

Expérience du centre Agrhymet pour le suivi de l'environnement au Sahel

Mamadou Diouf
Directeur général Agrhymet

André Nonguierma
Télédétecteur

Abou Amani
Hydrologue

Le centre régional Agrhymet est une institution spécialisée du Cilss (*Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel*). Il a été créé en décembre 1974 et a été défini comme un « outil à vocation régionale spécialisé dans les sciences et techniques applicables aux secteurs du développement agricole, de l'aménagement de l'espace rural et de gestion des ressources naturelles chargé de promouvoir l'information et la formation dans le domaine de l'agro-écologie ». L'objectif majeur du centre Agrhymet est d'assurer différentes veilles – météorologique, agrométéorologique, agricole, phytosanitaire, hydrologique et environnementale – à l'échelle sous-régionale, en développant des méthodologies d'élaboration de produits et en procédant au transfert subséquent des connaissances et du savoir-faire vers les services techniques compétents, regroupés en composantes nationales Agrhymet dans les pays membres du Cilss.

Le centre est organisé autour de deux volets complémentaires, formation et information avec des « relais » nationaux constitués par les différents services techniques membres de la composante nationale dans chaque pays. Ces services techniques regroupés au

sein du GTP (groupe de travail pluridisciplinaire) jouent un rôle déterminant en ce qui concerne la collecte des données sur le terrain. Ces données sont envoyées régulièrement au centre régional Agrhymet pour les besoins du système d'alerte de suivi de campagne agricole.

■ Le système de collecte et d'analyse de données pour l'environnement

La création du centre régional Agrhymet (à la suite des grandes sécheresses de 1973) visait avant tout à améliorer la base de connaissances sur les potentialités physiques du milieu, la localisation et le suivi des secteurs d'extension de l'activité humaine, l'évaluation et la surveillance continues de l'évolution de certains écosystèmes, le suivi régulier des conditions de dégradation de l'environnement sahélien. D'abord axé sur des observations de terrain, le centre a progressivement développé un système de suivi des conditions du milieu, aujourd'hui basé sur les nouvelles technologies de l'information : la télédétection et les systèmes d'information géographique. L'objectif général est de développer des mécanismes de diagnostic rapide et à grande échelle sur l'environnement sahélien et de les intégrer dans un plan cohérent d'informations spatialisées et statistiques sur les variations du milieu en vue d'améliorer la gestion et la prise de décision. Le suivi s'effectue sur différents niveaux de perception. Il est basé essentiellement sur la combinaison des données de terrain collectées par les GTP au niveau national et envoyées au centre régional Agrhymet par Internet et les données satellites directement reçues au centre à travers les plates-formes de réception (Météosat et NOAA).

Suivi des conditions climatiques

Dans la région intertropicale en général, les variations bioclimatiques cycliques (saisonniers ou annuelles) provoquent des variations sensibles des composantes de l'environnement, tant au niveau spatial

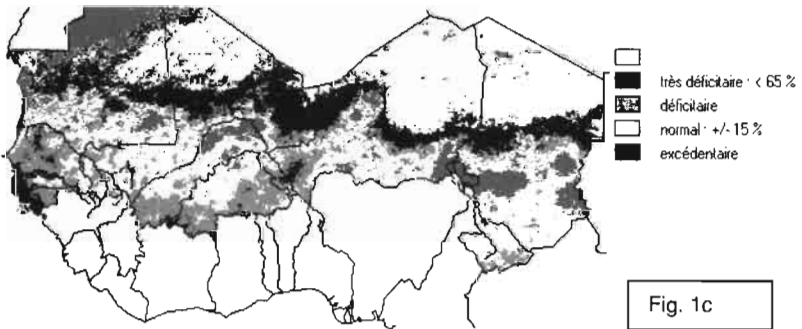
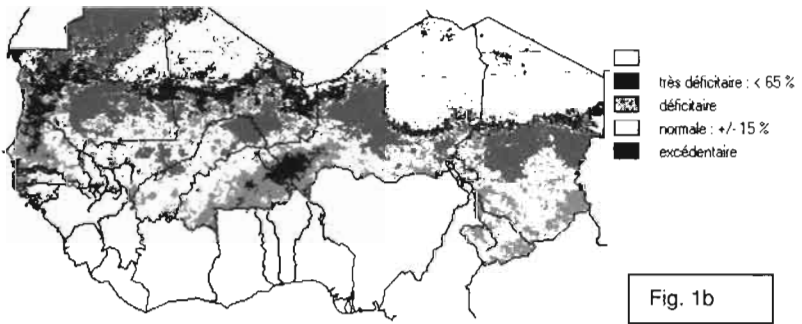
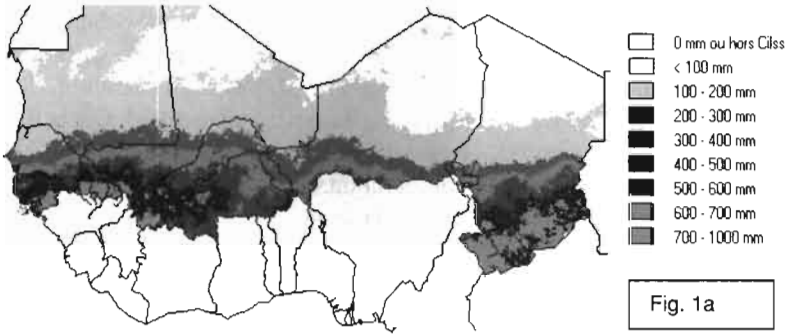
que temporel. La célérité de ces modifications s'est particulièrement exacerbée ces dernières années au Sahel et de nombreuses questions apparaissent : quels sont les processus de base qui induisent les changements du système climatique et environnemental ? Comment améliorer l'évaluation des conséquences de ces changements ? Quels outils à développer pour l'observation, le suivi et la prévision des modifications environnementales et climatiques ?

Le système de suivi des conditions climatiques du centre régional Agrhymet s'appuie sur un des indicateurs de caractérisation du climat le plus pertinent, la pluviométrie. Durant la campagne agricole, les données pluviométriques enregistrées dans les différents pays sont envoyées à chaque fin de décennie par les services météorologiques nationaux au centre Agrhymet. Pour des raisons opérationnelles, ces données pluviométriques ne concernent que quelques stations pluviométriques, généralement les stations synoptiques et climatologiques. Afin d'appréhender la répartition pluviométrique sur l'ensemble de l'espace Cilss, un programme d'estimation combine les données fragmentaires de pluies reçues des pays avec les données satellitales.

La procédure d'estimation est basée sur l'évaluation de la température des nuages (valeurs du bilan radiatif dans l'infrarouge thermique). Sur les images Météosat, on détermine d'abord pour chaque pixel le nombre d'occurrences de nuages à sommet froid (le nuage est d'autant plus pluvigène que la température est basse).

Puis on établit la corrélation entre les données pluviométriques des stations d'observations au sol et les valeurs d'occurrence de nuages pour les pixels correspondants sur les images Météosat pour déduire des coefficients de spatialisation des valeurs de pluie déterminées sur les images. Le suivi s'effectue à l'intérieur d'une même année (fig. 1a) ou entre plusieurs années (fig. 1b) ou par rapport à des périodes de référence (fig. 1c).

Ce suivi de la situation pluviométrique permet de mettre en exergue des indicateurs comme la longueur de la saison des pluies et l'intensité de variation des cumuls pluviométriques. Une des applications des champs de pluies estimés est leur introduction dans un modèle agrométéorologique de prédiction des rendements. L'information résultante sert à l'alerte précoce, à pas de temps décennaire, sur l'état de la saison agricole au Sahel.



■ Figure 1

Suivi des conditions climatiques des pays du Cilss
par le centre régional Agrhymet :

1a : pluie cumulée saisonnière entre le 1^{er} mai et le 31 août 1997 ;

1b : comparaison de la pluie cumulée saisonnière estimée 1997
par rapport à 1996 ;

1c : comparaison de la pluie cumulée saisonnière estimée 1997
par rapport à la normale 1961-90.

Suivi des ressources en eau

Le régime des eaux de surface est un indicateur des fluctuations climatiques – en particulier du degré de sécheresse – et de l'évolution de l'occupation des sols. Pour les ressources en eau, on distingue les suivis des cours d'eau et des plans d'eau. Le suivi des cours d'eau permet la caractérisation des régimes hydrologiques à partir des débits journaliers envoyés chaque mois par les services hydrologiques nationaux pour certaines stations principales du réseau minimal régional de suivi. A l'échelle de l'Afrique de l'Ouest et centrale, le centre Agrhymet, en collaboration avec l'Autorité du bassin du Niger (ABN), coordonne la mise en œuvre de la phase pilote Hycos-AOC, qui est la composante de Whycos (système mondial d'observation du cycle hydrologique de l'OMM) dans cette sous-région. On peut ainsi connaître en temps quasi réel les débits de certains cours d'eau *via* Internet à l'adresse : <http://aochycos.ird.ne>. De plus, le centre Agrhymet coordonne le projet Friend-AOC et contribue à la valorisation de la banque de données hydro-pluviométriques du projet *via* Internet.

Pour ce qui des plans d'eau, les méthodes de suivi sont basées sur l'évaluation régulière des plans d'eau au cours de la saison à partir d'images NOAA/AVHRR (LAC). L'étude de la variation dans le temps de la réponse spectrale (brillance composite) permet d'identifier et de suivre les plans d'eau de surface (Silva, 1997).

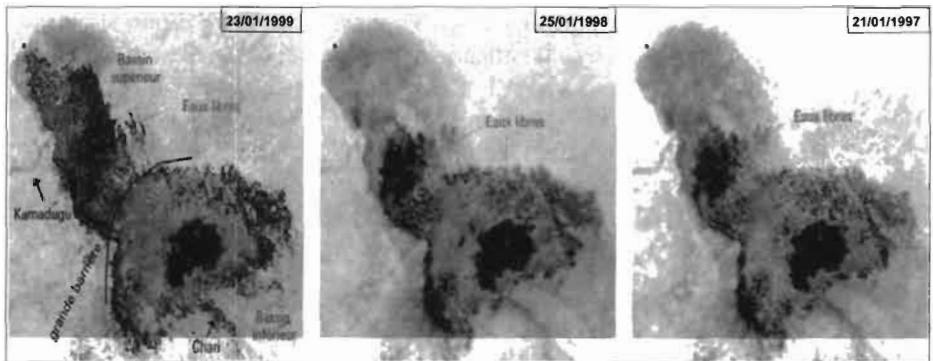


Figure 2
Evolution du lac Tchad vue par satellite.

La figure 2 présente un exemple sur les possibilités de suivi du plan d'eau du lac Tchad à partir des images NOAA. Les analyses permettent de déterminer les caractéristiques hydrologiques saisonnières et de les comparer par ailleurs à celles des dates antérieures et aux moyennes interannuelles.

Suivi de la végétation

La télédétection offre la possibilité aujourd'hui d'estimer l'importance de la couverture végétale, grâce généralement à la relation entre les indicateurs de densité de végétation, déduite des informations satellitaires (indices de végétation), et le recouvrement réel de la végétation mesurable au sol. En effet, la couverture végétale est évaluée par l'examen des signatures spectrales brutes dans l'infrarouge proche, créneau du spectre dans lequel la réflectance des végétaux est maximale, ou en analysant des valeurs spectrales résultant de la combinaison de plusieurs canaux du type indice de végétation (normalisé).

Au centre Agrhymet, le suivi de végétation s'effectue par la caractérisation radiométrique du rythme biologique de la végétation. Il s'agit d'abord, d'une évaluation qualitative des données NOAA (AVHRR) pour comparer la progression des périodes végétatives (généralement de mai à novembre) à l'intérieur d'une année et entre années. Ensuite, des analyses sur des classifications automatiques des images NDVI permettent de montrer le développement potentiel de la végétation au cours d'une saison donnée (fig. 3). Les classifications sont basées sur l'examen des profils d'évolution du NDVI, pris comme classes pour initialiser les traitements. Comparés avec la pluviométrie observée au sol sur les stations synoptiques, les résultats des traitements permettent de montrer les variations de la longueur du cycle de végétation ainsi que l'intensité des changements de la végétation.

Suivi des cultures

L'objectif du suivi des cultures est de déterminer de manière fiable l'état des cultures afin d'élaborer des projections sur les rendements attendus. L'utilisation de la télédétection pour l'estimation des rendements s'appuie implicitement sur l'existence de paramètres spectraux mesurables par satellite (exemple du NDVI), étroitement

conditionnés par certaines caractéristiques indicatrices de la végétation recouvrant le sol, comme l'indice foliaire, la quantité de biomasse, etc. Le résultat attendu des différentes démarches est de mettre en relation un indicateur du comportement radiométrique avec la phénologie et la biométrie des productions végétales annuelles, aboutissant à une prévision des rendements. Au Sahel, les méthodologies sont assez récentes, donc limitées. Elles utilisent en général des séries de données NOAA multitemporelles dans une optique d'estimation des productions à un niveau régional. Les obstacles à la généralisation de ces méthodes concernent, outre le coût des images satellitaires, les conditions intrinsèques de l'agriculture traditionnelle sahélienne : faible taille des champs, présence d'arbres préservés dans les champs, mélange des productions, mixité des champs avec les jachères récentes, ...

Suivi des pâturages

Le paysage sahélien comprend de nombreuses aires de pâturages supportant des activités pastorales sédentaire, transhumante ou nomade. Or l'élevage extensif est un facteur important dans la modification de l'équilibre des écosystèmes dans la zone sahélienne.

Le centre Agrhymet a développé en collaboration avec les services nationaux d'élevage un système de suivi des ressources pastorales au Sahel en produisant et diffusant depuis 1989 des cartes d'évolution de la biomasse active à partir des indices de végétation et des observations au sol. A un pas de temps saisonnier, on peut en effet suivre le rythme d'évolution de la biomasse végétale. Ce suivi est d'autant plus intéressant dans les milieux végétaux où la strate herbacée est dominante comme c'est le cas dans la zone pastorale du Sahel. La démarche comporte des observations au sol sur des sites de référence suivis par les services nationaux d'élevage (exemple du CSE au Sénégal, le Ropanat au Tchad ou la Direction de l'élevage au Niger). Des relevés phytosociologiques et des mesures de la biomasse sont effectués régulièrement sur ces sites géo-référencés pour déterminer la productivité fourragère primaire des pâturages et suivre également l'évolution de la composition floristique. Les résultats de ces mesures de terrains sont alors corrélés aux synthèses décennales ou journalières de NDVI réalisées à partir de la série d'images multitemporelles NOAA en format LAC (pixel de 1 km) aboutissant à une cartographie des productions estimées de biomasse saisonnière. L'information résultante est utilisée par les services

d'élevage pour orienter la gestion des pâturages : détermination des aires privilégiées de déplacement de troupeaux en fonction du potentiel pastoral.

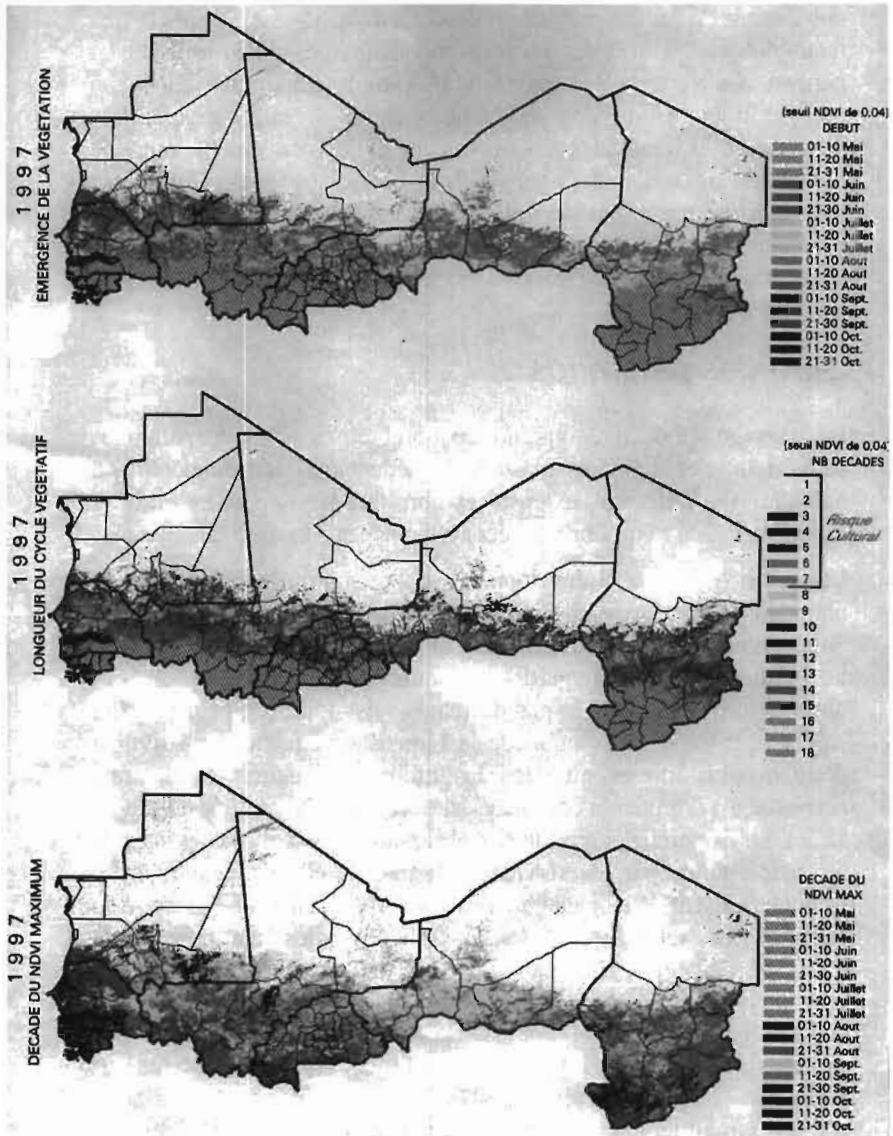


Figure 3
Indicateurs de suivi de la végétation.

Suivi d'indicateurs au niveau local

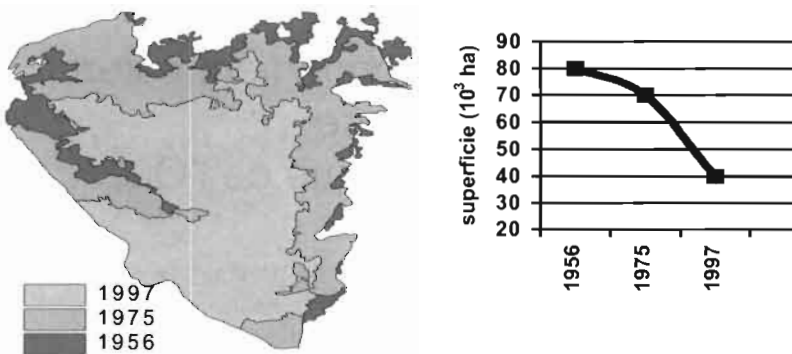
Les études menées à cette échelle permettent de mettre en évidence les tendances, les effets et les interrelations existantes entre les différentes causes qui concourent au processus de dégradation des terres dans les régions arides et semi-arides. Les connaissances ainsi acquises permettent d'identifier et de proposer en temps utile les mesures de correction des effets liés surtout à l'activité humaine.

Suivi de la pression foncière

Le centre régional Agrhymet a mis en place un dispositif de suivi des effets environnementaux liés à l'activité humaine. Ces dispositifs comportent notamment des études sur la pression foncière (agricole et pastorale) sur les zones forestières. En s'appuyant sur l'exemple d'une forêt dite classée au sud du Niger (forêt de Baban Rafi), on peut mesurer l'impact de la pression des communautés rurales organisées autour de cette ressource naturelle exploitée par l'homme (fig. 4).

La dégradation de cette ressource végétale est expliquée principalement par l'exacerbation de l'effet conjugué de trois facteurs liés à l'activité humaine :

- l'intensification des activités d'exploitation de bois de chauffe ;
- le surpâturage ;
- l'extension des superficies cultivées.



■ Figure 4
Evolution de la superficie de la forêt de Baban Rafi (Sud Niger)
entre 1956 et 1997.

Suivi des terroirs

Le système est basé sur le suivi des processus de dégradation des terres au niveau des terroirs. Dans cette optique, le centre développe depuis quelques années en collaboration avec les services techniques et les projets de développement du Niger la technique de la vidéographie aérienne pour le suivi/évaluation des terres soumises à la dégradation.

Le système comporte :

- une évaluation comparée de la végétation dans des zones cibles aménagées et non aménagées à partir d'indicateurs (recouvrement, densité du recru herbacé ou ligneux mesuré et cartographié à partir d'images vidéographiques) ;
- des mesures des variations de l'occupation du sol (extension ou régression des surfaces cultivées après aménagement) et corrélation avec les rendements estimés ;
- une évaluation de la dynamique édaphologique dans les terroirs, étayée par des observations au sol (phénomènes d'érosion, de colluvionnement, de sédimentation) ;
- un suivi de l'impact des aménagements de récupération des terres dégradées.

I Perspectives : inventaire, évaluation et suivi de l'environnement naturel et socio-économique au Sahel et en Afrique de l'Ouest

Le centre régional Agrhymet a initié un programme intégré pour détecter, suivre et aider à comprendre la nature et la célérité des modifications de l'environnement global en Afrique de l'Ouest. L'initiative dans le cadre de ce programme d'inventaire vise à rassembler le maximum d'informations précises sur les ressources naturelles pour en améliorer la gestion. Par sa vision exhaustive et sa dimension géographique, le programme doit permettre à toute la

sous-région de mieux articuler les futures activités dans le domaine de la gestion des ressources naturelles et de la lutte contre la désertification, en proposant aux parties prenantes un cadre cohérent d'action pour le moyen et long termes.

D'abord, le programme permet aux Etats d'accéder à toute l'information disponible sur les ressources naturelles et les aspects socio-économiques et démographiques ; ensuite, il permet de fédérer et d'impulser les énergies existantes à l'intérieur des pays et entre les pays, notamment au niveau sous-régional grâce à sa structure et son organisation. Enfin, il propose une trame technologique et thématique sur laquelle d'autres actions pourront venir se raccorder de manière cohérente, en particulier sur le réseau des sites de l'observatoire de l'environnement.

L'initiative dans le cadre de ce projet d'inventaire vise donc à rassembler le maximum d'informations précises sur les ressources naturelles dans la sous-région pour en améliorer la gestion. L'intervention du projet se fera autour des grands axes suivants :

- l'inventaire complet de l'existant au Sahel des actions réalisées aux niveaux national et régional en matière de gestion des ressources naturelles et de suivi de l'environnement, aboutissant à une meilleure connaissance des potentialités physiques du milieu ;
- la collecte et l'acquisition des informations et des données disponibles pour constituer une centrale d'information régionale au centre Agrhymet, indispensable pour l'évaluation et la surveillance continues de l'évolution de certains écosystèmes.

Les résultats attendus du projet sont :

- un référentiel cartographique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres aux niveaux national et régional ;
- des systèmes nationaux et un système régional opérationnel de banques de données de base pour la gestion et le suivi des ressources naturelles et de l'environnement ;
- le renforcement des capacités nationales et régionales pour la mise à jour et l'exploitation du système de banque de données de base ;
- un réseau d'observation permanent pour le suivi et la surveillance des différents écosystèmes au Sahel ;
- la diffusion et l'intégration dans les processus décisionnels des produits issus de l'exploitation des banques de données.

Conclusion

Le centre régional Agrhymet développe depuis sa création en 1973 la recherche d'informations précises et fiables et un système d'information intégré pour détecter, suivre et aider à comprendre la nature et la célérité des modifications de l'environnement sahélien. Le système est basé sur différents niveaux de perception qui font largement appel aux nouvelles technologies de l'information. En plus des exemples présentés brièvement ici, plusieurs expériences sont en cours et devraient permettre à terme d'améliorer la base de connaissances sur les potentialités physiques du milieu, la localisation et le suivi des secteurs d'extension de l'activité anthropique, l'évaluation et la surveillance continues de l'évolution des écosystèmes. Après plus de deux décennies de partenariat multilatéral scientifique et technique, les acquis sont significatifs. L'utilisation des nouvelles technologies de l'information (télétection, système d'information géographique) et de la communication (Internet) pour compléter le dispositif de collecte de données au sol (renforcement des réseaux d'observation météorologiques, hydrologiques, écologiques et d'enquêtes agropastorales et de statistique) a déjà permis des connaissances avérées sur l'état du climat et des ressources en eau de surface au Sahel. L'étude des variations d'occupation de l'espace et d'utilisation des terres au cours des quarante dernières années permettra de connaître les déterminants essentiels et les modes de valorisation des ressources naturelles par certaines populations sahéliennes des zones tests. Le transfert progressif de ces nouveaux outils aux acteurs nationaux et sous-régionaux au travers de formations-actions permettra également d'accélérer et de faciliter le développement de systèmes d'information spatialisés sur les différents compartiments sol, eau, végétation et population de l'environnement naturel et socio-économique.

Deux axes d'intervention du centre régional Agrhymet sont à privilégier dans le futur : d'une part, constituer un référentiel régional d'évaluation et de caractérisation de l'état des ressources naturelles et de l'environnement au Sahel et surtout de la désertification (état des lieux, cartographie de base), et d'autre part, le suivi et l'évaluation des dynamiques d'évolution actuelle des écosystèmes sahéliens.