

METHODOLOGIE DE COLLECTE DE STATISTIQUES AGRICOLES PAR TELEDETECTION.

Par D. YOUSFI

Centre National des Techniques Spatiales
Bp13 (Arzew)

RESUME :

Le développement de l'activité agricole nécessite un système d'évaluation périodique, fiable et performant, constituant un instrument d'observation cohérent sur l'agriculture. Cette présente étude devrait aboutir à une estimation des superficies et des rendements des principales cultures. Face à cet objectif et devant l'échec des méthodologies classiques de collecte statistique, il a été fait appel à la télédétection satellitale. L'étude a été réalisée sur une région semi-aride d'Algérie, autour de la ville de Ain Kercha qui fait partie de la Wilaya d'Oum El Bouaghi. Les cultures de céréales ont été plus spécifiquement étudiées, elles représentent les taux d'occupation du domaine agricole les plus importants à l'échelle de la région. Une méthodologie de traitement numérique d'images a été développée afin de discriminer les différentes espèces cultivées. La stratification de la région en zones homogènes nous a permis d'améliorer la précision des estimations. Au niveau de la zone d'étude, la mise en place du plan de sondage a été réalisée et les différents paramètres de son application ont été discutés. Afin d'améliorer sensiblement les estimations, les résultats des traitements des données satellitales ont été confrontés aux résultats des enquêtes de terrain au moyen d'un estimateur de régression. La télédétection a permis la constitution d'une base de sondage aréolaire pour les enquêtes de terrain. Les méthodes testées se basent sur la combinaison des données satellitales avec des informations de terrain. Les résultats obtenus nous ont permis de constater un certain nombre d'erreurs. En effet, l'approche développée nous a permis d'aboutir à un résultat pour lequel la marge d'erreurs sur l'ensemble des segments échantillons est de 2,53 %.

Mots clés: Statistiques agricoles, télédétection, estimation des superficies, stratification, plan de sondage, base de sondage, estimateur de régression, segment, géoréférencement.

ABSTRACT:

The development of the agricultural activity requires a periodic assessment system, which is reliable, and effective, and which constitutes a coherent observation instrument of the agriculture. This present survey should lead to an evaluation of surfaces and main culture rendement. Facing this objective and in front of the failure of the classic methodologies of statistical collection, it has been resort to Remote sensing data. The survey has been achieved on a semi-arid region of Algeria, around the city of Ain Kercha that makes part of the department of Oum El Bouaghi. Cultivation of cereals was more specifically studied; they represent rates of work of the most important agricultural domain to the level of the region. A methodology of digital processing of images has been developed in order to discriminate the different cultivated species. The stratification of the region in homogeneous zones permitted us to improve the precision of evaluations. To the level of the survey zone, the setting up of the sounding plan has been achieved and the different parameters of its application have been discussed. In order to improve evaluations appreciably, results of treatments data satellite have been confronted to results of grand investigations to the means of a regression estimator. The teledetection permitted the constitution of an areolas sounding basis for investigations of land. The tested methods base themselves on the combination of satellite data with grand information of land. The obtained results permitted us to note a certain number of errors. Indeed, the developed approach permitted us to obtain a result for which the margin of errors on the whole of segments samples is 2,53%.

Problématique:

L'agriculture doit être considérée comme prioritaire parmi les politiques de développement. Or, comment peut-on formuler un plan d'aménagement, une politique de développement sans connaître les productions et besoins d'une région? il faut établir un "diagnostic" avant d'établir un plan. Plus que partout ailleurs, les inventaires et les statistiques sont donc des outils de base pour nos décideurs.

Les programmes de développement agricole nécessitent des statistiques agricoles fiables et mises à jour régulièrement. Toutefois ces mesures doivent être en adéquation avec l'outil utilisé, qui est la télédétection. En effet, la répétitivité des prises de vues, la résolution spatiale et la discrimination spectrale des images permettent l'acquisition de l'information spatio-temporelle des surfaces cultivées en temps opportun.

Actuellement des statistiques sont publiées, mais les méthodes de collecte utilisées ne permettent pas d'évaluer la fiabilité de ces données. Le système statistique Algérien, surtout en matière de données agricoles et socio-économiques, souffre des problèmes suivants:

- ✓ La mauvaise qualité des données;
- ✓ Leur manque d'actualité en raison du long délai qui sépare leur collecte de leur mise à disposition finale;
- ✓ Leurs coûts élevés par rapport à leur utilité réduite.

Objectifs de l'étude:

L'objectif de cette étude est de mettre au point une méthodologie d'inventaire agricole fiable dont les résultats sont fournis en temps opportun.

En effet, l'élaboration d'une méthodologie, qui s'appuie sur la combinaison des données terrain et de télédétection, pour une meilleure statistique et une cartographie de l'espace agricole, constitue un objectif à long terme d'un système capable de:

- ✓ **Distinguer, identifier et mesurer** le plus rapidement possible et avec le maximum de précision, les surfaces agricoles;
- ✓ **Évaluer les productions agricoles réalisées**, cette tâche demande l'estimation des surfaces et la mesure des rendements;
- ✓ **Réaliser des modèles de prévision de récoltes**, qui constitue le cas le plus délicat, puisqu'il exige une estimation précoce des surfaces et une prévision des rendements. Dans le cadre de cette étude, c'est les deux premiers points qu'il s'agit de développer. La méthodologie développée dans le cadre de cette étude s'articule autour des points suivants:
 - 1) la détermination d'une stratégie d'échantillonnage au sol par le biais d'enquêtes aréolaires sur la base de segments géométriques.
 - 2) mise au point de techniques de prétraitements et de traitements d'images (IHS¹, CC, corrections géométriques, classifications, indices de végétation, etc.).

Pour ce qui est des classifications et des indices de végétation, la combinaison d'un certain nombre de traitements s'impose. En effet, il s'agit de masquer tout d'abord tout ce qui est «non agricole» afin d'éviter les ambiguïtés entre classes.

3) constitution d'une banque de données de la région d'étude et mise au point d'une base de données sur les segments «sondés».

Cette étude devrait aboutir à une estimation des superficies et des rendements des principales cultures.

Présentation de la zone d'étude.

Nous avons travaillé sur une zone autour de la ville de Ain Kercha, qui se situe dans la Wilaya d'Oum El Bouaghi. La zone d'étude est une zone de plaine dont l'altitude moyenne est de 900 mètres entourée de djebels. En effet, la plaine occupe une surface d'environ 80% de la surface de la Wilaya. Les conditions géo-écologiques du territoire sont favorables dans l'ensemble à l'agriculture.

Les résultats de l'étude climatique nous ont permis de classer ce climat en tant que climat subdésertique atténué, présentant une saison humide en hiver.

Nous nous limiterons aux statistiques des céréales sur la région d'étude vu qu'elles représentent le thème majoritaire au niveau de la Wilaya, les terres destinées à la céréaliculture représentent 56,14 % [Benhamouda et Al. 94] de la superficie de la Wilaya.

La connaissance du calendrier agricole du blé, nous permet de faire un choix optimal des dates clés d'acquisition des images. L'analyse des différentes étapes et des stades repères de la vie du blé nous a permis d'identifier la phase ou l'activité chlorophyllienne ainsi que la densité de recouvrement sont les plus importantes. Nous remarquons que cette phase est le «plein tallage», elle s'étend du 15 Mars au 15 Avril, c'est pour cette raison que les images acquises à cette période sont sensées donner un maximum d'informations concernant la céréaliculture.

Approche méthodologique retenue

L'approche retenue dans le cadre de cette étude s'appuie sur les informations obtenues à partir des données satellite (SPOT) ainsi que sur les informations recueillies sur le terrain. En effet, une double démarche a été menée sur la région d'étude à partir des données satellitaires.

Dans un premier temps un découpage de l'espace en grandes catégories d'occupation du sol a été réalisé. Afin d'optimiser cette stratification et de la rendre adaptable aux objectifs fixés tout en tenant compte des limites de la télédétection, nous avons opté pour la stratification «Corine Land Cover» qui a été légèrement modifiée selon les spécificités de notre pays. La stratification que nous avons réalisée nous a permis d'aboutir à la nomenclature suivante:

¹ Intensité Hue and Saturation (Intensité, Teinte et Saturation).
Composition Colorée.

| Nomenclature retenue | Stratification «corine land cover» |
|------------------------|--|
| 1) C.B.R | = Terres arables. |
| 2) C.F.R | = Terres arables. |
| 3) jachères | = Terres arables. |
| 4) Maraîchages | = Systèmes culturaux et Parcelles complexes. |
| 5) Parcours sur sol nu | = Pelouses et pâturages naturels. |
| 6) Sol nu | = Végétation clairsemée. |
| 7) Reboisement dense | = Forêts de résineux. |
| 8) Maquis | = Végétation sclérophylle. |
| 9) Agglomération | = Tissu urbain continu. |

L'approche méthodologique retenue s'appuie sur un travail de photo-interprétation d'images, pour la stratification de la région d'étude en grandes unités homogènes, et sur des techniques de classification automatique soit par pixel (classification par maximum de vraisemblance ou classification par minimum de distance) soit par parcelle (Figure 1). Cette approche fait également appel à des données exogènes telles que statistiques agricoles, données climatiques, etc.

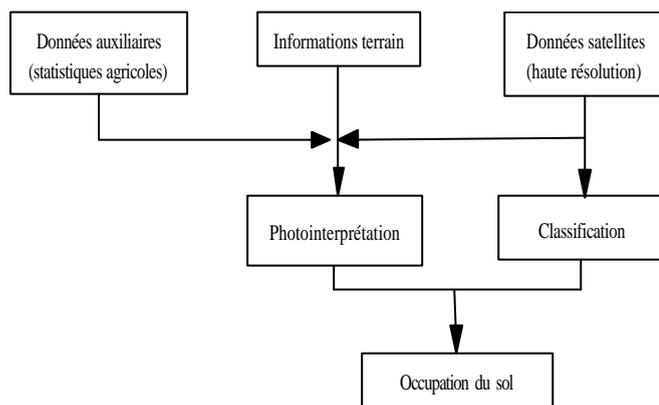


Figure 1 : Approche méthodologique.

La classification étant importante, nous avons défini plusieurs strates à l'intérieur desquelles seront pris différents échantillons à enquêter. Plusieurs critères tels que le type de cultures rencontré, la structure du parcellaire, la localisation, nous ont permis d'établir cette stratification, qui nous a permis de définir dans un premier temps 7 strates:

- les zones céréalières;
- les zones maraîchères;
- les parcours;
- les sols nus;
- les reboisements;
- les forêts;
- les agglomérations.

Afin d'aboutir à une classification optimale, le traitement de l'image s'est effectué selon **deux approches** qui ont été comparées :

✓ **Une approche dite supervisée** (classification par maximum de vraisemblance ou classification par minimum de distance);

✓ **Une approche non supervisée** (nuée dynamique).

Pour la première approche, la sélection des parcelles d'entraînement s'est faite d'une part, à partir des informations recueillies sur le terrain et d'autre part, à partir de l'image composition colorée. Deux algorithmes de classification supervisée ont été testés, maximum de vraisemblance et minimum de distance (Fig. 2).

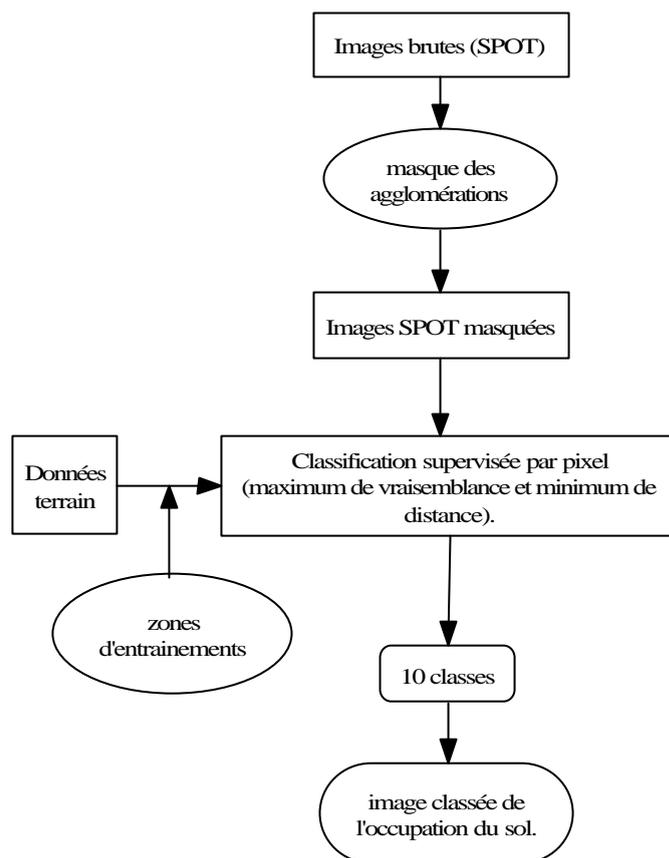


Figure 2: Classification supervisée (traitement par pixel).

Les caractéristiques radiométriques des différentes cultures ont été déterminées à partir de l'analyse de l'ensemble des parcelles d'entraînement définies précédemment. Nous avons choisi les échantillons les plus homogènes possible et rejeté ceux qui présentent un écart type important, afin d'éviter les risques de confusion.

▪ Les résultats obtenus:

La classification supervisée retenue et celle du maximum de vraisemblance des canaux XS avec un masque qui nous a permis d'éliminer tout ce qui n'est pas végétation dans notre région d'étude. En effet, ce masque a été réalisé par le biais d'un indice de végétation (NDVI). Cet indice nous a permis de masquer toute la partie non agricole ou la végétation chlorophyllienne est absente (voir image 1).

³ C.B.R.= Céréaliculture Bon Rendement.

⁴ C.F.R. = Céréaliculture Faible Rendement.

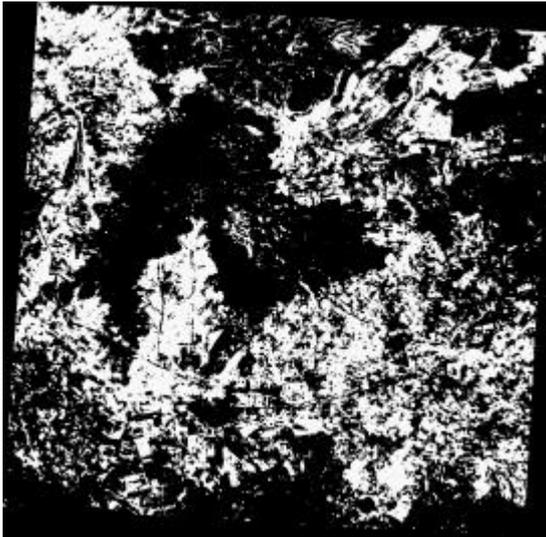


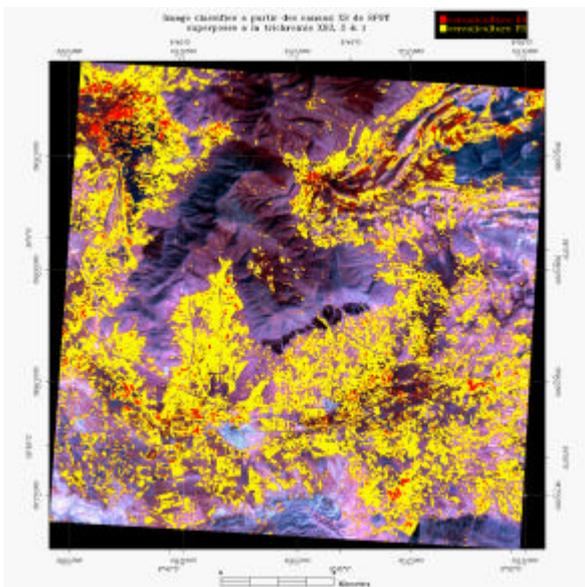
Image 1 : NDVI seuillée entre 140-180.

Nous avons par la suite déterminé un seuil sur cette image de telle manière à ce que nous prenons en considération que les classes qui nous intéressent. Cette classification a donné les résultats suivants:

| N° classes | Nbre. Pts | % image | % (zone agr.) |
|---------------------|----------------|-------------|---------------|
| 0 Non classée | 677258 | 64.59% | - |
| 1 Céréaliculture BR | 52436 | 5.00% | 14.12% |
| 2 Céréaliculture FR | 303531 | 28.95% | 81.74% |
| 3 Parcours | 1 | 0.00% | 0.00% |
| 5 Sol nu | 1639 | 0.16% | 0.44% |
| 6 Reboisement | 776 | 0.07% | 0.21% |
| 7 zones irriguées | 12935 | 1.23% | 3.48% |
| Total | 1048576 | 100% | 100% |

Tableau 1 : Résultat de la classification par maximum de vraisemblance des canaux XS (+ masque NDVI).

La région masquée représente 677 258 pixels de l'image totale soit 64.59% (Tab.1). Sur les 371318 pixels classés nous remarquons que 95.86% sont occupés par les deux classes de céréaliculture ce qui montre bien l'aspect céréalier de la zone.



Les résultats chiffrés de cette image, nous montrons que la céréaliculture d'une manière générale a été bien représentée avec une superficie de 33,95% de l'image, répartie en deux classes; Céréaliculture bon rendement (5,00%) et céréaliculture faible rendement (28,95%). Notons que cette classification a donné de bons résultats malgré le taux d'erreur qui est de 1,46% (Tab.1).

▪ **Estimation de la classification:**

Nous calculons à l'aide de la matrice de confusion, le pourcentage de pixels bien classés, ainsi que les statistiques de classification. Nous remarquons que le pourcentage de pixels bien classés pour la classe céréaliculture bon rendement est de 73,74% (tab.3), un certain nombre de pixels de cette classe se trouvent confondu avec les classes céréaliculture faible rendement et reboisement (tab.2). Les autres classes paraissent bien représentées avec des pourcentages de pixels bien classés variant entre 79,31% et 91.75%.

| répartition classes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Répartition |
|------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
| C.B.R | 73 | - | - | - | - | 18 | - | 8 | 99 |
| C.F.R | 15 | 92 | - | - | - | - | - | 9 | 116 |
| Parcours | - | - | 32 | 12 | 8 | - | - | - | 52 |
| Jachères | - | 6 | 5 | 68 | - | - | - | - | 79 |
| Sol nu | - | - | 8 | - | 89 | - | - | - | 97 |
| Reboisement | 12 | - | - | - | - | 90 | 8 | - | 110 |
| Maquis | - | 9 | - | - | - | - | 83 | - | 92 |
| Zone irriguée | - | 8 | - | - | - | 2 | 1 | 91 | 102 |
| Résult. classif | 100 | 115 | 45 | 80 | 97 | 110 | 92 | 108 | 747 |

Tableau 2 : Matrice de confusion de la classification par maximum de vraisemblance

A l'aide de cette matrice nous calculons des statistiques de classification (Tab.3):

- ✓ «statistiques⁵ » : nous renseignent sur les classes qui ont été surestimées ainsi que celle qui ont été sous estimées par la classification.
- ✓ «% de bien classé⁶ » : nous donne le pourcentage de pixels bien classés par classe.
- ✓ «signification thématique⁷ » : nous permet d'avoir une idée sur la part de pixels affectés à la classe en question par rapport au résultat de la classification.

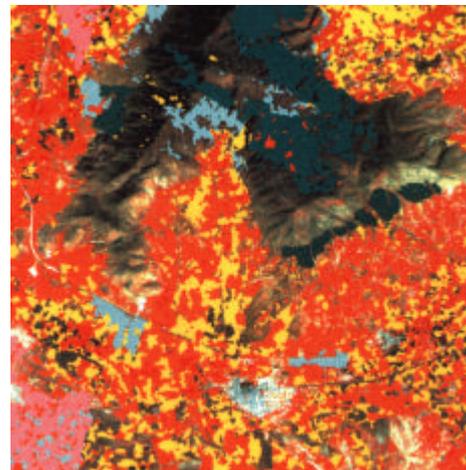


IMAGE 3 : Image résultat obtenue par classification automatique (par parcelle).

| statistiques Classes | Statistiques | % de bien classé | Signification thématique |
|----------------------|--------------|------------------|--------------------------|
| Céréaliculture B.R | 101,01% | 73,74% | 73,00% |
| Céréaliculture F.R | 99,14% | 79,31% | 80,00% |
| Parcours | 86,54% | 61,54% | 71,11% |
| Jachères | 101,27% | 86,08% | 85,00% |
| Sol nu | 100,00% | 91,75% | 91,75% |
| Reboisement | 100,00% | 81,82% | 81,82% |
| Maquis | 100,00% | 90,22% | 90,22% |
| Zones irriguées | 105,88% | 89,22% | 84,26% |

Tableau 3: Calculs issus de la matrice de confusion.

Le pourcentage global de pixels bien classés est de 81,71% ce qui représente un bon taux. L'évaluation de ce résultat a permis de constater un certain nombre d'erreurs et d'imprécisions (confusions, surestimations et sous estimations). Bon nombre de ces problèmes sont dus au fait que les données satellitaires monodates présentent un fort niveau de confusion spectrale entre les différents types de couvert. Une meilleure précision pourra être obtenue avec une approche multitemporelle. Ces imprécisions nous ont conduit à tester une méthode de classification par parcelle (fig.3).

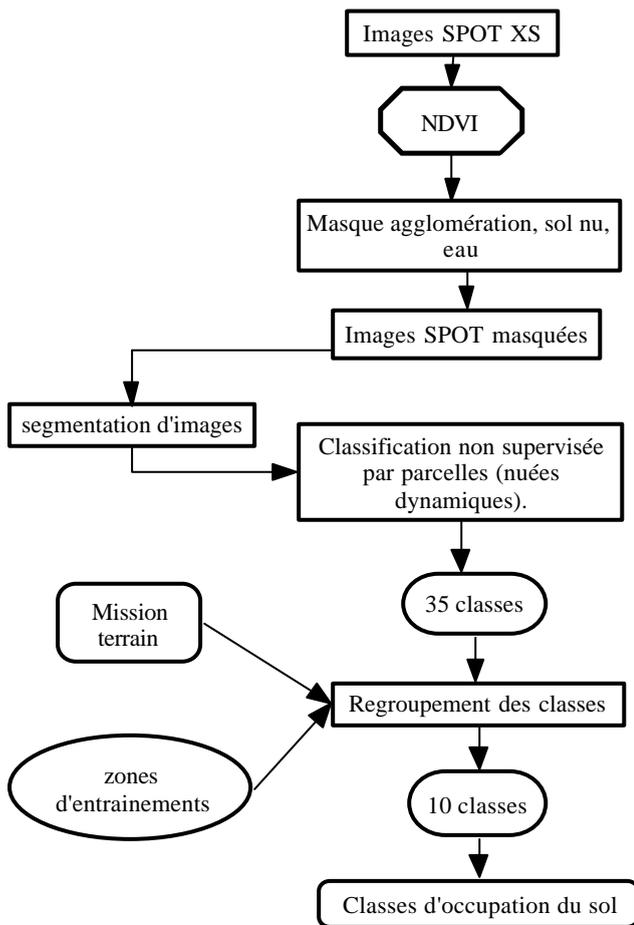


Fig.3: Classification automatique (Traitement par parcelle).

Par rapport à l'approche précédente, nous avons masqué les zones de sol nu et surfaces en eau afin de focaliser la suite des traitements sur les seules zones d'intérêt (Fig.3). La phase suivante consiste à segmenter l'image afin d'obtenir une image dans laquelle les régions homogènes sont séparées par des contours continus. Une classification automatique par "nuées dynamiques" est ensuite réalisée en prenant en compte, les canaux XS de SPOT et l'image segmentée que l'on vient de créer.

Cette méthode procède par itérations afin de créer 35 classes, ce nombre de classes a été fixé a priori afin de prendre suffisamment en compte la variabilité radiométrique de la zone. Nous procédons ensuite à une calibration thématique de cette image classée. A partir des zones d'entraînement dont l'occupation du sol est connue et de la connaissance générale de la région, nous affectons aux 35 classes initiales un contenu thématique particulier.

Plan de sondage:

Une fois la classification réalisée, nous mettons au point un plan de sondage aréolaire. Pour cela, nous localisons nos segments sur l'image satellitale ainsi que sur la carte topographique et procédons aux relevés sur terrain du contenu de ces segments avec leurs superficies. Afin de définir nos segments, une grille est superposée sur l'image et l'échantillon est ainsi obtenu en tirant au hasard K nombres compris entre 1 et 100. Cette méthode permet d'obtenir un échantillon systématique aligné de K répétitions. La télédétection avec des images satellitaires de l'année, représente un atout important pour «encadrer» les résultats de terrain obtenus à travers le relevé des segments. Ceci signifie que les statistiques agricoles sont toujours finalement réalisées sur le terrain, et que la télédétection n'est qu'un appui pour rendre ces résultats de terrain plus «fiable» au cours du temps. L'ensemble des «segments théoriques», qui couvre la totalité du territoire sert de base de sondage pour le tirage d'un échantillon, à partir duquel nous pouvons relever les statistiques de surface.

Géoréférencement des données pour l'obtention de statistiques agricoles:

Du fait de la diversité des informations de base utilisées, des erreurs et imprécisions de toute nature peuvent se manifester aux divers niveaux du système géoréférencé.

✓ La qualité du contenu de la stratification réalisée dépend d'une part de la nomenclature et d'autre part de l'identification de l'occupation des terres sur des images satellitaires redressées géométriquement.

✓ La qualité radiométrique des images satellitaires est essentielle pour atteindre de bonnes performances en classification. La précision géographique des images résulte bien sûr de la résolution spatiale du capteur et de la précision de la correction géométrique.

✓ La structure des segments enquêtés est bipolaire, avec une information vectorielle du tracé des parcelles incluses dans le segment et une liste d'attributs référencés aux parcelles (image 4).

⁵ Statistiques = Marge classification / Marge vérité terrain.

⁶ Pourcentage de bien classé = Case diagonale / Marge vérité terrain.

⁷ Signification thématique = Case diagonale / Marge résultat de la classification.

Minimisation des erreurs de recalage:

Elle concerne l'adéquation entre la position des segments établis à partir des documents d'enquête et leurs coordonnées dans les images satellitaires redressées. Le recalage géographique des segments dans les images permet de réduire partiellement les erreurs, qui auront pour résultats une dégradation de la qualité finale de la régression.

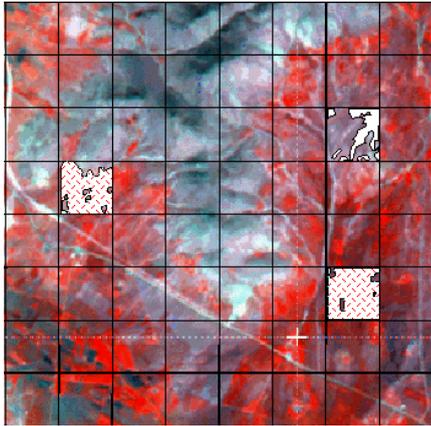


IMAGE 4 : Superposition des segments sur l'image.

L'approche retenue pour l'inventaire des cultures par télédétection passe par un certain nombre d'étapes de traitements et de contrôle. En effet, elle comporte quatre niveaux d'informations, qui sont la stratification, les images satellitaires, les segments aréolaires ainsi que les statistiques de terrain. Les segments aréolaires sont superposés sur les images satellitaires par le biais de la correction géométrique afin de limiter les erreurs dues à la localisation de points de repères. Le croisement de la stratification avec les images satellitaires nous permet d'aboutir à de nouvelles strates, sur celles ci nous choisissons des segments aréolaires.

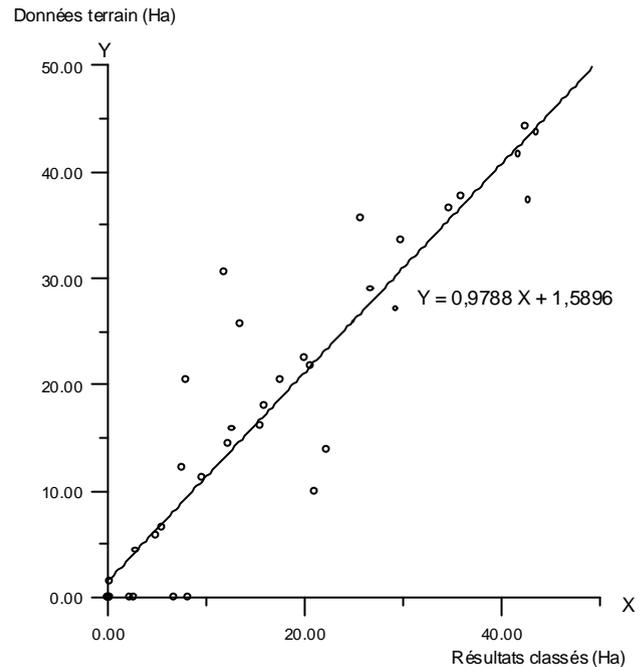
Des classifications sont réalisées, par la suite nous réalisons la matrice de confusion qui est une étape de contrôle. Les résultats de la classification sont par la suite comparés aux statistiques de terrain par le biais d'une régression. Enfin, un indicateur est calculé afin de mesurer l'efficacité de la télédétection.

Estimateur de régression:

Pour déterminer une superficie donnée par télédétection, nous déterminons une loi biunivoque d'un ensemble "classification par télédétection" à "vérité terrain". Cette loi peut être déterminée par la droite des moindres carrés. En télédétection, nous nous contentons d'estimer cette loi par un certain nombre de vérités terrain et leurs classification associée. Les données classées sont décrites par un modèle linéaire suivant $Y = 0,9788 X + 1,5896$ où la variable X est la superficie obtenue par classification.

La superficie de l'image entière est de 44100 ha, celle obtenue par classification pour la classe céréales est de 14238,68 ha.

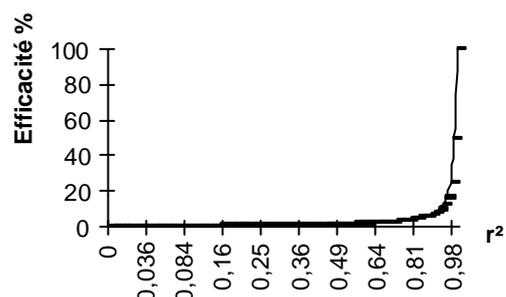
L'estimation qui peut être donnée à partir des données terrain est de l'ordre de 15267,42 ha. La différence entre le résultat de la classification et l'estimation obtenue à partir des données terrain, peut être expliquée par la confusion que nous avons constaté entre les céréales, qui représentent un taux de couverture très faible, et les sols nus. Néanmoins, d'une manière globale, nous pouvons constater que sur les 36 segments tirés la différence entre les données classées et les données terrain n'est pas significative (2,53%). La droite de régression calculée se présente comme suit:



Droite de régression obtenue par croisement des données terrain et de télédétection.

Notons que l'interprétation de la droite de régression est liée à l'importance de la corrélation existant entre les données terrain et les données classées. Dans notre cas le coefficient de détermination r^2 vaut alors 0,848, ceci signifie que 84,8% des variations entre les segments recensés sur terrain peuvent être expliquées par l'influence linéaire des données classées.

Nous pouvons, grâce à la variance obtenue par la régression, calculé l'efficacité de la télédétection [MEYER ROUX et al. - 87]. Nous remarquons que cette efficacité de la télédétection augmente avec l'accroissement du coefficient de détermination r^2 .



Dans notre cas, le coefficient de détermination est de 0,848 ce qui nous donne une efficacité de 6,58%, ceci nous permet d'affirmer que l'introduction de la télédétection améliore les statistiques agricoles.

CONCLUSION GENERALE:

L'agriculture doit s'appuyer sur des statistiques agricoles fiables pour une mise en oeuvre optimale. Cependant, les statistiques actuelles, ne répondent pas aux besoins. Il est donc nécessaire de tenter d'améliorer ces données malheureusement peu utiles dans leur état actuel. L'apport de la télédétection dans l'amélioration des statistiques agricoles -en terme de superficies- a été étudié sur la région d'Oum El Bouaghi. L'accent a été mis sur la collecte des superficies cultivées par les céréales.

Les résultats de cette étude, nous ont permis de constater des imprécisions. Afin d'améliorer sensiblement les estimations, les résultats des traitements des données satellitaires ont été confrontés aux résultats des enquêtes de terrain au moyen d'un estimateur de régression. En effet, cette méthode nous a permis d'aboutir à un résultat pour lequel la marge d'erreurs sur l'ensemble des segments échantillons est de 2,53%.

Le traitement des données satellitaires combiné au relevé de terrain a permis le développement d'une méthodologie de suivi des superficies cultivées. La télédétection satellitaire est un outil approprié pour la cartographie du domaine agricole à l'échelle régionale. L'estimation des superficies agricoles est fiable, en revanche celle des rendements s'avère délicate en l'absence de mesure sur les segments. La télédétection permet également la constitution d'une base de sondage aréolaire pour des enquêtes de terrain. La stratification de la région en zones homogènes améliore la précision des estimations.

Les perspectives de ce travail doivent d'abord confirmer les résultats obtenus concernant l'estimateur de régression et surtout s'orienter vers l'amélioration des procédures opérationnelles de traitements. Ceci se fera dans un souci de généralisation de cette approche à des contextes agricoles différents.

Références Bibliographiques :

[BENHAMOUDA et al. 94]: F. Benhamouda, A. Hassani, T. Mostefaoui, A. Dif, L. Kebir, Z. Zebbar, A.Z. Saad (1994): «évaluation des potentialités agricoles de la wilaya d'Oum El Bouaghi par télédétection ».Rapport de la phase I du contrat n° 498/92 CNTS-DSA d'Oum El Bouaghi de Mai 1994; 42 p.

[HIEDERER et al. - 93]: R. Hiederer; J.C. Favard; D. Guedes et M. Sharman, 1993. Estimating European crop surfaces from SPOT and Landsat TM data. Présenté au symposium International "Operationalization of Remote Sensing" du 19 au 23 avril 1993, ITC, HOLLAND.

[MEYER ROUX et al. - 87]: J. Meyer Roux; R. Sigman; M. Craig et M. Ozga, 1987. - Cartographie et statistique en télédétection. Extrait du cahier de statistique agricole n° 6, Nov. - Dec 1987, pp.(9-14).

[SHARMAN et al. - 91]: M. Sharman et H. Boissezon, 1991. Action IV, de l'image aux statistiques: Bilan opérationnel après deux années d'estimations rapides des superficies et des rendements potentiels au niveau européen. Rapport concernant le projet pilote pour l'application de la télédétection aux statistiques agricoles, ISPRA (VA), ITALIE.

[WILMET et al. - 89]: J. Wilmet et al., 1989. - Amélioration des statistiques agricoles par télédétection. Rapport réalisé au laboratoire de télédétection et d'analyse régionale, université catholique de Louvain. p. 4-18.

[D. YOUSFI - 97]: D. Yousfi, 1997. Approche méthodologique pour la statistique agricole à partir des données satellitaires. Application à la région d'Oum El Bouaghi. Thèse de Magister, CNTS, Arzew, 106 pages