

# Evaluation des risques liés aux variations spatiotemporelles de la pluviométrie au Sahel

Joan Bastide, Erwann Fillol, Thierry Métails

RESUME : Dans les vastes zones pastorales du Niger et du Mali, caractérisées par un déficit chronique en eau, les activités d'élevage sont extrêmement vulnérables aux variations des précipitations. La survie du cheptel y est intimement liée à la disponibilité en eau et en ressources fourragères. Depuis 1999, Action Contre la Faim – Espagne travaille sur un système d'information géographique intégrant les ressources hydrauliques, le mouvement des populations et la répartition spatiale et quantitative des pâturages dans l'objectif de fournir un outil d'aide à la gestion de l'activité pastorale et d'identification, de localisation et de prévention des risques de crise alimentaire. La télédétection à moyenne résolution représente un outil rapide, disponible pour l'ensemble des territoires et guère onéreux d'estimation de la quantité de biomasse produite en fin d'hivernage. Ces outils d'alerte ayant fait leurs preuves lors de la crise alimentaire de 2004-2005, le défi est désormais leur passation aux systèmes de surveillances des pays concernés.

## INTRODUCTION

Fortement dépendante de la disponibilité en eau et en fourrage pour le bétail, l'activité pastorale repose au Mali comme au Niger sur un équilibre écologique fragile et particulièrement vulnérable aux variabilités de précipitations. Dans le contexte sahélien, où Action Contre la Faim-Espagne (ACF-E) est présent depuis 1996, la connaissance des ressources naturelles disponibles pour les pasteurs au cours de l'année revêt donc un intérêt majeur. Le régime annuel des précipitations y est caractérisé par une seule saison des pluies, communément appelée « mousson d'Afrique de l'ouest », qui représente l'unique apport en eau de l'année, et qui, de ce fait, joue un rôle capital tant pour les systèmes de production agricoles que pastoraux. De plus, les contraintes liées à la rareté chronique de l'eau y sont accentuées par une importante variabilité spatiotemporelle des précipitations, dont l'incidence peut s'avérer dramatique pour les populations pastorales et leur cheptel, comme l'ont tristement démontré les épisodes successifs de grandes sécheresses de 1973, 1984, et

plus récemment la crise alimentaire qui a profondément touché le Niger entre 2004 et 2005. Compte tenu de la vaste étendue des territoires en question, les systèmes de surveillance en place dans les deux pays éprouvent de grandes difficultés à opérer un suivi systématique et continu des facteurs de risque spécifiques à ces zones.

Fort du constat de la fragilité de l'équilibre de la zone et de l'incidence sur la vulnérabilité des populations des variations spatiotemporelles des précipitations, ACF-E s'est attaché depuis 1999 à développer un système d'information géographique dont l'objectif est d'une part de fournir un outil d'aide à la décision pour l'aménagement et la gestion des espaces pastoraux, et d'autre part d'offrir une méthodologie et outils de prévention des crises alimentaires. La télédétection à moyenne résolution s'impose comme un outil particulièrement rapide, peu onéreux et efficace de suivi en temps quasi réel et sur l'ensemble du territoire de la production de végétation en fin d'hivernage, permettant ainsi de localiser les zones susceptibles de connaître des difficultés au cours de la saison sèche.

## CONTEXTE SOCIOGEOGRAPHIQUE

De par son contexte géographique, climatique et social, la zone pastorale du Mali et du Niger présente des spécificités tant humaines que naturelles qui en font un espace singulier, et dont il convient de bien comprendre les fonctionnements pour aboutir à l'élaboration d'indicateurs d'analyse des risques et d'alerte précoce qui soient reflètent convenablement la réalité.

### *Régime pluviométrique : la mousson de l'Afrique de l'ouest*

La zone pastorale du Mali et du Niger se situe au nord de l'isohyète 400mm (carte 1). Au sud s'étendent les régions agricoles, et agropastorales, et au nord les espaces désertiques quasiment inoccupés, à l'exception de quelques groupes nomades. Dans la zone pastorale, la disponibilité en eau représente le principal facteur limitant en termes de mode de vie en général et de productivité de végétation en particulier.

Espace à très faible potentiel agricole dans l'ensemble, l'élevage de type extensif opportuniste et transhumant y est donc le principal moyen de subsistance des populations.

A la sécheresse chronique du milieu vient s'ajouter une forte variabilité spatiotemporelle, caractéristique du régime des pluies au Sahel. Les précipitations peuvent y être très variables d'une année sur l'autre (fig1).

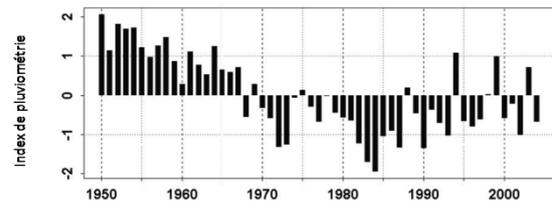
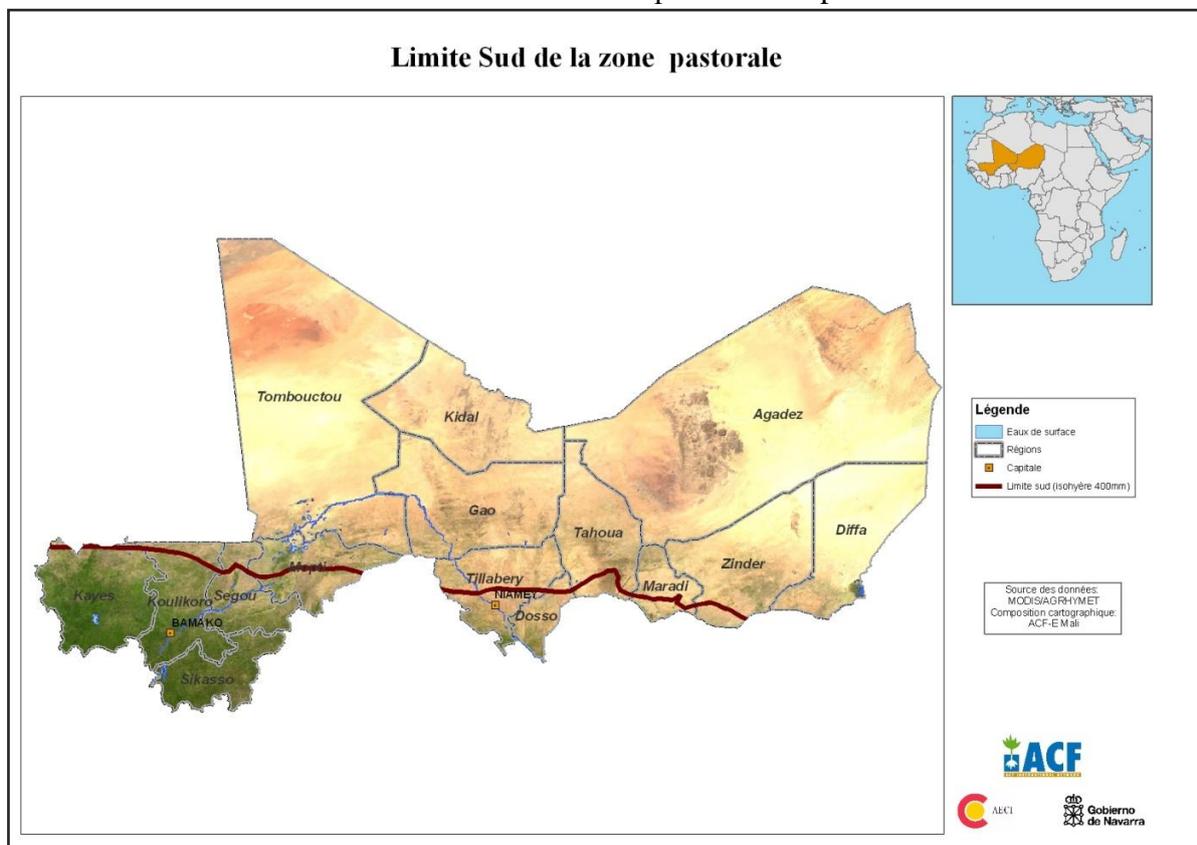


Figure 1: Index de pluviométrie

La productivité de matière végétale et donc de fourrage étant fonction directe des précipitations, les populations sont forcées de se mouvoir au gré des pluies et des points d'eau pour nourrir leurs bêtes.



Carte 1: La zone pastorale du Mali et du Niger

## *Population*

De ce fait, la zone est en grande partie peuplée par des populations nomades ou transhumantes vivant principalement de l'élevage (bovins, ovins, caprins, camelins). Dans ces espaces à forte contrainte, les populations se déplacent au rythme annuel des saisons, en fonction des deux principaux paramètres qui influent sur leur vulnérabilité : la disponibilité en eau et en pâturages. Le parcours annuel de transhumance comprend donc i) des zones de pâturages en saison sèche, ii) des zones de pâturage en hivernage, et iii) des zones de transition. Contrairement aux populations purement nomades, les groupes de pasteurs transhumants observent une certaine régularité interannuelle dans leur parcours et leur occupation de l'espace, quand bien même des modifications plus profondes ont été observées depuis les épisodes de grandes sécheresses et l'apparition de troubles politiques dans la région. Cette régularité comprend néanmoins une certaine flexibilité requise par la nature même du milieu et le caractère aléatoire de la répartition des pluies. Lors des épisodes exceptionnels (grandes sécheresses) la relative régularité des parcours peut subir des ruptures nettes et on peut alors observer les populations s'éloigner de leurs régions traditionnelles d'attache.

Ce qui ressort de ces observations, c'est d'une part l'extrême dépendance des populations pastorales envers les ressources hydrauliques et fourragères et d'autre part l'importance de la connaissance de la pratique de l'espace dans une perspective d'analyse et de localisation des risques de crise alimentaire et d'alerte précoce.

## *Dispositifs nationaux de suivi et d'alerte*

Les crises alimentaires successives ont conduit l'ensemble des pays de la région sahélienne à mettre en place des Systèmes d'Alertes Précoces (SAP), cellules

techniques chargées de récolter, centraliser et analyser l'information sur la sécurité alimentaire. Or, si ces SAP disposent généralement d'indicateurs relativement fiables pour le suivi des zones agricoles et l'anticipation d'éventuels problèmes liés aux résultats de la campagne, ils sont confrontés à davantage de difficultés pour la surveillance des zones pastorales, du fait de l'étendue des territoires en question, de leur faible densité démographique, de leur difficulté d'accès et de la complexité des systèmes sociaux qui s'y déploient. C'est dans la perspective de l'amélioration des méthodologies de surveillance des zones pastorales que les SIG couplés à la télédétection ont été identifiés par ACF-E comme des outils privilégiés d'analyse, en ce sens que les données satellitaires permettent un suivi financièrement abordable et en temps quasi réel de l'évolution des pâturages, et ce sur l'ensemble du territoire étudié. Partant de ce constat, le défi est double : d'une part développer les outils appropriés, et d'autre part les transférer aux structures nationales en charge de l'alerte.

## **Vers un système d'alerte précoce pour les régions pastorales**

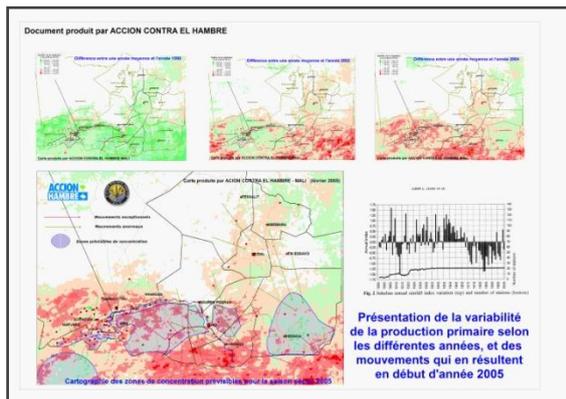
### *Développement des outils*

Intervenant alors exclusivement dans les zones pastorales du Mali, ACF-E s'est attaché depuis 1999 à explorer les possibilités offertes pas les outils informatiques dans le domaine de l'aide à la décision pour l'aménagement des espaces pastoraux. C'est ainsi qu'un Système d'Information Géographique (SIG) pour la direction nationale de l'hydraulique dans les régions du nord Mali a été mis en place à travers un programme de trois ans, financé par l'Union Européenne. Cet outil permet entre autres de localiser les points d'eau, de procéder à des analyses de couverture en eau potable et d'accéder à de nombreuses cartographies automatisées. Très vite s'est imposée la nécessité d'intégrer à ces

données une couche d'information sur la localisation des pâturages, élément clé s'il en est des systèmes de vie locaux et de l'équilibre pastoral.

C'est ainsi que les premières recherches ont été menées en collaboration avec le Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère (CESBIO) afin d'identifier des méthodes de localisation des pâturages par imagerie satellitaire. Ce travail a abouti à une première méthode basée sur l'application du modèle de Monteith à des données NDVI issues du capteur SPOT VEGETATION. Cette méthode, mise en œuvre sur le logiciel ENVI permettait d'aboutir à une estimation quantitative de la productivité annuelle de biomasse végétale exprimée en kg de matière sèche par hectare. Afin de localiser les principales aires de pâturages, une année moyenne a été calculée sur l'ensemble des années disponibles.

Par la suite, lorsque les analyses annuelles de végétation ont été menées à la fin de l'hivernage de l'année 2004, elles ont démontré un très net déficit de production végétale dans une grande partie de la zone considérée, en particulier dans les zones traditionnelles de concentration (carte 2).



Carte 2: Extrait du rapport sur la situation pastorale février 2005

Cet inquiétant constat a rapidement occasionné des missions de vérification terrain pour valider les résultats et constater *in situ* l'ampleur du problème. Il a ensuite fait l'objet d'un rapport sur la

situation pastorale, co-signé avec le Système d'Alerte Précoce et le Commissariat à la Sécurité Alimentaire du Mali, qui a permis l'identification des risques et l'interpellation de la communauté internationale. Suite à cet épisode, ACF-E a pris conscience du potentiel d'alerte précoce de ces outils à l'origine développés pour l'aménagement. Dès lors, de nouveaux financements ont été recherchés afin de pouvoir continuer à développer les outils, et de les transférer aux dispositifs nationaux d'alerte précoce.

*Les éléments d'un système d'alerte précoce :*

Comme nous l'avons évoqué auparavant, afin de parvenir à un système d'alerte précoce opérationnel pour ces zones trop souvent négligées par les structures en place, il est nécessaire de prendre en compte leur spécificité, notamment en termes de vulnérabilité des populations. Au moins trois grandes catégories d'information sont nécessaires : i) les ressources fourragères ii) les ressources en eau (oueds, mares, puits et forages) iii) les pratiques de l'espace des populations

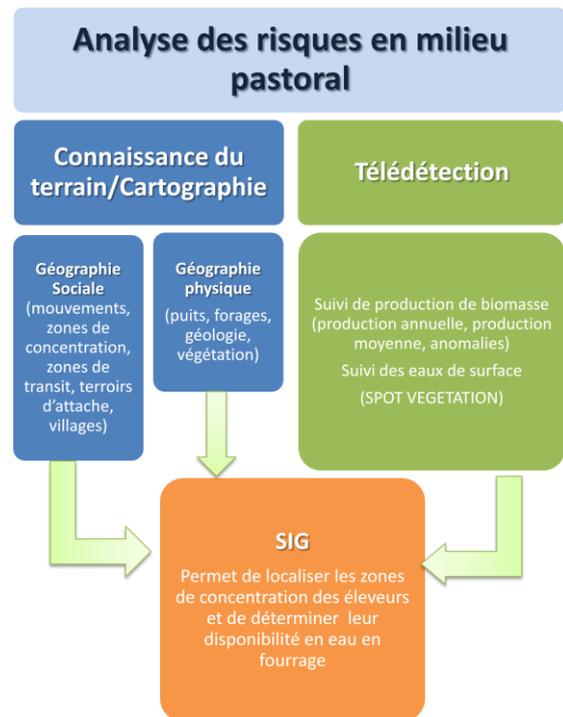


Figure 2: Analyse des risques en région pastorale

Concrètement, la mise en œuvre d'un tel système repose sur la capacité à localiser et quantifier le disponible fourrager via imagerie satellitaire, à localiser les points d'eau, et à cartographier des mouvements de population

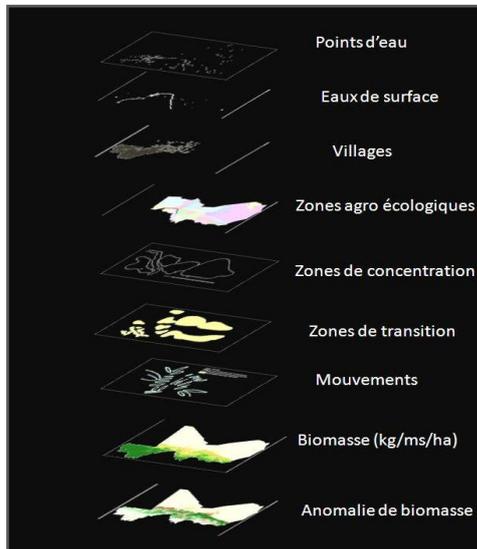


Figure 3 : Éléments du SIG Système d'Alerte Précoce

### La télédétection au service du suivi des pâturages

La télédétection à moyenne résolution représente un outil particulièrement bien adapté pour l'analyse de territoires étendus, peu peuplés et difficile d'accès. Le capteur VEGETATION embarqué sur le satellite SPOT (4 et 5), en service depuis 1998, a été conçu spécifiquement pour l'observation du couvert végétal via des acquisitions quotidiennes à une résolution spatiale d'environ 1km.

#### Sources des données

Dans le cadre de sa politique de développement durable, la Communauté Européenne met à disposition gratuitement pour les utilisateurs africains toute une série de produits dérivés des acquisitions du capteur SPOT VEGETATION, accessibles à travers le portail Internet de VGT4Africa ([www.vgt4africa.org](http://www.vgt4africa.org)). A partir des produits DMP (*Dry Matter Productivity*) décennaux extraits sur ce site, ACF-E a développé un module de

traitement automatisé permettant de calculer i) la productivité annuelle de matière sèche, ii) la moyenne interannuelle de l'ensemble des années comprises dans la série temporelle couverte par le programme SPOT, iii) les variations interannuelles de productivité de matière sèche.

#### Les produits DMP

Les DMP sont une quantification de la production de biomasse exprimée en kg de matière sèche par hectare et par jour (kgMS/ha/jour). La production de matière sèche, liée à la production primaire nette NPP (*Net Primary Production*), est estimée par l'utilisation du modèle de Monteith (1972) qui s'exprime ainsi :

$$DMP = Rg \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_c \cdot \varepsilon_b \cdot 10000$$

Où :  $Rg$  ( $J \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$ ) est le rayonnement solaire incident, issu de cartes de rayonnement.

$\varepsilon_i$  est l'efficacité d'interception du rayonnement par la végétation,

$$\varepsilon_i = fAPAR = \alpha \cdot NDVI + \beta$$

$\varepsilon_c$  est la fraction de PAR (*Photosynthetic Active Radiation*) du rayonnement solaire incident,  $\varepsilon_c \approx 0.48$

$\varepsilon_b$  ( $kgMS/J_{PAR}$ ) est l'efficacité de conversion du PAR en matière sèche, elle est fonction de la température de l'air. Suivant Veroustraete *et al.* (2002),  $\varepsilon_b$  suit une fonction cloche et présente un maximum pour 22°C pour se rapprocher de 0 pour des valeurs de températures inférieures à 0°C et supérieures à 40°C. La température est obtenue par ré-analyse des données météorologiques.

10000 est le facteur de conversion des  $m^2$  vers les hectares.

Les DMP sous forme de synthèse décennale sont disponibles sur le site de VGT4Africa quelques jours seulement après le passage du satellite.

### Méthode d'estimation de la productivité annuelle de biomasse

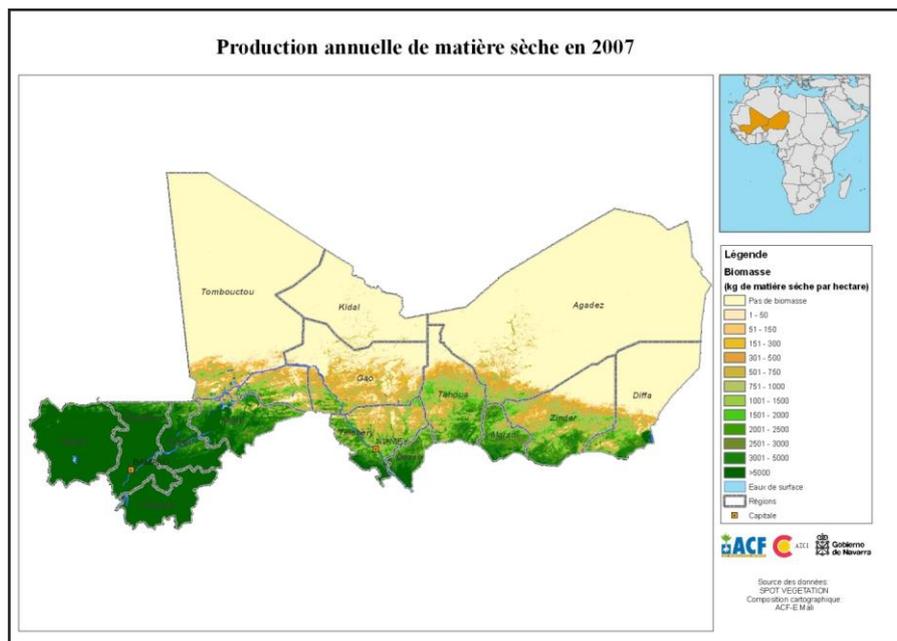
La quantité de matière sèche produite annuellement est calculée en fin d'hivernage par le cumul, pour chaque pixel, de la productivité quotidienne renseignée par les DMP décadaires. Comme la zone considérée n'est arrosée que durant l'unique saison des pluies annuelle, la végétation produite au cours de ces mois peut être considérée comme la production totale de l'année. Le résultat obtenu est la productivité totale sur l'année considérée, exprimée en kgMS/ha

Au Sahel, la saison de croissance est définie, pour chaque année, entre la première décade d'avril et la dernière

décade de mars. La période fin mars – début avril coïncide avec le maximum de la saison sèche. Les premières pluies ne sont pas encore arrivées, et les plantes ont stoppé leur activité de photosynthèse à cause d'une température trop élevée et du stress hydrique. C'est cette valeur cumulée, obtenue à la fin de la période de croissance, qui donne la production de biomasse annuelle définitive

$$Biomasse_{année} = \frac{365.25}{36} \sum_{décade=01.04.année}^{21.03.année+1} DMP_{décade}$$

Le coefficient multiplicateur exprime la durée moyenne d'une décade en jour (jour/décade)



Carte 3: Production de biomasse végétale en 2007 au Mali et au Niger

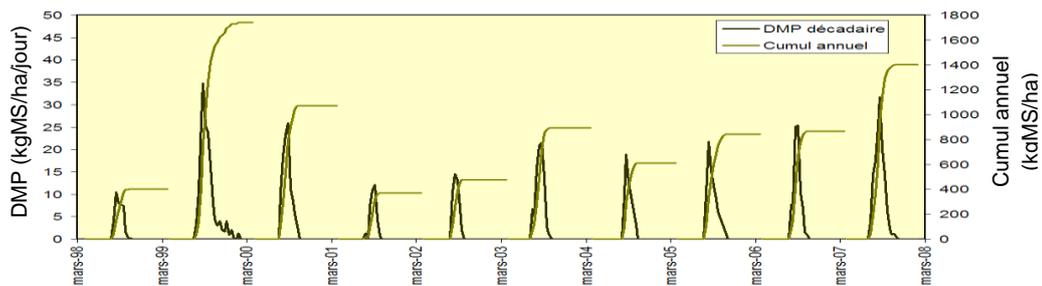


Figure 2 – Profil temporel de la productivité de matière sèche DMP, et du cumul sur la saison de croissance, pour un pixel en steppe ouverte (open grassland) (16°N : 5°E)

Au delà des simples cartes (cf carte 3), les données de biomasses ainsi calculées peuvent ensuite faire l'objet de divers post administratifs ou écologiques, calcul, des tendances et autres statistiques, calcul de la capacité de charge. (Ce dernier est calculé en considérant que seul 30% de la biomasse totale est apétable, et qu'une Unité de Bétail Tropicale (UBT) consomme 6,25 kg de matière sèche par jour). Ce type de calculs est particulièrement intéressant dans le cadre de la gestion du surpâturage, de l'implantation de points d'eau pastoraux et toute autre problématique d'aménagement de l'espace pastoral. L'utilisation de ces outils par ACF-E, bien qu'effective ne fait pas l'objet de cet article.

#### Variations interannuelles

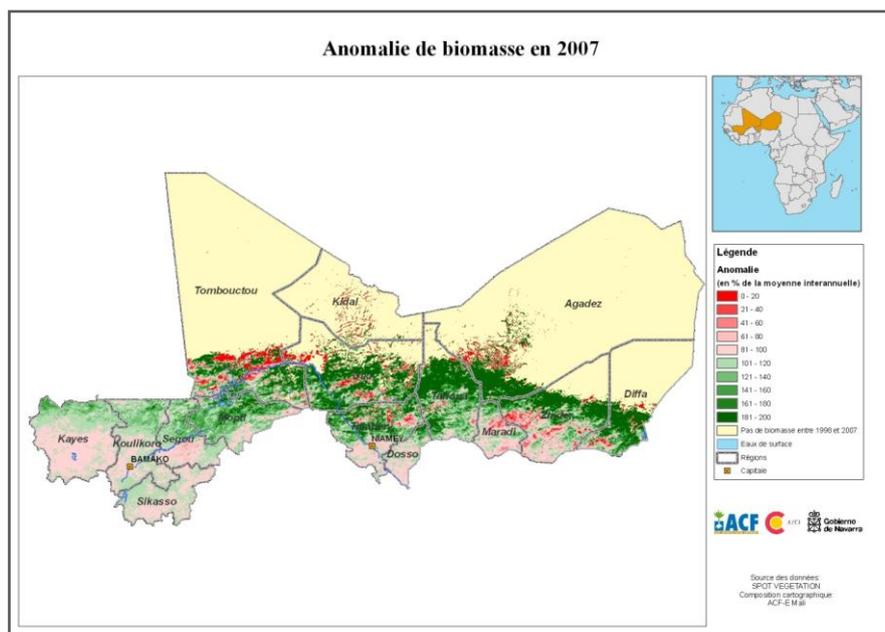
Plus que la quantité absolue de végétation exprimée en kg de matière sèche, c'est la quantité par rapport à la normale qui fournit un indicateur pertinent en termes d'alerte. En effet, les stratégies d'occupation de l'espace des pasteurs sont fondées sur la localisation des ressources en année « normale ». Ce sont donc les

traitements via les logiciels SIG ou autres tableurs et outils statistiques : calcul de la quantité totale de biomasse par entité écarts à cette situation normale qui vont pousser les éleveurs à mettre en œuvre des stratégies d'adaptation, notamment en modifiant les parcours de transhumance.

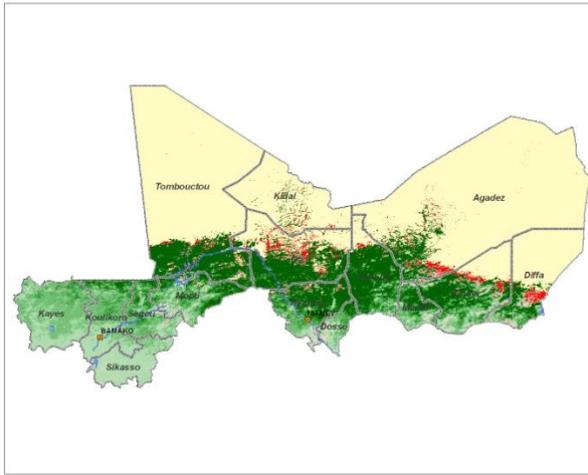
Pour parvenir à cette analyse, le module développé par ACF-E procède à la comparaison entre les cumuls annuels et l'année « normale », et exprime les résultats sous la forme d'image raster nommées « anomalies ». L'année « normale » est calculée en faisant la moyenne des cumuls annuels de 1998 à aujourd'hui. L'anomalie annuelle est calculée, pixel à pixel, comme le rapport du cumul annuel du profil DMP de l'année considérée avec celui de l'année moyenne ou année type. L'anomalie s'exprime alors en pourcentage de l'année type.

$$Anomalie_{année} = 100 \cdot \frac{\sum_{décade=01,04}^{décade\ fin} DMP_{décade}}{\sum_{décade=01,04}^{décade\ fin} DMP_{type\ décade}}$$

Où  $decade_{fin}$  correspond à la troisième décennie de mars (0321) si l'année est complète, sinon, à la dernière décennie disponible pour l'année en cours



Carte 4: Anomalies de biomasse 2007



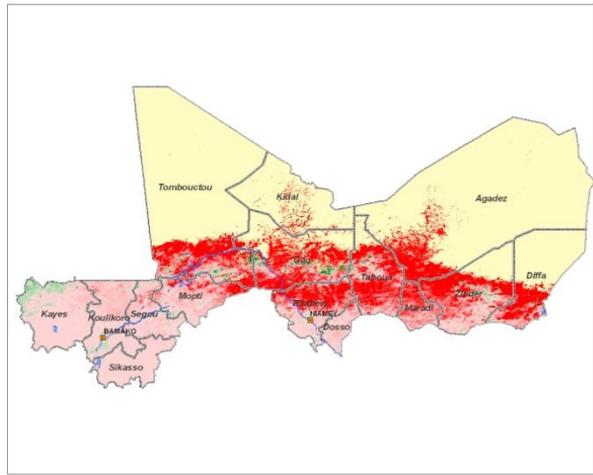
Carte 5: Anomalie de biomasse 1999

Les cartes ainsi produites permettent une bonne visualisation des zones déficitaires, de leur localisation, et de leur étendue. Elles donnent une idée relativement précise de la situation globale du pays. Les cartes 5 et 6 ci-dessus montrent la situation 1999 (maximum pluviométrique de la série temporelle 1998-2007) et 2004 (année de la crise nigérienne). Si pour 1999, on constate des anomalies positives largement répandues, l'année 2004, elle, est marquée par un déficit important sur l'ensemble des deux pays.

#### Filtrage temporel

Sachant que les capteurs des satellites sont sensibles à différents types de perturbations atmosphériques, un système de filtrage préliminaire est appliqué aux données afin d'en éliminer les valeurs erronées. Le DMP est étroitement lié au NDVI, qui est lui-même très sensible aux perturbations. Pour cela, la méthodologie utilisée intègre une chaîne de 4 filtres temporels :

- Un filtre passe-bas est appliqué aux valeurs de NDVI sur une fenêtre glissante de 9 décades afin d'éliminer les variations brusques et isolées du NDVI, synonymes d'interférence.



Carte 6: Anomalie de biomasse 2004

- Un filtre *low* appliqué sur les valeurs de DMP pour éliminer les productions insignifiantes.
- Un filtre BISE (*Best Index Slope Extraction*) (Voivy et al., 1992), qui interdit toute chute rapide du NDVI supérieure à 28% synonyme de présence de nuages résiduels.
- Tous les pixels donnés nuageux, ombrageux ou invalides par le champ SM (*Status Map*), qui accompagne les fichiers NDVI de VGT4Africa.

À l'issue de cette chaîne de filtres, tous les pixels jugés erronés voient leur valeur initiale de DMP remplacée par une interpolation temporelle entre la valeur du même pixel au cours de la décade précédente et celle de la décade suivante.

Les avantages de cette nouvelle méthode par rapport à l'ancienne résident dans le fait que les données DMP de VGT4Africa sont disponibles plus rapidement, que les données reçues sont déjà exprimées en quantités absolues (kg/ms/hectare); que l'outil est entièrement automatisé, évitant donc de devoir procéder à des traitements longs et fastidieux, que la résolution spatiale est plus fine (1km), et enfin qu'une

série de filtres temporels sont appliqués aux résultats pour en affiner l'exactitude.

#### *Validation des résultats*

Les résultats obtenus par les méthodologies décrites ci-dessus ont été comparés aux résultats de mesure de biomasse *in situ*. Ces comparaisons ont été faites à partir de deux campagnes de mesures effectuées de manière indépendante par le Ministère des Ressources Animales du Niger, et par le CESBIO

La comparaison des mesures *in situ* de quantité de biomasse avec les estimations satellitaires montre une bonne corrélation :  $R^2=0.61$  et avec une erreur quadratique moyenne  $RMSE=387$  kgMS/ha sur l'ensemble des 120 points de mesures. Certains points ont été écartés des comparaisons, soit car la valeur mesurée semblait aberrante, soit car le point présentait une situation géographique trop hétérogène associée à une forte différence entre les valeurs mesurée et estimée. L'année 1999 de la campagne de mesures CESBIO donne des résultats très décevants :  $R^2=0.06$ ,  $RMSE=1329$  kgMS/ha. Si cette année était particulièrement pluvieuse, avec des productivités de matière sèche très supérieures à la normale, rien n'explique cette hétérogénéité entre les mesures et les estimations.

Ces comparaisons permettent de s'assurer, que sur ces gammes de quantité de biomasse (0-2500 kgMS/ha) et sur ces types de surface (steppes, steppes éparées), la méthode de cumul des DMP donne des estimations fiables et précises. Les résultats de nouvelles mesures *in situ* du CESBIO sont attendus pour le mois de juin et permettront de procéder à de nouveaux tests de validation

#### **Evaluer, comprendre et cartographier les mouvements des populations.**

L'observation de la répartition spatiotemporelle des ressources naturelles

disponibles est certes fondamentale, mais pas suffisante pour une analyse fine des risques en région pastorale. Ces observations doivent impérativement être mises en perspective avec la connaissance du mode d'utilisation de l'espace par les populations. En effet, un déficit annuel important de biomasse dans une zone jamais pâturée n'aura pas le même impact qu'un déficit même plus léger dans des zones traditionnelles de concentrations. A cela il faut ajouter le fait que les groupes sociaux ont recours à différentes stratégies d'occupation de l'espace. Ainsi, dans la région de Kidal, les populations opèrent des mouvements circulaires alors que dans la région de Gao, les mouvements sont orientés Nord-Sud. La connaissance de ces différentes réalités permet de mettre en perspective la disponibilité fourragère avec l'occupation de l'espace des populations, et donc d'affiner l'analyse de la vulnérabilité et des risques. La compréhension de l'impact des variations de pluviométrie et de végétation passe donc par la connaissance des ces différentes zones, de leur réalités sociogéographiques et de leur complémentarité. Un système d'alerte précoce en zone pastorale doit donc se situer aux confluent des résultats de l'observation par satellite de la production annuelle de biomasse et de la connaissance du terrain comme des peuples qui l'occupent.

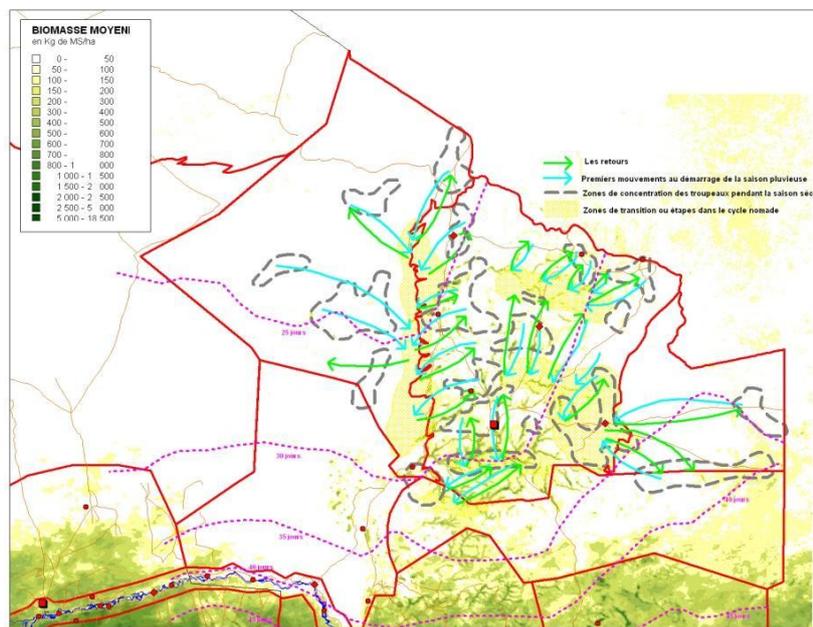
Concrètement, le premier travail consiste à identifier et à délimiter les zones agro écologiques. Suite à de longues années de travail dans région du Nord Mali, ACF-E jouit aujourd'hui d'une certaine connaissance de la zone, de ses réalités sociales et géographiques. C'est dans la perspective d'intégrer cette expertise dans le SIG qu'un premier travail de cartographie des grandes zones agro-écologiques a été effectué. Ces zones sont délimitées selon des critères géographiques (géologie, hydrologie, présence de pâturages) et humains (systèmes sociaux, mode de transhumance).

Au sein de ces différentes zones, l'objectif suivant est de parvenir à comprendre, localiser et cartographier le système de transhumance. Les éléments clés de ces systèmes qui font l'objet des recherches menées par ACF sont les zones de concentrations au cours des différentes périodes de l'année, les zones de transition et les grands axes de mouvement.

L'acquisition de ces informations se fait à travers la bibliographie, les études de

terrain, et le recours à des personnes ressources (services techniques de l'état, projet de développement des zones pastorales, associations de pasteurs, etc.)

A ce jour, ces informations sont disponibles pour la région de Gao, de Kidal (carte 7) et sont en cours de traitement pour la région de Kayes. L'objectif consiste désormais à étendre ces informations sur le reste de la zone pastorale du Mali et du Niger



Carte 7: Carte des mouvements dans la région de Kidal

### Axes des partenariats et stratégie d'action

Actuellement, le travail d'ACF-E dans le domaine de l'alerte précoce et de la prévention des risques dans les zones pastorales se déploie autour de deux axes principaux : d'une part celui de la recherche, avec pour objectif l'amélioration des méthodologies de télédétection et de la connaissance des systèmes pastoraux ; d'autre part celui du transfert de cette expertise vers les services nationaux du Mali et du Niger en charge de l'alerte. Du fait de son statut d'ONG, ACF-E n'a pas vocation à

une présence sur le long terme, c'est pourquoi il semble important que l'expertise en matière d'alerte soit transférée au niveau des pays

En termes de recherche, les liens sont maintenus avec le CESBIO, et sont développés avec les instituts de recherches régionaux, tels que le Centre Régional AGRHYMET, et les centres de recherches nationaux, tels que l'Institut d'Economie Rurale du Mali et l'Institut National de recherche en Agronomie du Niger. La volonté d'ACF-E est de participer à la

promotion d'une synergie entre les différents instituts de recherches nationaux et internationaux, afin que le relai puisse être assuré pour le développement futur et la mise à jour des outils de télédétection.

En termes de transfert de compétences, les bénéficiaires identifiés sont en priorité les Systèmes d'Alerte Précoce (SAP) des deux pays, ainsi que Système d'Information sur les Marchés à bétail du Niger (SIMb). C'est dans ce sens qu'un appui en matériel, accompagné d'ateliers de formation aux SIG et à la télédétection sont organisés par ACF-E, et suivis d'appui technique régulier auprès des structures.

Dans un premier temps, le transfert de compétence est principalement orienté vers l'alerte précoce. Néanmoins, ces compétences peuvent être mises au service d'autres problématiques, notamment celle de l'aménagement du territoire. C'est dans cette perspective que des acteurs tels que le Projet de Développement de l'Élevage au Sahel Occidental (PRODESO) et la Direction Nationale des Production Industrielles et Animales (DNPIA) sont associés aux différentes formations et bénéficiaires d'appuis ponctuels.

Enfin, l'ensemble des activités menées dans le cadre de l'alerte précoce sont partagées et capitalisées au niveau des initiatives et projets sous-régionaux qui opèrent dans le domaine, notamment le cadre harmonisé du Comité Inter Etat de Lutte Contre la Sécheresse au Sahel (CILSS), et le Système d'Information sur le Pastoralisme au Sahel (SIPSA). Par le biais de ces plateformes transnationales, l'objectif est la diffusion à plus grande échelle des méthodologies et des produits d'informations.

## **Conclusion**

Le suivi de la biomasse par télédétection couplé à la cartographie de l'occupation de l'espace fournit aux décideurs un outil simple et efficace pour le suivi du risque en zone pastorale, palliant ainsi à la principale lacune de leur système d'alerte précoce : l'absence

de prise en compte des spécificités de l'espace pastoral.

Un effort tout particulier a été mis sur le transfert de compétence vers les structures et institutions nationales, avec notamment le don de matériel informatique et de logiciels, et les formations dispensées aux agents techniques et aux cadres. Enfin, l'organisation d'ateliers techniques rassemblant les partenaires des deux pays a permis de mettre les acteurs en contact autour de la thématique de la vulnérabilité pastorale.

A ce jour, les outils de suivi de végétation et l'expertise qu'ils nécessitent sont disponibles au niveau des services nationaux ainsi qu'au niveau régional via le centre régional AGRHYMET ou encore le SIPSA. Ils font désormais partie intégrante du dispositif d'alerte du SAP du Mali, du SIMb et du SIPSA qui ont intégrés dans leurs rapports et bulletins de nombreux produits d'informations basés sur ces technologies.

Dans le cadre d'un programme de trois ans financé par l'Agence Espagnole de Coopération Internationale et le Gobierno de Navarra, ACF-E continue à travailler sur le transfert de compétences, tout en intervenant simultanément sur l'amélioration de la communication (site internet, bulletins mensuels, etc). Des axes d'amélioration du système d'alerte ont été identifiés et font l'objet de nouvelles recherches (suivi par télédétection de la déprédation de la biomasse au cours de la saison sèche et de l'évolution des eaux de surface, amélioration de la cartographie sociale de la zone).

Néanmoins, ces pistes d'amélioration ne doivent pas masquer l'essentiel : le système est d'ores et déjà opérationnel et a fait ses preuves en 2004. Convaincu de l'efficacité de ces outils et de l'utilité pour les gouvernements sahéliens d'en disposer, ACF-E travaille désormais à étendre le module de traitement des données SPOT aux pays voisins, la Mauritanie en priorité.

## REFERENCES

- Baxter P. T. W., 1994, Pastoralists are People: Why Development for Pastoralists not the Development of Pastoralism?, The Rural Extension Bulletin, N° 4
- Brown S., 1997, Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper 134, <http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm#Contents>
- CIRAD & Agrhymet, 2005, Après la famine au Niger... Quelles actions de lutte et de recherché contre l'insécurité alimentaire au Sahel ? Dossier de presser 1er décembre 2005
- Fillol E., Métais T. et Gomez A., 2008, « Estimation de la quantité de biomasse sur la zone Sahélienne Mali-Niger par télédétection pour l'aide à la gestion de l'activité pastorale », Space Application Congress, Toulouse, avril 2008
- Global Land Cover, GLC2000, <http://www-gvm.jrc.it/glc2000/>
- Janicot S., S. Trzaska & I. Pocard, 2001: Summer Sahel-ENSO teleconnection and decadal time scale TSM variations. Climate Dynamics
- Lebel T, L. Descroix, E. Mougin et C. Peugeot, 2004, ORE CATCH-AMMA : Variabilité Climatique et Impact Hydrologique en Afrique le l'Ouest. Atelier Expérimentation et Instrumentation. Paris / CNRS. 23-24 mars 2004
- Manuel de l'utilisation VGT4Africa, première édition, 2006, [http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA\\_manuel\\_utilisateur.pdf](http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA_manuel_utilisateur.pdf)
- Metais T., 2004, Présentation de la méthodologie et des résultats de l'outil cartographique mis en place par Action Contre la Faim au Mali. Action Contre la Faim, Bamako, 2004
- Monteith J.L., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. J. Applied Ecology, 19:747-766.
- Myneni R. et Williams D., 1994. On the relationship between fAPAR and NDVI.

Remote Sensing of Environment, 19:200-211.

NOAA, 2007, Multivariate ENSO Index, <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>

Portier T, 2003. Evaluation de l'apport de la télédétection spatiale pour le suivi des zones pastorales Nord Sahéliennes, rapport de DESS, Science de l'info géoréférencée pour la maîtrise de l'environnement et la gestion du territoire, Université Toulouse le Mirail.

SIPSA, 2005, Mise en Œuvre d'un système d'information sur le pastoralisme au Sahel, Note introductive préparée par l'Initiative Elevage, Environnement et Développement (LEAD) et le Groupement d'Intérêt Scientifique Pôle Pastoral Zones Sèches (PPZS)

Veroustraete F., Sabbe H. et Eerens H., 2002. Estimation of carbon mass fluxes over Europe using the C-Fix model and Euroflux data. Remote Sensing of Environment 83 (2002) 376-399