

Table des matières

Avertissement

page 5

Préface du MEPN

7

Utilisation des images à haute résolution au CSE : les systèmes *Landsat* et *Spot*

La télédétection satellitaire

Les satellites *Landsat*

Le système *Spot*

Perspectives

9

9

9

10

10

Suivi pastoral : la contribution du *MIR* haute résolution à la caractérisation des pâturages naturels dans la zone de l'OSS

Contexte de l'étude

Méthodologie

Résultats des classifications

Conclusion

13

13

13

14

15

Suivi agricole : la base aérolaire de sondage

Contexte de l'étude

Objectifs

Méthodologie

Résultats
Conclusion

17
17
18
18
21
23

Foresterie rurale : cartographie des changements de surface dans la forêt classée de Balmadou

Contexte de l'étude
Présentation de la zone d'étude
Objectifs
Méthodologie
La carte des changements
Résultats et analyse
Conclusion

25
25
25
26
26
28
29
29

Infrastructure et Environnement : la *spatiocarte* de la zone d'exploitation des phosphates de Taïba

Contexte du Projet
Objectifs
Méthodologie
Résultats et discussions

31
31
31
31
33

Aménagement de l'espace rural : mise en place d'un réseau de stations d'analyse et d'expérimentation en milieu rural pour le développement soutenu des terroirs villageois

Contexte du Projet
Objectifs
Méthodologie et résultats

37
37
37
38

La gestion intégrée de la diversité biologique au Ferlo : le projet *Bioferlo*

Contexte du Projet
Objectifs et zone d'étude
Résultats de la classification et de l'interprétation

41
41
41
42

Apport de la télédétection à l'étude des mangroves : application sur imagerie Haute Résolution

La mangrove
Le rôle de l'outil télédétection
Méthodologie et résultats d'interprétation
Conclusion

47
47
48
48
49

Imagerie satellitaire Haute Résolution et environnement urbain : *Spatiocarte* de la ville de Dakar

Contexte de l'étude
Images à haute résolution et milieu urbain
Produits dérivés des images satellitaires

51
51
51
52

Imagerie satellitaire Haute Résolution et génération de Rio :
conséquences attendues dans la mise en oeuvre des Conventions
internationales
Spatiocarte de la ville de Dakar

53

Annexe : État d'exécution des programmes

Activités régulières

Activités de prestations de services

55

57

60

Avertissement

Le rapport annuel du CSE dresse le bilan d'un ensemble d'activités significatives de l'état des ressources naturelles du Sénégal, sur lesquelles se fondent les secteurs productifs majeurs de l'économie nationale, à savoir, l'agriculture, l'élevage et la foresterie.

En 1994, il avait été pris l'option de faire un rapport technique annuel axé sur la présentation de l'ensemble des activités du CSE, sous la forme de résumés succincts, afin de permettre au grand public de découvrir dans sa globalité le métier du CSE. En 1995, la présentation détaillée des activités de suivi basées sur l'utilisation des images NOAA/AVHRR a été privilégiée.

Dans ce présent rapport, il s'agit de faire l'état des réalisations de l'année 1996, en insistant particulièrement sur les produits dérivés des images à haute résolution. Parmi celles-ci, les données Landsat et Spot sont davantage utilisées par le CSE pour la réalisation de cartes d'occupation du sol ou la conception de spatiocartes à des fins d'aménagement ou d'évaluation des changements d'états de surface.

L'utilisation de ce type d'images est encore très limitée en Afrique. Cependant le CSE, dès 1990, a mis en place les moyens nécessaires à la maîtrise de cette technologie de pointe pour pouvoir fournir les produits les plus élaborés dans le domaine de la gestion des ressources naturelles.

Ainsi, avec l'aide des partenaires de développement tels que DANIDA, UNSO, CRDI, entre autres, ont été développés des projets-test ou activités de recherche qui ont permis au personnel du CSE de maîtriser d'avantage la technologie.

La combinaison de ces images traitées et leur intégration dans les Systèmes d'Information Géographique ont permis de développer des approches méthodologiques performantes qui assurent à présent au CSE un rôle précurseur en Afrique.

Par ailleurs, comme vous le constaterez à la lecture du présent rapport, les images en question sont acquises auprès de Sociétés occidentales, à un coût relativement élevé. Leur utilisation se fait en particulier pour la caractérisation d'espaces localisés (département, région ou communauté rurale) et pour des produits commandés par les partenaires du CSE.

Le présent rapport décrit quelques uns de ces produits en insistant sur les résultats obtenus et l'importance de l'apport de l'imagerie à haute résolution dans la planification et la Gestion des ressources naturelles (GRN).

Des perspectives importantes se dégagent et, de plus en plus, le CSE va s'orienter vers la confection de produits de mieux en mieux élaborés au profit notamment des communautés rurales et des organismes locaux de développement.

page blanche 6 : avertissement

UTILISATION DES IMAGES À HAUTE RÉOLUTION AU CSE

Les systèmes *Landsat* et *Spot*

La télédétection satellitaire

Les satellites utilisés en télédétection sont souvent classés en fonction de leur orbite et de leurs caractéristiques spectrales et spatiales. Trois types d'orbites présentent un intérêt en télédétection : l'orbite héliosynchrone, l'orbite géostationnaire et l'orbite circulaire quelconque (F. Bonn et G. Rochon, 1992).

Les satellites à haute résolution (*Landsat* et *Spot*) dont il est question dans ce document ont une orbite héliosynchrone, c'est-à-dire, que le plan de l'orbite du satellite reste fixe par rapport au plan orbital de la terre et par rapport au soleil. Cet orbite se traduit par le passage du satellite au-dessus d'un point géographique quelconque approximativement à la même heure locale.

Les satellites *Landsat*

L'ère de la télédétection civile n'a vraiment débuté qu'avec la mise en orbite du premier satellite de la série *Landsat* (*Land Satellite*)¹, en 1972.

Le programme *Landsat* a débuté par le lancement du premier satellite d'observation des ressources de la terre en juillet 1972 avec, à son bord, deux types d'instruments travaillant dans le visible et le proche infrarouge : les caméras *Return Beam Videcon* (RBV, "vidicon à faisceau de retour") et le *Multispectral Scanner* (MSS). La résolution de ces outils était voisine (80 m), mais le mode d'acquisition totalement différent. Au cours des années 1970, la NASA a lancé successivement *Landsat-2* (1975) et *Landsat-3* (1978), afin d'augmenter la fréquence de passage et pallier à la durée de vie limitée des premiers satellites.

Malgré les améliorations apportées à *Landsat-3*, l'évolution technologique et les besoins nouveaux ont conduit le Programme *Landsat* (géré depuis 1978 par une entreprise privée EOSAT) à initier une mutation majeure, avec l'abandon des caméras RVB au profit du capteur *Thematic Mapper* (TM). Celui-ci offrit l'avantage de fonctionner avec sept bandes spectrales qui vont du visible-bleu à l'infrarouge thermique, avec une résolution spatiale de 30 mètres. Les enregistrements restent découpés en scènes de 185 x 185 kilomètres, ceci, dans un nouveau système de référence. Ces caractéristiques (largeur de la scène, bonne résolution spectrale et spatiale) en ont fait un outil appréciable de cartographie des unités d'occupation du sol.

En effet, en combinant les différents canaux ou bandes, il est possible de détecter des états de surface et de les classer selon l'occupation et l'utilisation des sols. Parmi les canaux à bord de l'instrument TM, les bandes 3 (visible-rouge), 4 (proche infrarouge) et 5 (moyen infrarouge) donnent une meilleure combinaison pour la discrimination des différentes classes des états de surface de nos régions. Les données historiques de *Landsat* permettent également de suivre les changements comme l'expansion du domaine agricole ou le déboisement. La carte de la forêt classée de Balmadou (Sud du Sénégal), produite récemment par le CSE, illustre les possibilités de *Landsat* TM et de *Spot* dans l'identification des changements intervenus à la surface du sol.

¹ Originellement appelé ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*), administré par la NASA jusqu'en 1978.

Cependant, la résolution spatiale actuelle des données Landsat ne permet pas parfois de détecter des objets fins, comme les pistes. Afin de mieux mettre en évidence de tels éléments, le CSE s'appuie souvent sur les imageries Spot (Satellite Probatoire d'Observation de la Terre) et les cartes topographiques.

Le Système Spot

Spot est conçu par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) français. Le premier satellite dans la série (Spot-1) a été lancé en 1986 et le CNES a successivement mis en orbite Spot-2 (1990) et Spot-3 (1994). Tous les trois satellites ont le même type d'instrument constitué de deux optiques de 6000 barrettes chacun et fournissent deux types d'enregistrement : Panchromatique (P) à une résolution spatiale de 10 mètres d'une part et Multispectral (XS) à trois bandes dans le visible et le proche infrarouge, avec une résolution de 20 mètres, d'autre part. Le système de balayage offre une vision stéréoscopique et la possibilité de surveillance de chaque point du globe tous les trois jours.

Comme pour Landsat, le CSE utilise les images Spot pour effectuer une meilleure cartographie de la surface du sol. Afin d'améliorer la résolution spatiale des images XS, le CSE a récemment testé une méthode de fusion de Spot XS et P. La méthode semble très prometteuse dans le cadre du suivi des terroirs agricoles et de la gestion du milieu urbain.

Perspectives

Malgré l'échec du lancement de Landsat-6, le programme Landsat continuera avec le lancement prévu de Landsat-7 dont la résolution spatiale devrait atteindre 15 mètres. Les caractéristiques techniques, du point de vue de la résolution spatiale, le rapprocheraient des satellites Spot. Quant au Spot-4 dont le lancement est prévu en fin 1997, il comporterait une bande dans le moyen infrarouge avec une résolution de 20 mètres qui devrait améliorer la capacité de l'instrument à suivre le couvert végétal. Avant même le lancement de Spot-4, la préparation du Programme Spot-5 (Spot 5A et 5B) est en cours, dans le cadre d'un projet de coopération entre les gouvernements français, belge et suédois.

Avec Spot-4 et Spot-5, le programme assurera la continuité de la fourniture des images à haute résolution jusqu'au delà de l'année 2010. En particulier, les trois instruments, dirigés vers l'avant, le nadir, et l'arrière du satellite, pourront réaliser des prises de vue à une résolution améliorée de 5 mètres (Baudoin et *al.*, 1996). Ceci permettra un meilleur suivi des changements qui affectent la surface du sol mais exigera des ordinateurs plus performants pour traiter le très grand volume de données.

Satellites commerciaux à très haute résolution

Il est clair que la tendance dans le développement des nouveaux systèmes est tournée vers une résolution spatiale améliorée pour répondre aux besoins des utilisateurs. Parmi les nouveaux systèmes, on trouvera une gamme de satellites commerciaux prévus comme Early Bird, Quick Bird et Orbview qui proposent d'offrir des résolutions nettement plus grandes (voir tableau comparatif des satellites). Cependant, la fauchée (zone couverte) sera réduite par rapport aux anciens systèmes Landsat et Spot, donc la taille des images sera plus petite ; ce qui pourrait constituer une limitation potentielle pour la cartographie de grandes zones.

*Tableau comparatif des satellites actuellement en orbite
et certains autres prévus dans les prochaines années*

Satellite/Instrument

Résolution spatiale

Fauchée

Lancement

Bandes

Landsat MSS

80 m (MS)

185 km

1972

2 vis

2 pir

Landsat-TM

30 m

185 km

1984

3 vis

1 pir

2 mir

1 ther

Landsat 7

15 m

185 km

1997 (?)

*

Spot 1,2,3

20 m (XS)

10 m (P)

60 km

1986

2 vis

1 pir

Spot 4

10 m (XS)

60 km

2 vis

1 pir

1 mir

Spot 5

5 m

60 km

1999

2 vis

1 pir

1 mir

Early Bird
3 m (P)
15 m (MS)
6 km
1996
2 vis
1 pir

Quick Bird
2 m (P)
4 m (MS)
15 km
1997
3 vis
1 pir

Space Imaging
1 m (P)
4 m (MS)
12 km
1997
3 vis
1 pir

OrbView-1
2 m (P)
8 m (MS)
8 km
1997
3 vis
1 pir

Sources : A. Baudoin, et *al.*, 1996 ; Fritz, 1996.

Abbréviations : MS = multispectrale, P = panchromatique, vis = visible, pir = proche de l'infrarouge, mir = moyen infrarouge, ther = thermique.

Références

Baudoin A., Fratter C. et Munier P., 1996, Le Programme Spot-5 et la Préparation des utilisations, *in Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, n°. 141 pp 9-21.

Bonn F. et Rochon G., 1992, Précis de Télédétection : Principes et Méthodes. Volume 1, Presses de l'Université du Québec / AUPELF, 477 p.

Fritz L.W., 1996, The Era of Commercial Earth Observation Satellites, *in Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62 : 39-45.

Prince S.D., Justice C.O. et Los S.O., 1990, Télédétection de l'Environnement Sahélien : Revue de l'état actuel et des projets futurs, Commission des Communautés Européennes, Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Lomé.

page blanche paire

SUIVI PASTORAL

La contribution du *MIR* Haute Résolution à la caractérisation des pâturages naturels dans la zone de l'OSS

Contexte de l'étude

Après la signature, en octobre 1994, de la Convention de Lutte contre la Désertification, un certain nombre d'actions ont été entreprises en Afrique dans le cadre de la coopération internationale. Aussi, compte tenu de l'importance du secteur pastoral dans les écosystèmes désertiques et semi-désertiques, et en prévision de l'introduction d'un nouveau canal (moyen infra-rouge, MIR) lors du prochain lancement du satellite Spot, une étude sur la caractérisation des pâturages des zones arides et semi-arides à partir de ce spectre magnétique à haute résolution a été entreprise en deux temps.

Dans une première étape et sous l'impulsion de la société française SCOT-CONSEIL, du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) et sous la direction du Centre Royale de Télédétection Spatiale (CRTS) et du Ministère marocain de l'Agriculture, une "*étude de la contribution du Moyen infra-rouge à la caractérisation des pâturages*" a été menée dans les zones arides et semi-arides du Maroc. Ainsi, deux méthodologies d'utilisation du canal MIR, pour la caractérisation des pâturages de ces zones ont été élaborées.

Dans une seconde étape, le groupe SCOT-CONSEIL a initié une vérification de ces approches dans la zone soudano-sahélienne, domaine plus méridional que le premier. Le CSE, dans le cadre de sa mission de suivi des ressources naturelles, a été choisi pour mener cette seconde étape de simulation des données MIR. Il s'agit ainsi, de déterminer l'apport du MIR à haute résolution dans la caractérisation de la végétation herbacée de la zone soudano-sahélienne.

Méthodologie

Pour conduire cette étude, l'aire de desserte de l'unité pastorale de Yaré Lao, située dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal (Nord-Sénégal), a été retenue. Afin de simuler des productions de parcours, les enregistrements de saison des pluies n'étant pas disponibles, une image d'avril 1995 a été choisie. Les traitements comprenant la rectification, la classification supervisée et la vérification ont nécessité diverses activités de terrain.

L'apport du MIR a été évalué avec le canal 5 de Landsat TM. Considérant l'objectif de l'étude, à savoir déterminer l'apport du MIR à la caractérisation des pâturages, deux combinaisons ont été testées :

- sans le MIR : TM2, TM3 et TM4,
- avec le MIR : TM2, TM3, TM4 et TM5.

Le traitement d'images

Pour les besoins du redressement géométrique de l'image, des points de contrôle ont été saisis à l'aide d'un GPS (Système de Positionnement Global) sur le terrain. Le redressement a été, par la suite, effectué avec une erreur quadratique moyenne (RMS) de 1,22 soit de l'ordre de 36,6 mètres.

Une classification supervisée utilisant le maximum de vraisemblance a été ensuite réalisée sur chaque combinaison. Huit classes de pâturages ont été identifiées et ont servi d'aires d'entraînement. Des matrices de confusion montrant la correspondance entre les données de terrain et l'image classifiée ont permis de tester la validité des classifications.

La contribution du canal MIR à l'amélioration de l'interprétation des images et à leur classification en thèmes pastoraux, a été explorée.

Résultat des classifications

Concernant l'interprétation des images, le moyen infra-rouge se différencie du rouge (R) et du proche infra-rouge (PIR). En particulier, la discrimination des zones de convergence (forages, puits) est plus nette avec le premier.

Les matrices de confusion montrent une nette différence de classification selon les types de sols. Les pâturages sur sols squelettiques ne sont pas bien discriminés avec ou sans le MIR ; tandis que les zones sablonneuses sont mieux classifiées dans les deux cas. La classe de pâturages situés sur les sols latéritiques ou en zones brûlées présente partout de meilleurs résultats (plus de 97 %).

Par ailleurs, l'adjonction du canal TM5, dans la seconde combinaison a amélioré la classification des pâturages en zone sablonneuse. En effet pour les pâturages en sols sablonneux, la matrice de confusion de la composition comprenant TM5 a obtenu plus de 5 % par rapport à la première. Une tendance inverse se dessine pour plusieurs autres classes.

La visualisation des images en fausses couleurs composées, montre que les perturbations dues aux capteurs affectent beaucoup plus les canaux du MIR que ceux du visible et du PIR. Les changements de lignes de balayage perturbent, par conséquent, plus le canal MIR que les autres canaux.

Il ressort de cette étude que le recours au canal MIR permet :

- une meilleure identification des pâturages à strate herbacée et ligneuse ;
- une bonne discrimination des formations végétales ; ce qui permet de mettre en évidence la strate ligneuse dense localisée au niveau des dépressions ;
- une parfaite reconnaissance des sols nus (par suite de surpâturage) autour des points d'eau et des campements permanents (les alentours immédiats plus pâturés sont nettement identifiables à cause de la réflectance du sol) ;
- une localisation relativement aisée des mares asséchées ;
- une nette distinction entre le sol nu et les pâturages de saison sèche composés de strates herbacées avec un très faible recouvrement ligneux.

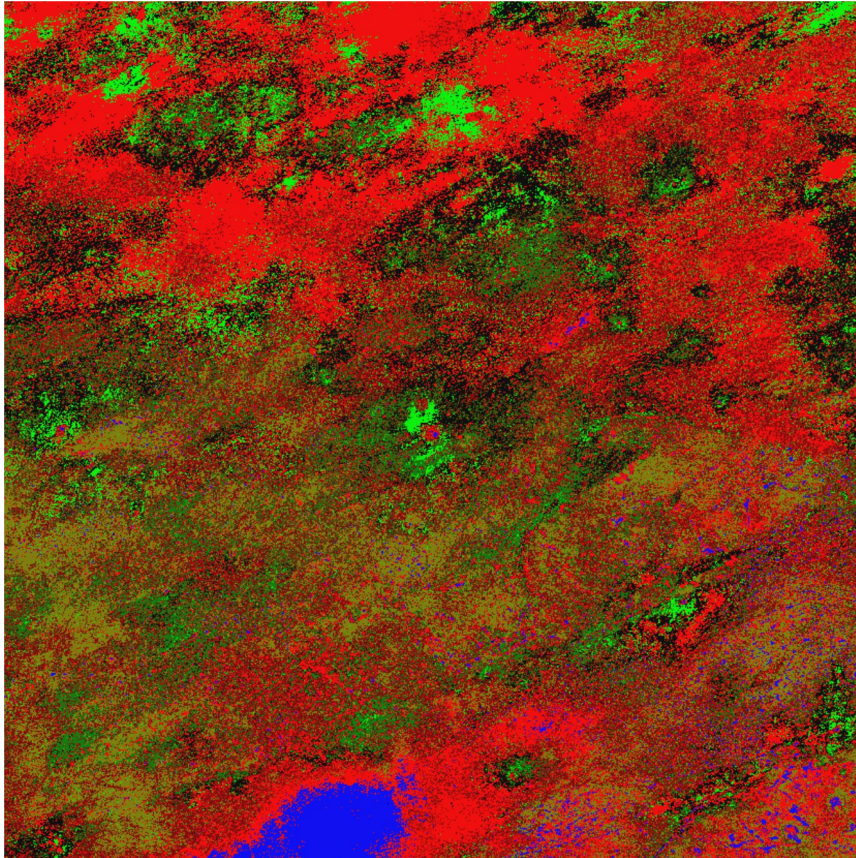
Conclusion

L'approche développée dans le cadre de l'étude relative à l'apport du canal MIR haute résolution dans la caractérisation des pâturages naturels se révèle efficace pour le suivi et la gestion des pâturages naturels en zone sahélienne. Elle permet de cartographier les types de pâturages en fonction de la nature de la végétation et des soubassements morphologiques.

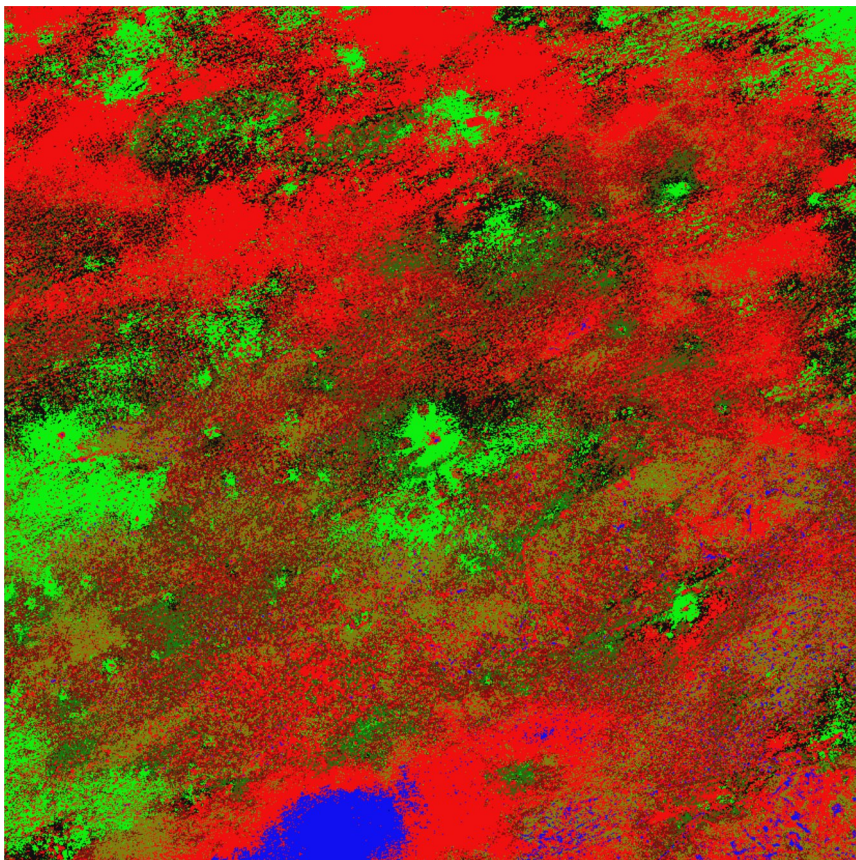
Toutefois, la nature du sol influence la classification, Une transformation préalable de type NDVI contribuerait à réduire cet effet.

En raison des possibilités qu'offre le MIR pour une meilleure reconnaissance des sols nus, une étude diachronique fondée sur l'utilisation de scènes de saison des pluies et de saison sèche permettrait de suivre l'évolution saisonnière de l'utilisation du couvert herbacé.

Cette approche pourrait permettre d'identifier les mares temporaires dont l'utilisation contribue à une exploitation rationnelle des pâturages. Des résultats satisfaisants pourraient être obtenus avec Spot-4 du fait de sa résolution qui sera plus fine.



Classification supervisée du secteur de Yaré Lao à partir des canaux TM 2, 3 et 4
(données *Landsat* du 13 avril 1994)



Classification supervisée du secteur de Yaré Lao à partir des canaux TM 2, 3, 4 et 5 (MIR)
(données *Landsat* du 13 avril 1994)

SUIVI AGRICOLE

La base aréolaire de sondage

Contexte de l'étude

Les plans et politiques de développement sont élaborés à partir des statistiques et des tendances qu'elle dégagent. Une bonne planification se base sur des statistiques fiables. Elles sont d'autant plus importantes pour les productions agricoles dans les pays sahéliens, que l'agriculture moteur de nos économies, est soumise à d'importantes fluctuations dans le temps et dans l'espace.

Au Sénégal, les statistiques agricoles sont obtenues à partir d'enquêtes coordonnées par la Division des Statistiques Agricoles (DISA) de la Direction de l'Agriculture. La méthode utilisée pour l'estimation des productions agricoles se base sur des critères socio-démographiques (ménages, exploitations agricoles, 'carrés' administratifs). Depuis 1991/1992, le département, depuis 1991/1992, est considéré comme univers d'étude à l'intérieur duquel tous les villages et ménages sont inventoriés. Le tirage se fait à deux niveaux : d'abord les villages et ensuite les ménages.

Cette méthode respecte la logique statistique. Cependant, elle présente quelques limites et sa mise en pratique peut poser problème. En effet, il n'est pas certain que l'univers sondé soit réellement bien dénombré. L'existence des parcelles cultivées est établie à partir des déclarations des agriculteurs. Diverses raisons peuvent inciter ceux-ci à omettre certaines parcelles : éloignement ou enclavement des champs ceci pour des considérations économiques ou fiscales, système socioculturel (champs de femmes, d'enfants, de 'sourga', etc.), etc. Par ailleurs, cette méthode ne prend pas en compte les cultures périurbaines alors que l'activité agricole est très dynamique à la périphérie des villes.

Il est à noter que la méthode actuelle est lourde. Le levé parcellaire est une opération fastidieuse que l'enquêteur est obligé reprendre chaque année. Elle mobilise à temps plein tout le personnel de terrain des services de l'agriculture.

Des changements sont nécessaires pour réduire le biais causé par cette méthode. Il est donc évident que la méthodologie doit être plus précise et plus rapide sans accroître le coût de l'enquête.

La base aréolaire de sondage a déjà remplacé la méthode classique dans plusieurs pays (Etats Unis, Maroc, Équateur, Soudan...) avec succès. Cette méthode exige des compétences en télédétection, photo-interprétation et statistique. Tenant compte de ces acquis méthodologiques, le CSE a décidé de mener, en collaboration avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), une étude expérimentale à l'échelle des régions administratives. Celle de Diourbel a été choisie comme zone test.

Objectifs

La base aréolaire de sondage se propose de changer la base de sondage démographique en base spatiale.

En effet, l'espace est la manifestation visible et synthétique de tous les phénomènes influençant la production agricole. Par conséquent, l'espace est une base de sondage qui inclut les facteurs techniques, démographiques et naturels. Par la télédétection, il est possible de définir sans à priori des espaces homogènes d'occupation des terres. L'utilisation de la télédétection pour la stratification de l'espace contribue à réduire la variabilité liée aux différences dans les modes d'occupation des terres. Ce procédé permet d'isoler le domaine agricole du reste; et partant de circonscrire l'enquête aux zones réellement cultivées.

Méthodologie

La mise en place de la méthodologie comporte plusieurs phases :

Réalisation de la base de sondage aréolaire

Le Sénégal dispose du matériel nécessaire à la construction d'une base aréolaire de sondage : des images *Landsat TM* (aussi bien en numérique que des compositions colorées), des cartes topographiques au 1/200 000 et au 1/50 000 et des photographies aériennes à différentes échelles. Plusieurs étapes sont nécessaires à la réalisation de la base de sondage :

1. l'actualisation des documents cartographiques et la stratification de l'espace suivant le mode d'occupation des terres, en utilisant les images satellites ;
2. la division de l'univers d'étude en unités primaires d'échantillonnage (PSU) suivant des limites naturelles c'est à dire les éléments figurant sur les documents cartographiques, identifiables sur le terrain à savoir, les pistes, les cours d'eau, les routes ;
3. la construction des unités primaires (PSU) et secondaires (Segments) d'échantillonnage à partir des résultats de stratification, des cartes topographiques et des photographies aériennes à une échelle plus grande;
4. le choix à deux degrés des échantillons;
5. l'identification des segments à enquêter et l'établissement de leur plan parcellaire ;
6. la réduction des enquêtes agricoles.

Construction de la base aréolaire

Le premier travail consiste à différencier le domaine agricole des autres par interprétation analogique des compositions colorées des images *Landsat TM* au 1/100 000 et à stratifier l'espace en six strates. Les contours de l'univers de sondage correspondant au département ont été matérialisés :

- strate 1: zones agricoles couvrant 50 à 100% de la superficie totale ;
- strate 2: zones agricoles de 10 à 49% ;

strate 3: pâturages et zones agricoles de 1 à 9% ;
strate 4: forêts correspondant des zones cultivées ;
strate 5: grandes agglomérations ;
strate 6: autres (zones militaires, parcs).

Sur cette base, le domaine agricole du département de Diourbel a été subdivisé en PSU de 500 à 1 000 hectares, en suivant les limites naturelles sur les cartes. Le choix de Diourbel qui compte 195 PSU, comme zone test est motivé par trois facteurs : accessibilité, superficie et prépondérance marquées des activités agricoles au niveau du département (figure 1).

Une strate sur les villes et villages a été considérée. Il faut préciser qu'un village ou une ville est pris en compte dans cette strate, si la localité fait plus de 10 segments; c'est à dire 30 ha. En deçà de cette taille, elle est incluse dans le domaine agricole.

Cette stratification a été reportée sur papier calque, numérisée sur ordinateur à partir du logiciel Système d'Information Géographique *Arc/Info*. Ce qui a permis de déterminer les superficies des PSU et de faire un tirage au hasard des PSU échantillons. Le taux de sondage choisi suite à une concertation avec la Direction de l'Agriculture est de 1,8 %.

Figure 1 : Les PSU échantillons. Les PSU ont une superficie moyenne de 500 ha. Vingt-deux (22) PSU ont été échantillonnés. Le gris foncé représente les agglomérations.

Si ces différentes étapes ont été franchies sans grande difficulté, en revanche les photographies aériennes, du fait de leur date de prise et de leur échelle, ont posé des problèmes, notamment, au moment de l'identification des segments sur le terrain.

Le manque de concordance des échelles des images et des cartes topographiques a rendu difficile la stratification. Les images Landsat TM mettent en exergue les différentes unités d'occupation des terres. La stratification a été faite en utilisant uniquement les compositions colorées, les traitements numériques étant longs et fastidieux.

Identification des segments

Après le choix des PSU échantillons, un second découpage a été fait pour délimiter les segments selon le même principe que pour les PSU, à savoir le suivi des limites naturelles (figure. 2). Sur le terrain, les segments ont été identifiés avec le GPS (*Global Positioning System*) qui a permis de relever les coordonnées UTM des angles de chaque segment échantillon. Pour mieux matérialiser ces angles sur le terrain, des repères constitués par des arbres ont été peints afin de pouvoir se retrouver sans difficulté. Ainsi, 44 segments ont été identifiés et des schémas établis pour permettre aux enquêteurs de se déplacer facilement lors des levés de superficies (figure 2).

*Figure 2 : Les segments échantillons
Les segments ont une superficie moyenne de 30 ha ; deux (2) segments sont échantillonnés par PSU-échantillon.*

L'enquête de terrain

L'enquête de terrain a été menée par une équipe de trois personnes qui ont procédé à l'identification et à l'établissement du plan parcellaire de chaque segment. Ensuite, deux parcelles d'arachide par segment ont fait l'objet d'une enquête préliminaire pour la maîtrise de certains indicateurs utiles au suivi de la campagne agricole :

- le statut du paysan
- les activités (principale et secondaire),
- la main-d'œuvre,
- les dates de semis,
- les préparations du sol,
- la provenance des semences,
- les variétés utilisées,
- les traitements phytosanitaires,
- le calendrier des différents travaux d'entretien,
- les quantités de fumures organique et minérale,
- le matériel agricole,
- les animaux de trait.

Résultats

Après l'enquête préliminaire, les levés de superficies ont été effectués sur l'ensemble des segments-échantillons. Le nombre de parcelles concernées est de 810, réparties comme suit :

- arachide: 238
- mil : 314
- niébé : 83
- sorgho : 32
- bissap : 2
- manioc : 3
- pastèque : 8
- jachère : 130

Le relevé des surfaces emblavées a été effectué sur les 44 segments échantillons représentant une superficie totale de 1 400 ha. Cet échantillon a été extrapolé à l'ensemble du département pour les principales cultures représentées : mil, arachide, niébé et les parcelles non-cultivées. Les figures suivantes présentent cette répartition pour la saison 1995 au niveau du département de Diourbel. Les taux obtenus ne comptabilisent pas les surfaces communes non cultivables (villages, pistes, chemins...)

Figure 3 : Taux d'occupation du sol en mil

Le mil est la principale culture. Elle couvre généralement plus de 45 % des terres. La superficie totale en mil du département de Diourbel est estimée à 49 000 ha.

Figure 4 : Taux d'occupation du sol en arachide

L'arachide est, en superficie, la seconde culture. Le mil et l'arachide sont cultivés en complémentarité. La superficie totale en arachide du département de Diourbel est estimée à 20 500 ha.

Figure 6 : Parcelles non-cultivées

Le relevé des surfaces non-cultivées comprend les terres incultes et les jachères. La superficie totale des parcelles non-cultivées du département de Diourbel est estimée à 28 000 ha.

Figure 5 : Taux d'occupation du sol en niébé

Le niébé est la troisième culture en superficie. Il reste toutefois loin des deux premières cultures. La superficie totale en niébé du département de Diourbel est estimée à 7 500 ha.

Conclusion

La saison de culture 1995 a permis d'établir et de tester la méthodologie de terrain, tant au niveau de l'échantillon que des enquêtes proprement dites. Les sondages ont été effectués par une équipe mobile. Ce dispositif facilement contrôlable a permis d'atteindre une fréquence élevée de passage sur un même site échantillon (15 jours) pour un investissement relativement faible. Il est donc possible de l'appliquer à des échelles plus importantes avec des coûts raisonnables par rapport à ceux générés par l'adoption des méthodes classiques de suivi.

L'étude a également permis de mettre au point un système informatique homogène permettant d'automatiser la gestion, le traitement et la diffusion de l'information. Ce système offre la possibilité d'avoir une présentation rapide et accessible de l'information issue des enquêtes, ce qui facilite le suivi et l'analyse de la campagne agricole.

Les objectifs pour la saison de culture 1996 sont d'améliorer la précision de ce système par une optimisation des différentes fonctions de traitement des données relevées. Pour cela un dispositif d'échantillonnage très dense sur une ou plusieurs PSU de la région permettra de déterminer la taille de l'échantillon compatible avec la précision souhaitée pour les prévisions. La méthodologie adoptée fournit une base stable de travail. Elle permet en outre de réduire la charge de travail du personnel de terrain et de limiter les erreurs non statistiques. Même si le coût d'installation est important sur une période de cinq ans, la base aréolaire peut amoindrir les charges récurrentes en améliorant la précision et la rapidité de publication des statistiques agricoles.

Ce système est déjà opérationnel dans sa phase actuelle et il faut envisager une extension à l'échelle nationale. Les résultats attendus de cette prochaine campagne permettront cependant d'optimiser les coûts nécessaires à sa mise en oeuvre sur l'ensemble du territoire dès 1997. Un projet associant les différents participants est en cours d'élaboration pour atteindre cet objectif important pour le développement agricole du Sénégal.