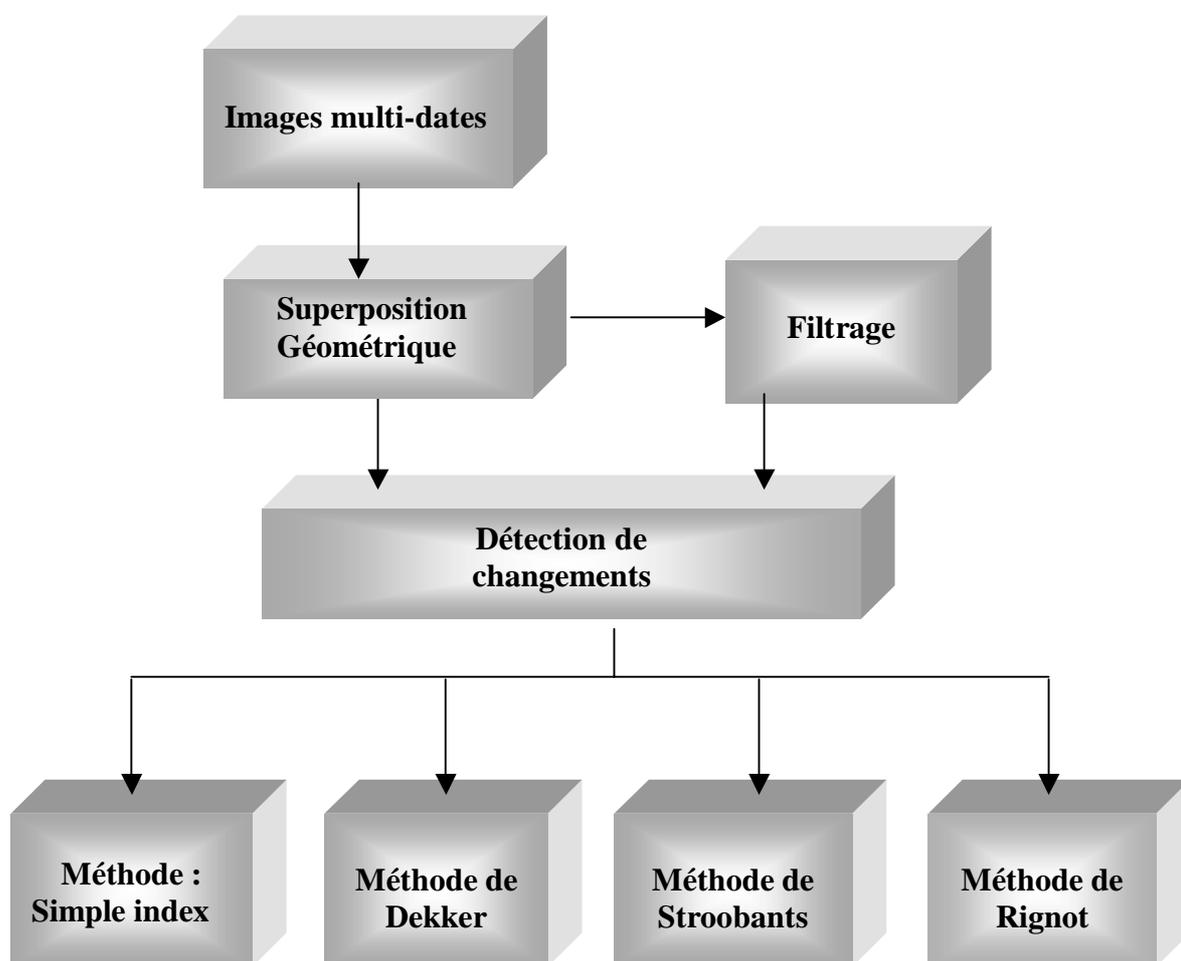


Figure 1 : synoptique de la Méthodologie adoptée

Pour l'exploitation des séries temporelles des données SAR, la géométrie des images multi-dates doit être telle que la superposition pixel à pixel soit très bonne. C'est pour cela qu'avant d'aborder les différentes méthodes de détection de changements multi-dates une étape de superposition géométrique est nécessaire. Les corrections géométriques sont des processus numériques qui consistent à transformer une image brute de telle manière que cela soit superposable avec une autre image.

2.2 Présentation des différentes méthodes proposées

Nous nous proposons d'étudier, de développer et de comparer quelques techniques telles que celles basées sur le calcul du simple index, ainsi que celles proposées par Dekker (1998) qui utilise le filtrage de Kuan sur une image issue du rapport des deux images multitemporelles, par Stroobants (1999) qui définit dans son approche un paramètre, lié à la variabilité radiométrique dans les images de télédétection et par Rignot (1993) qui conclut à l'utilisation de l'image rapport des deux images multitemporelles plutôt que l'image différence.

2.2.1 Methode Simple Index

A fin d'étudier les changements produits entre deux scènes SAR de même géométrie, on doit regarder leur rapport (qui est due a la nature exponentielle du signal SAR). le rapport aboutit cependant a un signal assez bruité qui ne donne pas une bonne appréciation des changements détectés. Pour résoudre ce problème, nous présentons cette variation sur l'arrangement du rapport:

$$D(i, j) = \left| 1 - S_1(i, j) / S_2(i, j) \right|$$

Où :

$S_1(i, j)$ et $S_2(i, j)$ indiquent respectivement les pixels à la position (i, j) de deux images SAR
 $D(i, j)$ est l'index de détection de changement à la position (i, j) .

L'expression $D(i,j)$ est assez simple pour assurer un résultat facilement compréhensible, comme il peut être interpréter comme un changement local de l'image:

Si $S_1(i, j) = S_2(i, j)$ alors $S_1(i, j) / S_2(i, j) = 1$ et par conséquent $D=0$ et cela signifie aucun changement.

plus les deux images diffèrent localement, plus le terme $1 - S_1(i, j) / S_2(i, j)$ différera de zéro et plus les changement sont significatifs.

2.2.2 Methode de Dekker

Cette méthode met au point la détection de changements dans l'imagerie SAR. Le bruit Speckle en imagerie SAR qui est un effet de la nature cohérente de SAR gêne la précision de détection de changements. Le filtrage du Speckle est donc une démarche important dans la détection de changement SAR.

Le rapport d'intensité entre deux images SAR peut être exprimé sous la forme:

$$r = xR$$

Où

- r : est le rapport d'intensité observé.
- x : la multiplicative du signal bruit dépendant.
- R : le rapport d'intensité sous-jacent (le changement).

Cet effet peut être réduit par un filtrage adaptatif. Le filtre LLMMSE (The Local Linear Minimum Mean Square Error) [Kuan et al-1985] a été choisi grâce à ses performances et sa simplicité [Lopes et al-1990, Lee et al-1994]. L'équation du filtre LLMMSE pour le rapport d'images SAR à partir de son équation pour bruit multiplicatif est la suivante:

$$R_{est} = \mu_R + \frac{\sigma_R^2}{\sigma_R^2 + (\mu_R^2 + \sigma_R^2) \frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2}} (r' - \mu_R)$$

Où

- R_{est} : Rapport estimé sous-jacent
- μ_x : Moyenne théorique
- σ_x^2 : Variance théorique

d'autre part $\mu_R = \mu_{r'}$ et la variance du rapport d'intensité estimé est :

$$\sigma_{R^2} = \frac{\sigma_{r'^2} - \mu_{r'^2} \frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2}}{1 + \frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2}}$$

Le rapport d'intensité observé est normalisé avant filtrage car le rapport-d'images estimé est autrement supérieur au rapport sous-jacent car $\mu_x > 1$. A partir de l'équation précédente, on voit que le rapport estimé lie entre la moyenne $\mu_{r'}$ et la valeur du pixel central normalisé r' du filtre. L'inconvénient dans ce filtre est que sa capacité de préservation des points isolés est limitée. Si on considère un point isolé robuste, tel que $\sigma_{r'^2} \gg \mu_{r'^2}$ et $\sigma_R^2 \gg \mu_R^2$, alors :

$$R_{est} = \mu_{r'} + \frac{L^2 - 2L}{L^2 - 1} (r' - \mu_{r'})$$

Ceci signifie que seulement lorsque L tend vers l'infini ; $R_{est} = r'$. Appliquer le filtre à un rapport-d'images montre aussi une modulation du point isolé par le carré du filtre et une préférence pour les changements positifs ($R > 1$). Les changements négatifs sont limités par zéro tant que les changements positifs ne sont pas limités et peuvent tendre vers l'infini. Pour résoudre ce problème d'asymétrie, une méthode de compression qui est l'échelle logarithmique est appliquée au rapport-d'images observé avant filtrage.

Une propriété de l'échelle logarithmique est que le bruit multiplicatif Speckle devient additif, ce qui simplifie le filtrage. Grader un rapport-d'images en logarithme tel que : $t = 10 \log(r)$ alors nous obtenons le résultat suivant:

$$t = y + Q$$

Avec

$$y = 10 \log(x)$$

$$Q = 10 \log(R)$$

t : le rapport observé en échelle logarithmique.
y : le bruit additif du signal-indépendant.
Q : le rapport estimé en échelle logarithmique.

A travers ceci la distribution conditionnelle Bêta est transformée en:

$$P(t/Q) = \frac{\ln(10)}{10} R^L \frac{1}{\beta(L,L)} \frac{r^L}{(R+r)^{2L}}$$

Pour la facilité de l'étude, les paramètres r et R ne sont pas remplaçables. La moyenne et la variance qui en résultent sont :

$$\mu_t = Q$$

$$\sigma_t^2 = \frac{200}{\ln^2(10)} \zeta(2, L)$$

$$\text{avec } \zeta(2, L) = \frac{\pi^2}{6} - \sum_{k=1}^{L-1} k^{-2}$$

Avec ; $\zeta(n, m)$ est la fonction zêta de Riemann [Hoekman 1991]. Ces équations fournissent une information importante. Contrairement à la moyenne et à la variance du rapport non-gradué, la moyenne dépend seulement du rapport estimé et la variance dépend seulement du nombre de vues, qui confirme que le bruit est additif et que c'est un signal indépendant. Aussi les deux peuvent s'écrire pour L=1 et L=2. Les images logarithmiques sont exprimées en décibels.

Maintenant que le bruit est additif, l'équation du filtre va suivre l'équation du filtre additif LLMMSE est devient:

$$Q_{est} = \mu_Q + \frac{\sigma_Q^2}{\sigma_Q^2 + \sigma_y^2} (t - \mu_Q)$$

Avec Q_{est} : rapport estimé gradué en logarithme

σ_y^2 : variance théorique du bruit dans le rapport-d'images gradué en logarithme donné par l'équation (11).

$\mu_Q = \mu_t$ et la variance du rapport estimé Q gradué en logarithme est obtenu par:

$$\sigma_Q^2 = \sigma_t^2 - \sigma_y^2$$

Le rapport logarithmique observé ne peut pas être normalisé; la distribution est symétrique est la moyenne du bruit μ_y est nulle. En plus, ce filtre est le meilleur préservateur du point

isolé. Considérant un point cible dans une image logarithmique tel que $\sigma_t^2 \gg \sigma_y^2$ et $\sigma_Q^2 \gg \sigma_y^2$, $Q_{est} = t$.

2.2.3 Methode de Stroobants

L'approche présentée ici, est proposée par Stroobants et al. [HRC-98]. Elle consiste à diminuer l'effet du speckle en remplaçant le pixel se trouvant dans l'image de référence à la position (x, y) par la moyenne pondérée des M pixels situés à la même position dans les M images.

Pour une image k parmi les N images dont on dispose, on accède aisément aux paramètres des moyenne et de variance locales du pixel $P_k(x, y)$ pris comme référence.

$$\mu_k = \frac{1}{n^2} \sum_{i=x-\frac{n}{2}}^{x+\frac{n}{2}} \sum_{j=y-\frac{n}{2}}^{y+\frac{n}{2}} P_k(i, j) \quad \sigma_k^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=x-\frac{n}{2}}^{x+\frac{n}{2}} \sum_{j=y-\frac{n}{2}}^{y+\frac{n}{2}} (P_k(i, j) - \mu_k)^2$$

l'écart statistique qui sépare le pixel $P_k(x, y)$ des autres pixels est liée a la dispersion entre les paramètres $\mu_k, \sigma_k, \sigma_{kl}$.

Soit un couple d'image (k, l), on défini:

- L'écart de texture locale A_{kl} (texture moyenne non orientée) :

$$A_{kl}(x, y) = \left| \frac{\sigma_k}{\mu_k} - \frac{\sigma_l}{\mu_l} \right|$$

- L'écart de moyenne radiométrique locale B_{kl} :

$$B_{kl}(x, y) = |\mu_k - \mu_l|$$

- Un coefficient C_{kl} prenant en compte la stabilité temporelle des motifs structuraux, lié au coefficient de corrélation c:

$$C_{kl}(x, y) = 1 - |c|$$

$$c = \frac{(P_k(x, y) - \mu_k)(P_l(x, y) - \mu_l)}{\sigma_k \cdot \sigma_l}$$

Nous avons retenu ces coefficients parce qu'ils apparaissent représentatifs des principaux modes de variations radiométriques au voisinage d'un pixel (texture pour $A_{kl}(x, y)$, radiométrie pour $B_{kl}(x, y)$ et corrélation pour $C_{kl}(x, y)$).

Pour les N images on obtiendra N-1 valeurs des coefficients $A_{kl}(x, y)$, $B_{kl}(x, y)$ et $C_{kl}(x, y)$

En combinant linéairement $A_{kl}(x, y)$, $B_{kl}(x, y)$ et $C_{kl}(x, y)$, on obtient un paramètre qui quantifie la proximité entre le pixel $P_k(x, y)$ et ses frères

on nomme écart statistique entre le pixel $P_k(x, y)$ et un pixel frère $P_l(x, y)$ le paramètre suivant:

$$D_{kl}(x, y) = a \left| \frac{A_{kl} - \mu_A}{\sigma_A} \right| + b \left| \frac{B_{kl} - \mu_B}{\sigma_B} \right| + c \left| \frac{C_{kl} - \mu_C}{\sigma_C} \right|$$

On remarque qu'à chaque pixel $P_k(x, y)$ est associé N-1 paramètre $D_{kl}(x, y)$ correspondant aux distances les séparant des N-1 pixels frères.

Les coefficients a, b, et c sont des coefficients de pondération ajustables par l'utilisateur.

2.3 Critère de décision

La première phase du traitement consiste à déterminer des seuils relativement au paramètre écart statistique, le seuil de décision s'appuie sur les moments élémentaires μ_D et σ_D^2 qui sont respectivement la moyenne et la variance de $D_{kl}(x, y)$.

$$\text{SeuilMax} = \mu_D + d * \sigma_D \quad \text{SeuilMin} = \mu_D - e * \sigma_D$$

Le choix du mode de traitement est alors le suivant:

- Le paramètre D est supérieur à SeuilMax, cela signifie que le pixel $P_k(x, y)$ pris comme référence est très différent des autres ; il y a changement, on affecte un niveau de gris de 255 (du blanc) à cette zone.
- Le paramètre D est inférieur à SeuilMin, le pixel $P_k(x, y)$ pris comme référence est très proche de son frère ; pas de changement, on affecte le niveau de gris zéro (du noir) à cette zone.
- Le paramètre D est compris entre les deux seuils, le pixel $P_k(x, y)$ est remplacé par une valeur de niveau de gris égale à 128 (du gris).

2.4 Méthode de Rignot

Dans cette section on présentera les techniques de détection de changements basées sur la différence et le rapport des intensités radar multitemporelles et montre plusieurs exemples des applications de détection de changement utilisant ERS-1 SAR.

2.4.1 Détection de Changement Utilisant la Différence

La différence et le rapport sont les techniques les mieux connues pour la détection de changements. Dans la différence, les changements dans la rétrodiffusion radar sont mesurés par la soustraction des valeurs d'intensité, pixel par pixel, entre deux dates ; dans le cas du rapport, les changements sont mesurés par la division des valeurs d'intensité, pixel par pixel, et sont exprimés convenablement en décibels. Dans cette section, deux méthodes sont comparées et basées sur leurs statistiques et probabilité d'erreurs.

Les intensités SAR multi-vues sont présumées à la distribution gamma comme suit:

$$p(I_0/\langle I_0 \rangle) = \frac{N^N I_0^{N-1}}{\langle I_0 \rangle^N (N-1)!} \exp \left\{ -\frac{N I_0}{\langle I_0 \rangle} \right\}$$

Où $\langle I_0 \rangle$ est l'intensité moyenne d'une région homogène à la date t_0 , et N est le nombre équivalent de vues de la donnée SAR. Une détection de changements est liée les intensités radar qui font le changement entre deux dates t_0 et t_1 , les intensités I_0 et I_1 acquises, respectivement aux dates t_0 et t_1 au-dessus de la même cellule de résolution sont présumées être mathématiquement indépendantes. La distribution conjointe de I_0 et I_1 est donc le produit de ses distributions marginales.

La distribution de la différence ($d = I_1 - I_0$) des intensités du signal est dérivée après un changement de variables par intégration de la distribution conjointe sur I_0 .

$$p(d/\langle I_0 \rangle, \langle I_1 \rangle) = \frac{N^N}{(N-1)!} \frac{\exp \left\{ -N \frac{d}{\langle I_1 \rangle} \right\}}{(\langle I_1 \rangle + \langle I_0 \rangle)^N} \times \sum_{j=0}^{N-1} \frac{(N-1+j)!}{j!(N-1-j)!} d^{N-1-j} \left[\frac{\langle I_0 \rangle \langle I_1 \rangle}{N(\langle I_0 \rangle + \langle I_1 \rangle)} \right]^j$$

La moyenne de la différence et la moyenne de la différence au carré sont :

$$E(d) = \frac{\langle I_0 \rangle}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{(n-j)(n-1+j)!}{j!(n-1)!} \frac{(\langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle)^{n+1}}{(1 + \langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle)^{n+j}}$$

$$E(d^2) = \frac{\langle I_0 \rangle \langle I_1 \rangle}{n^2} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{(n-j+1)(n-j)(n-1+j)!}{j!(n-1)!} \frac{(\langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle)^{n+1}}{(1 + \langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle)^{n+j}}$$

Où $E(x)$ représente la valeur attendue de la variable aléatoire x . La distribution de la différence dépend du changement relatif $(\langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle)$, et d'un niveau d'intensité de référence, i.e., soit $\langle I_0 \rangle$ soit $\langle I_1 \rangle$. Comme conséquence, les changements ne vont pas être détectés de la même manière dans les régions de hautes intensités que dans les régions de basse intensité, ce qui n'est pas un effet désiré.

2.4.2 Détection de changement utilisant le rapport

De la même manière, la distribution du rapport ($r = I_1 / I_0$) est dérivée après un changement de variables par intégration de la distribution conjointe sur I_0 .

$$p(r/\langle I_0 \rangle, \langle I_1 \rangle) = \frac{(2N-1)! \bar{r}^N r^{N-1}}{(N-1)! (\bar{r}+r)^{2N}}$$

Où $\bar{r} = \langle I_1 \rangle / \langle I_0 \rangle$. La moyenne et l'écart type du rapport sont:

$$E(r) = \frac{n}{n-1} \bar{r} \quad \sigma(r) = \frac{n(2n-1)\bar{r}}{(n-1)^2(n-2)}$$

Dans le contraste pour la distribution de la différence, la distribution du rapport donnée dépend seulement du changement relatif \bar{r} dans l'intensité moyenne entre deux dates, et la détection de changement dans l'imagerie SAR ne dépend pas du niveau d'intensité des pixels.

3. EVALUATION DES RESULTATS

Les images proposées sont obtenues par imagerie SAR, elles sont acquises par les deux satellites européens ERS-1 et ERS-2. Ces images sont de type PRI (Précision image), dont la taille de pixel est de 12,5 x 12,5 mètre au sol.

Nous avons utilisé un jeu d'images, qui comporte une série de 5 images multi-dates à 3 vues qui couvrent une zone de la ville d'Alger (la même zone), dont la texture se compose essentiellement de zones urbaines (habitations, routes, zones industrielles...), de zones suburbaines tel que l'aéroport et les autoroutes, de régions agricoles, ainsi du littoral et de la mer en haut à gauche des images. Les dates d'acquisition et plus de détails de ces images sont présentées dans le tableau 1:

| Images de la zone d'Alger Taille :1000x1000 | Image 1 | Image 2 | Image 3 | Image 4 | Image 5 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Dates d'acquisition | 18/05/92 | 25/05/92 | 19/08/92 | 23/05/96 | 17/08/96 |
| Satellite | ERS-1 | ERS-1 | ERS-1 | ERS-1 | ERS-2 |
| Orbite | 4397 | 4490 | 5721 | 5702 | 6933 |
| Trace | 24465 | 65 | 65 | 337 | 65 |
| Frame | 729 | 2871 | 2871 | 2871 | 2871 |
| Heure d'acquisition | 22 :04 :59 | 10 :30 :37 | 10 :28 :13 | 10 :30 :51 | 10 :27 :54 |
| Type de passage | Ascendant | Descendant | descendant | descendant | Descendant |

Tableau 1: Informations sur le jeu de données

Les différentes images de la zone d'Alger saisies par les satellites ERS en mode ascendant et descendant présentent une différence de prise de vue de la position de la ville d'Alger dans la scène enregistrée par rapport au satellite.

Ces images ne peuvent pas être superposables entre elles directement pour des problèmes de géométrie propres à l'acquisition. Une étape de correction géométrique a été nécessaire avant d'effectuer les différentes méthodes de détection de changements multi-temporelle.

3.1 Analyse des Différente Combinaisons

3.1.1 Combinaison de l'Image du 19/08/1992 avec l'Image du 17/08/1996

Les changements ont été détectés au niveau de la mer ainsi que les changements urbains, nous constatons des variations élevées au niveau de la végétation en dépit du choix de la même période saisonnière car l'état du sol n'est pas forcément le même sur une période de quatre ans.

3.1.2 Combinaison de l'image du 18/05/1992 avec l'image du 25/05/1992

Nous détectons l'apparition de changement significatif au niveau urbain alors que l'intervalle entre les deux dates d'acquisition est de sept jours ainsi que quelque changement au niveau rural et cela est du au mode d'acquisition ascendant et descendant des deux images. Les changements au niveau de la mer sont très élevées car la rugosité de la surface est liée directement a la vitesse du vent qui peut varier rapidement.

3.1.3 Combinaison de l'image du 25/05/1992 avec l'image du 17/08/1996

Détection des évolutions de la zone côtière, des activités de constructions ainsi que les changements rapide du paysage (végétation). L'apparition de la piste de l'aéroport et des routes est due à des erreurs de correction géométrique car l'image du 25/06/92 était très difficile à corriger malgré un taux d'erreurs réduit.

3.2 Evaluation des différentes techniques réalisées

les techniques qui ont été testées sur une sélection des images SAR multitemporelles de la zone d'Alger ont été comparées avec la composition colorée et l'ACP, cette comparaison a été faite dans le but d'estimer les performances de chaque méthode de détection de changements multitemporels.

3.2.1 Simple index

Nous constatons d'après les résultats obtenus que la méthode simple index détecte les changements au niveau de la mer , les changements au niveau urbain et rural pour toute les combinaisons choisies, la méthode semble donner de bons résultats en comparaison avec les méthodes de L'ACP et de la composition colorée. c'est un moyen rapide de détection de changements.

3.2.2 Méthode de Dekker

Les tests effectués montre de bons résultats de changements en comparaison avec la composition colorée et l'ACP.

L'avantage de cette méthode est qu'elle soit adaptée au bruit speckle dans la détection de changements et préserve les structures et les contours.

3.2.3 Methode de Stroobants

La méthode proposée par Williams Stroobants est à la base une méthode de filtrage mais qui tient compte des modifications de l'état de surface par le biais du paramètre B utilisé qui caractérise la variabilité de la radiométrie. Nous l'avons orienté dans le cadre de cette étude vers la détection de changement. Nous constatons que cette méthode détecte les changements mais elle ne distingue pas entre les changements récents et ceux présents dans l'ancienne image car une seule couleur (blanc) nous illustre ce type de changements contrairement aux autres méthodes.

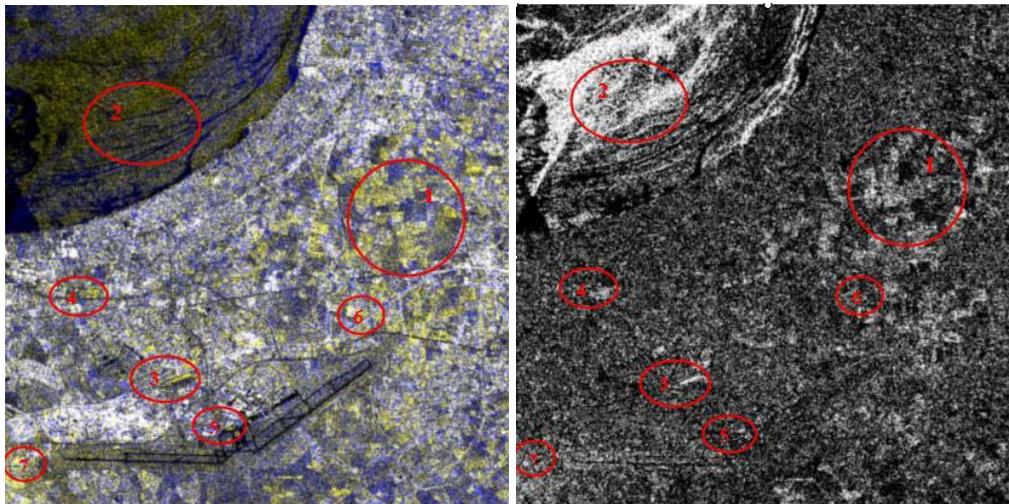
Cette méthode est contrôlée par un nombre important de paramètres qui ne sont pas simples à fixer.

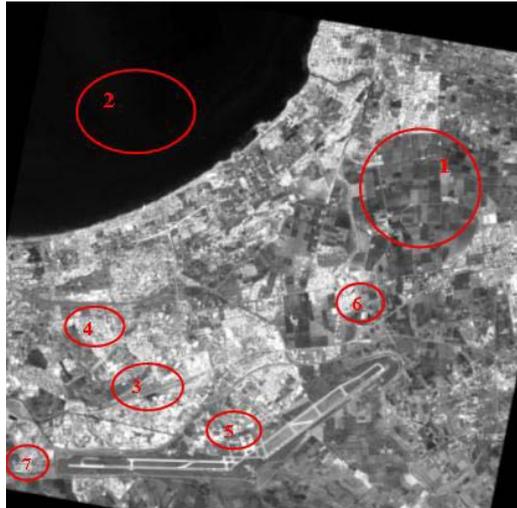
3.2.4 Metode de Rignot

Les deux techniques de Rignot nous détectent les changements apparus dans la composition colorée et l'ACP, cependant la méthode de différence est difficile à interpréter car plusieurs couleurs représentent les changements.

3.3 Types de changements détectés dans les images

– Combinaison du 25/05/92 avec 17/08/96



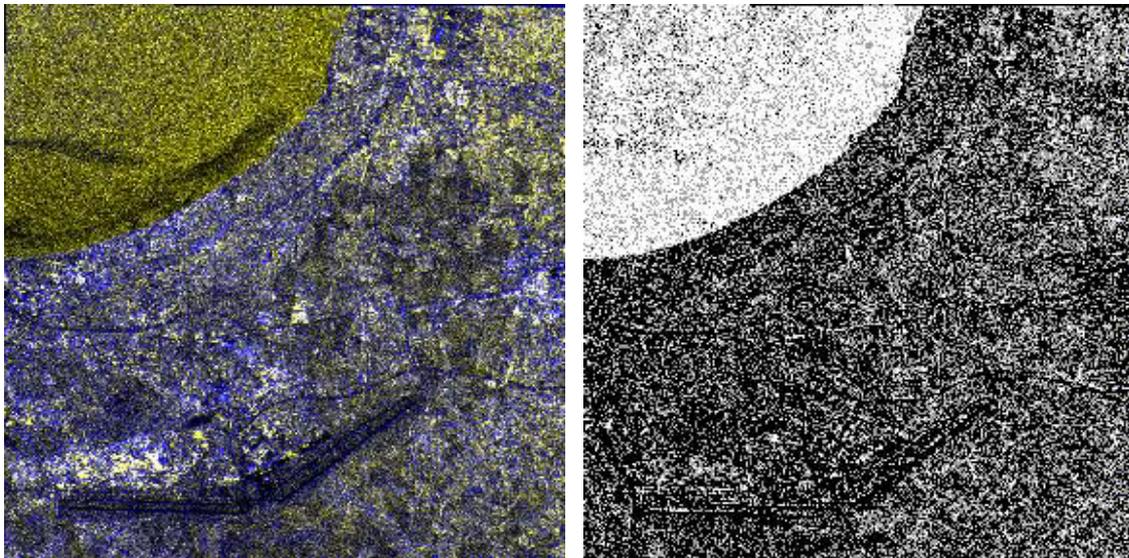


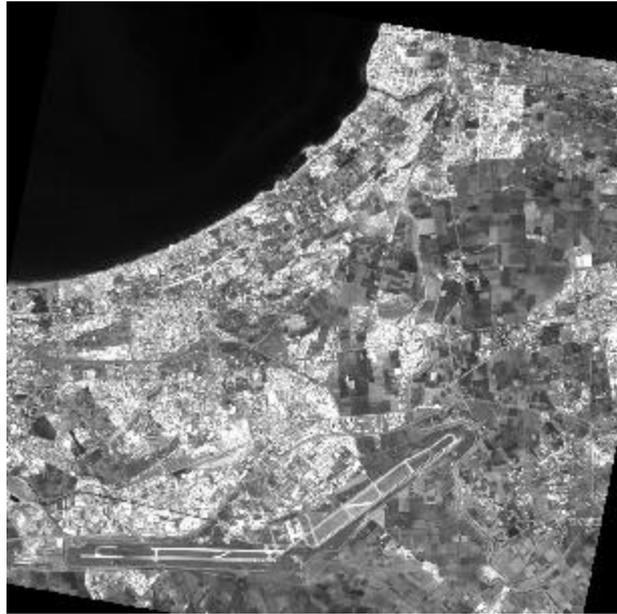
Localisation des changements pertinents par l'image optique.

Les régions libellées et étiquetées sont interprétées dans le tableau ci-dessous:

| | | | |
|----------|-------------------------|----------|--------------------------------|
| 1 | Zone rurale | 5 | Avions ou véhicules stationnes |
| 2 | Mouvement de la mer | 6 | Objets mobiles |
| 3 | Structures ferroviaires | 7 | Zone industrielle |
| 4 | Bâti | | |

– Combinaison du 18/05/92 avec 25/05/92





D'après les figures ci-dessus, la détection des édifices qui existaient entre les deux dates d'acquisition, montre l'influence du mode d'acquisition et l'introduction au niveau des images SAR de faux changements.

4. CONCLUSION

Les différents tests de toutes les combinaisons et méthodes réalisées montrent de bons résultats, les algorithmes semblent donner une détection de changement compatible avec la composition colorée et l'ACP, les principaux changements détectés sont les changements dus au bâti, aux objets mobiles, des changements rapides du paysage tels que les changements saisonniers de la végétation et des récoltes, et les évolutions de la zone côtière. D'autres types de changements non désirés et qui faussent la précision dans la détection de changements ont été identifiés, tels que les erreurs de correction géométrique. Les changements dus au mode d'acquisition des images (mode ascendant et descendant) ainsi que la position géographique de la zone d'Alger dans la scène.

Pour une meilleure identification des changements détectés une descente sur le terrain s'avère nécessaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'agence spatiale européenne (ASE) pour la mise à disposition des données RSO.

REFERENCES

- Alparone, A., Baronti, S., Falugi, M. & Garzelli, A. 1999. A unified approach to change analysis and despeckle of multitemporal ERS-1. EARSeL'99 Symposium, Valladolid, Spain, May 31 -June 1, 1999.
- Dekker, R.J., 1998. Speckle filtering in satellite SAR change detection imagery. International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, N°6, pp 1133-1146.
- Huot, E., Rudant, J.P., Classeau, N., Flasque, B., Guillope, P., Herlin, I., Sigelle, M. & Stroobants, W. 1998. Image processing for multitemporal SAR images. Proceedings of European Symposium on Remote sensing, volume SAR Image Analysis, Modelling, and Techniques, Barcelona, Spain, EOS-SPIE.
- Kuan, D.T., Sawchuk, A.A., Strand, T.C. & Chavel, P. 1985. Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. pami 7, n°2, p. 165-177.
- Rignot, E.J.M. & Van Zyl, J.J. 1993. Change detection techniques for ERS-1 SAR data. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, Vol. 31, N° 4, July 1993, pp 896-906.
- Smara, Y. Mansoura I.S. 2003. A study of Multitemporal filtering techniques for SAR images speckle reduction. Proceedings of the 23th symposium of EARSeL, 2-7 Juin 2003, Gent, Belgium.

NOTES BIOGRAPHIQUES

Dr. Youcef Smara est maître de conférences et directeur de recherche au sein du laboratoire de traitement d'images et rayonnement de la Faculté d'Electronique et Informatique de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene d'Alger. Il travaille depuis plus d'une quinzaine d'années dans le domaine du traitement d'images de télédétection et des SIG et Il est l'auteur d'une cinquantaine de publications et de communication internationales.

Mlles Khedidja Saib et **Amina Zouaoui** finalisent leur formation de graduation dans le cadre de l'obtention d'une diplôme d'ingénieur d'état en Electronique au sein de la même institution.

CONTACT

Docteur Youcef Smara
Laboratoire de Traitement d'Images et Rayonnements
Faculté d'Electronique et d'Informatique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène ((U.S.T.H.B)
BP 32 El-Alia Bab-Ezzouar 16111 Alger
ALGERIE
Tel. + 213 21 24 79 50 p.806
Fax + 213 21 24 71 87
Email: y.smara@mailcity.com