

# Evaluación de riesgos asociados a las variaciones espacio-temporales de la pluviometría en el Sahel

**Joan Bastide**  
**Erwann Fillo**  
**Thierry Métais**

Acción Contra el Hambre - España

En las vastas zonas pastoriles de Níger y Mali, caracterizadas por un déficit crónico de agua, las actividades ganaderas son extremadamente vulnerables a las variaciones en las precipitaciones. La supervivencia del ganado está íntimamente ligada a la disponibilidad de agua y a los recursos de forraje (pastos). Desde 1990, Acción Contra el Hambre de España (ACH-E) trabaja sobre un sistema de información geográfica en el que se integran los recursos hídricos, los movimientos de la población y la repartición espacial y cuantitativa de los pastos, con el objetivo de proporcionar una herramienta de ayuda para la gestión de las actividades pastoriles, y de identificación, localización y prevención de riesgos en las crisis alimentarias. La teledetección a media resolución representa una herramienta rápida y poco costosa, disponible para todos los territorios para la estimación de la cantidad de biomasa producida a finales de invierno. Estas herramientas de alerta fueron exitosas durante la crisis alimentaria del 2004-2005, pero el reto a partir de ahora es adjudicarlos a los sistemas de monitoreo de los países afectados.

**Palabras clave:** Sistemas de Información Geográfica (SIG), Trashumancia, Sahel.

En les grans zones de pastura de Níger i Mali, caracteritzades per un déficit crònic d'aigua, les activitats ramaderes són extremadament vulnerables a les variacions de les precipitacions. La supervivència dels ramats està íntimament lligada a la disponibilitat d'aigua i als recursos de pastura. Des de 1990, Acció Contra la Fam d'Espanya (ACF-E) treballa en un sistema d'informació geogràfica en el que s'integren els recursos hídrics, els moviments de la població i la repartició espacial i quantitativa de les pastures, amb l'objectiu de proporcionar una eina d'ajuda per a la gestió de les activitats de pasturatge, i d'identificació, localització i prevenció dels riscos de crisis alimentàries. La teledetecció a mitjana resolució representa una eina ràpida i poc costosa, disponible per a tots els territoris per a la estimació de la quantitat de biomassa produïda a finals d'hivern. Aquestes eines d'alerta van ser un èxit durant la crisi alimentària del 2004-2005, però el repte a partir d'ara és transferir aquests sistemes de seguiment als països afectats.

**Paraules Clau:** Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), Transhumància, Sahel.

In the big grazing zones of Niger and Mali, characterized by a chronic water deficit, the cattle farming activities are extremely vulnerable to the rainfall variations. The cattle survival is closely linked to water provision and to fodder resources. Since 1990, Action Against Hunger from Spain (AAH-E) works in a Geographical Information System that integrates water resources, population movement and the spatial and quantitative distribution of pastures, with the aim of provide a useful tool for the pasturing management, and identification, localization and prevention of food crisis risks. The remote sensing in middle resolution represents a quick and cheap tool, available for all territories for the estimation of biomass quantity produced at winter end. These alert tools have been successful during the food crisis of 2004-2005, but the challenge by now is to transfer these tracking systems to the affected countries.

**Key words:** Geographic Information Systems (GIS), Seasonal Migration, Sahel.

# Introducción

La actividad pastoril en Mali y Níger, fuertemente dependiente de la disponibilidad de agua y forraje para la ganadería, reposa sobre un equilibrio ecológico frágil y particularmente vulnerable a las variaciones en las precipitaciones. En el contexto saheliano, donde Acción Contra el Hambre-España (ACH-E) está presente desde 1996, el conocimiento de los recursos naturales disponibles a lo largo del año para los ganaderos, se reviste de un interés superior. El régimen anual de las precipitaciones se caracteriza por una sola estación de lluvias, llamada comúnmente: “monzón de África del Oeste”, que representa el único aporte de agua en todo el año, y que de hecho juega un rol muy importante, tanto para los sistemas de producción agrícolas como para los pastoriles. Por otro lado, las limitaciones relacionadas a la escasez crónica de agua se acentúan debido a una importante variación espacio-temporal de las precipitaciones, cuyos efectos pueden ser dramáticos para las poblaciones ganaderas y sus reses. Tal fue el caso de los tristemente célebres episodios sucesivos de las grandes sequías de 1973, 1984, y más recientemente la crisis alimentaria que afectó a Níger entre los

años 2004 y 2005. Tomando en cuenta la inmensidad de los territorios en cuestión, los sistemas de monitoreo en estos países se enfrentan a grandes dificultades para llevar a cabo una observación sistemática y continua de los factores de riesgo específicos de esa zona.

Basándose en las conclusiones sobre la fragilidad del equilibrio de la zona y en el impacto sobre la vulnerabilidad de la población, debido a las variaciones espacio-temporales de las precipitaciones, desde 1999, ACH-E ha tratado de desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) para proporcionar: en primer lugar, una herramienta que pueda ayudar a la organización y gestión de espacios de pastoreo; y en segundo lugar, proporcionar una metodología para la prevención de las crisis alimentarias. La teledetección a mediana resolución se ha convertido en una herramienta particularmente rápida, poco costosa y eficaz para la supervisión de la producción de vegetación a finales del invierno. En tiempo casi real, ésta permite localizar las zonas susceptibles que experimentan dificultades durante la estación seca.

## Contexto geográfico

Debido a su contexto geográfico, climático y social, la zona de pastoreo de Mali y Níger presenta características, tanto humanas como naturales, que la vuelven un espacio singular, y para el cual conviene comprender bien su funcionamiento, de manera que se puedan crear indicadores de análisis de riesgos y de alerta precoz que reflejen adecuadamente la realidad.

### Régimen pluviométrico: El monzón de África del Oeste

La zona pastoril de Mali y Níger se sitúa al Norte de la isohieta de 400 mm (figura 1). Al Sur se extienden las regiones agro-pastoriles; y al Norte, los espacios desérticos casi inhabitados, con excepción de algunos grupos nómadas. En ésta, la disponibilidad de agua representa el principal fac-

Figura 1  
Zona pastoril de Mali y Níger



tor limitante en términos de modo de vida en general, y de producción de vegetación en particular.

Debido a que el potencial agrícola es muy débil, la ganadería extensiva, oportunista y trashumante es el principal medio de subsistencia de las poblaciones. A la sequía crónica del medio, se añade una fuerte variabilidad espacio-temporal,

característica del régimen de lluvias del Sahel. Las precipitaciones pueden variar mucho de un año a otro (figura 2). La producción de materia vegetal –por tanto, de forraje– se encuentra directamente en función de las precipitaciones, y las poblaciones se ven obligadas a moverse a merced de las lluvias y los cuerpos de agua para alimentar a su ganado.

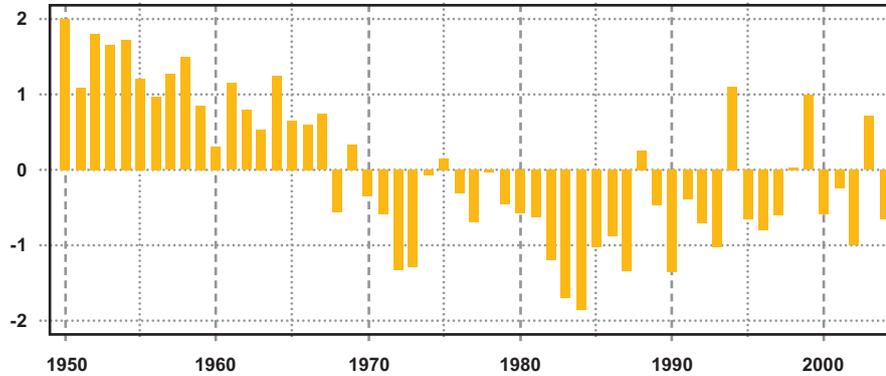


Figura 2  
Índice de pluviometría

## Población

En gran parte, la zona está habitada por poblaciones nómadas o trashumantes, cuyo principal sostén de vida es la ganadería de vacas, ovejas, cabras y camellos. Como fue mencionado anteriormente, el espacio tiene un fuerte limitante, por lo que las poblaciones se desplazan al ritmo de las estaciones del año, en función de dos parámetros principales que influyen en su vulnerabilidad: la disponibilidad de agua, y de pastos. La ruta anual de desplazamiento comprende: las zonas de pastura en la estación seca, las de pastura en invierno y las zonas de transición. A diferencia de las poblaciones puramente nómadas, los grupos de pastores trashumantes observan una cierta regularidad interanual en sus rutas y su ocupación del espacio, incluso aunque se han observado modificaciones muy profundas desde los episodios de las grandes sequías y la

aparición de conflictos políticos en la región. Sin embargo, esta regularidad comprende una cierta flexibilidad requerida por la misma naturaleza del medio y el carácter aleatorio de la repartición de las lluvias. Al momento de episodios excepcionales (grandes sequías), la relativa regularidad de las rutas puede sufrir fracturas y hacer que la gente se aleje de sus regiones tradicionales de pastoreo.

Por una parte, se puede deducir de las observaciones la extrema dependencia de los pastores hacia los recursos hídricos y campos de forraje; y por otra, la importancia del conocimiento del espacio en una perspectiva de análisis y de localización de los riesgos de crisis alimentaria y alerta precoz.

## Dispositivos nacionales de seguimiento y alerta

Las sucesivas crisis alimentarias han llevado al conjunto de países sahelianos a poner en práctica un Sistema de Alerta Precoz (SAP); tecnología encargada de recopilar, centralizar y analizar la información acerca de la seguridad alimentaria. Ahora bien, si generalmente los SAP disponen de indicadores de seguimiento relativamente fiables de las zonas agrícolas, y pueden anticipar eventuales problemas ligados a los resultados de la campaña, se enfrentan a más dificultades para la vigilancia de las zonas de pastoreo, por el hecho de contar con un vasto territorio, de baja densidad demográfica, difícil

acceso y donde se desenvuelven complejos sistemas sociales. Los SIG ligados a la teledetección han sido identificados por ACH-E, en la perspectiva de la mejora de las metodologías de vigilancia de las zonas de pastoreo, como una herramienta privilegiada de análisis; ésto, debido al hecho de que los datos satelitales permiten un seguimiento económicamente asequible, y en tiempo casi real, de la evolución de los pastos. Partiendo de estos hechos, el reto es doble: por un lado, desarrollar las herramientas apropiadas; y del otro, transferirlas a las estructuras nacionales responsables de la alerta.

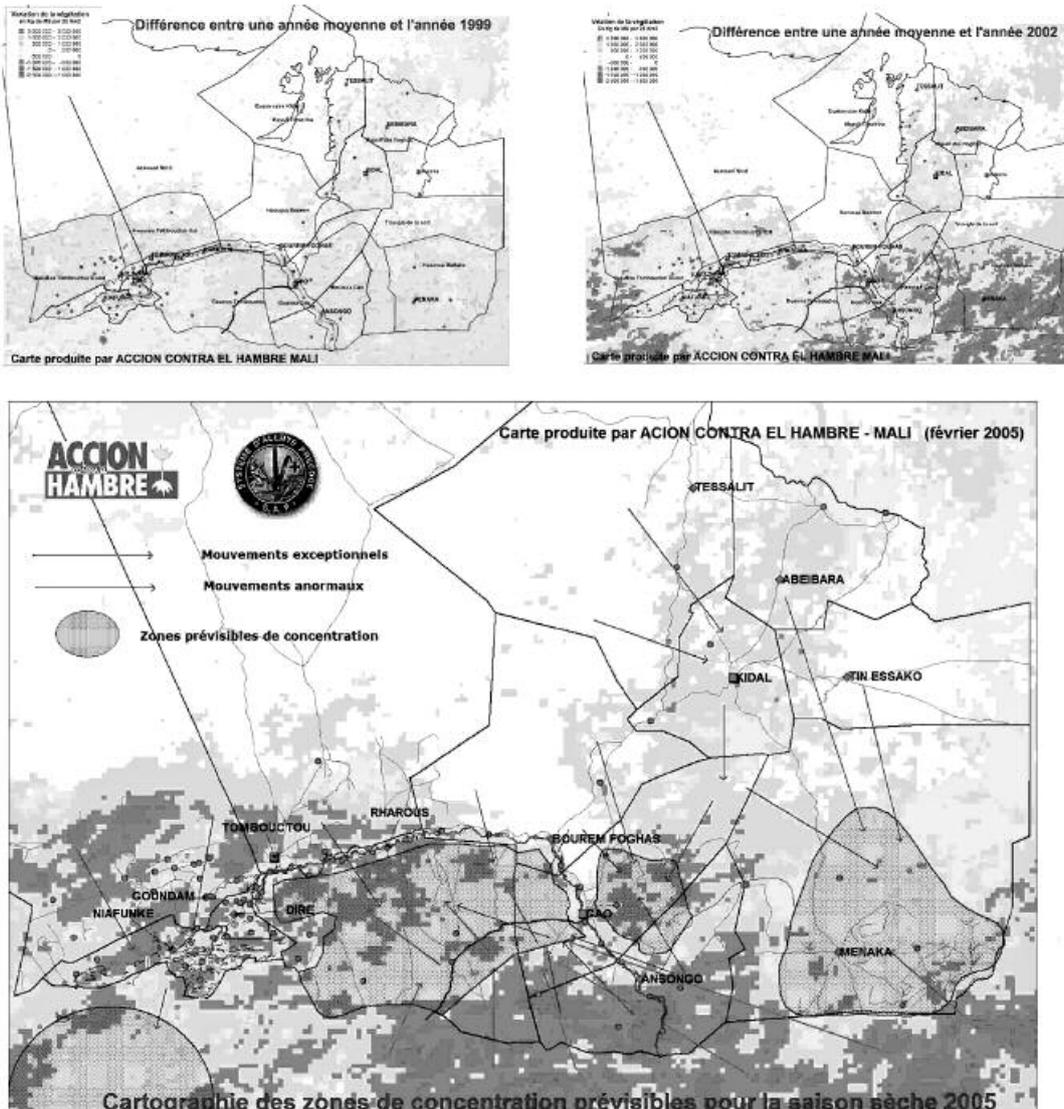
# Hacia un sistema de alerta precoz para las regiones de pastoreo

## Desarrollo de las herramientas

Desde 1999, e interviniendo de forma exclusiva en las zonas de pastoreo de Mali, ACH-E se ha enfocado en explorar las posibilidades que ofrecen las herramientas informáticas en la ayuda para la toma de decisiones en la gestión de los espacios de pastoreo. Fue así como un SIG fue puesto en funcionamiento por la Dirección Nacional de Hidráulica de las regiones del Norte de Mali a través de un programa de cuatro años, financiado por la Unión Europea. Esta herramienta permite, entre otras cosas, localizar los puntos de agua, proceder a los análisis de cobertura de agua potable y acceder a numerosas cartografías automatizadas. Rápidamente, se impuso la necesidad de integrar en estos datos una capa de información sobre la localización de los pastos, elemento clave de los sistemas de vida local y del equilibrio pastoril.

Fue así como las primeras investigaciones se desarrollaron en colaboración con el Centro de Estudios Espaciales de la Biósfera (CESBIO, por sus siglas en francés), con el objetivo de identificar los métodos de localización de los pastos por medio de imágenes de satélite. Este trabajo ha llevado a un primer método basado en la aplicación del modelo de Monteith con los datos del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés) del sensor SPOT VEGETATION. Este método, realizado con el programa ENVI, permite obtener una estimación cuantitativa de la productividad anual de la biomasa vegetal expresada en kg de materia seca por hectárea. Con el objetivo de localizar las principales áreas de pasto, se calculó un año medio con base en el conjunto de datos anuales disponibles.

Figura 3  
Tomado del informe sobre la situación pastoril, febrero 2005



Posteriormente, cuando los análisis anuales de vegetación fueron realizados a finales del invierno del 2004, se descubrió un gran déficit neto de producción vegetal en gran parte de la zona considerada, en particular en la zona tradicional de concentración (figura 3). Este inquietante hecho llevó rápidamente a una misión de verificación *in situ* para validar los resultados y constatar la envergadura del problema. Seguidamente, se realizó un informe de la situación pastoril, firmado por el Sistema de Alerta Precoz y el Comisariato para la Seguridad Alimentaria de Mali, que permitió la identificación de los riesgos y la implicación de la comunidad internacional.

Después de este episodio, ACH-E tomó conciencia del potencial de alerta precoz con que contaban estas herramientas —originalmente desarrolladas para la planificación—, y a partir de entonces, fueron buscados nuevos financiadores para continuar con su desarrollo, y el de la trans-

ferencia a los dispositivos nacionales que tuvieran el mismo fin.

### Los elementos de un sistema de alerta precoz

Tal y como hemos mencionado, con el fin de contar con un sistema de alerta precoz operacional para estas zonas desatendidas por las estructuras responsables, se hace necesario tomar en cuenta su especificidad, sobre todo en términos de vulnerabilidad de la población. Al menos tres categorías de información son necesarias: los recursos de forraje, los recursos de agua (uadis o cauces secos, mares, pozos y perforaciones) y los hábitos de movimiento de la población.

Concretamente, la puesta en funcionamiento de semejante sistema reposa en la capacidad para localizar y cuantificar la disponibilidad de forraje a través de imágenes satelitales, ubicar los puntos de agua y cartografiar los movimientos de la población.

Figura 4  
Análisis de riesgos en regiones pastoriles

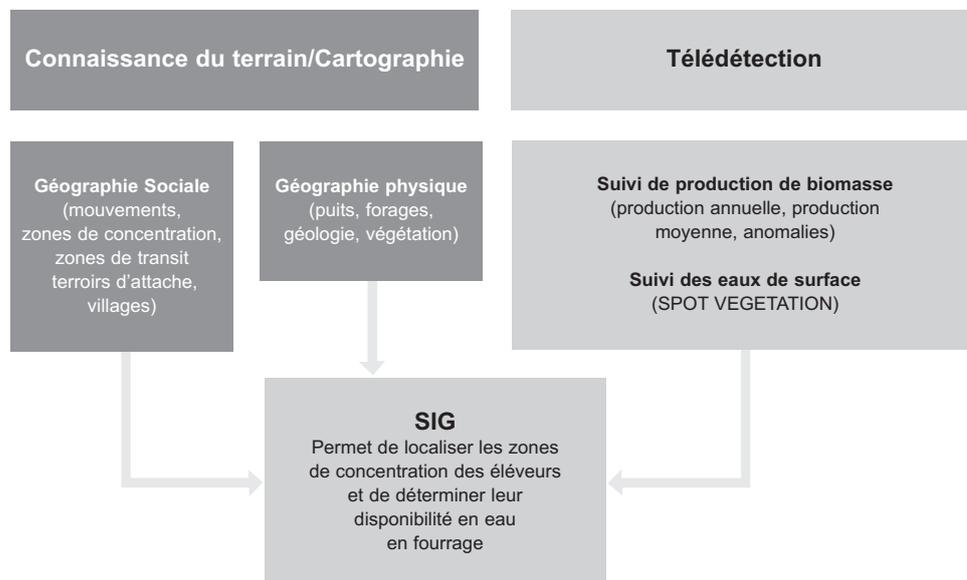
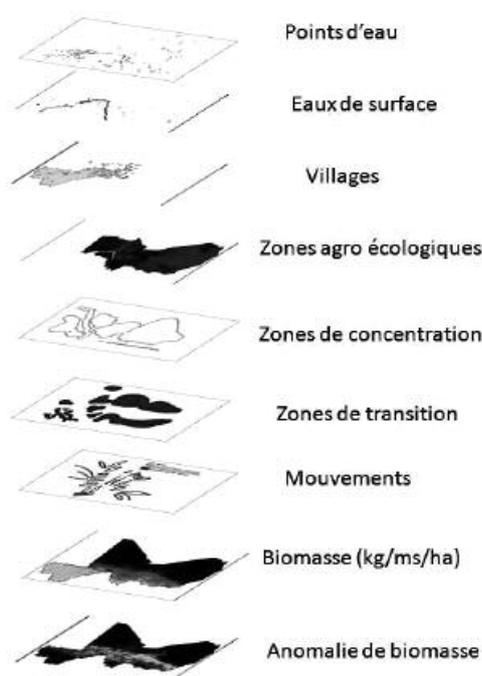


Figura 5  
Elementos del SIG  
del Sistema de Alerta  
Precoz

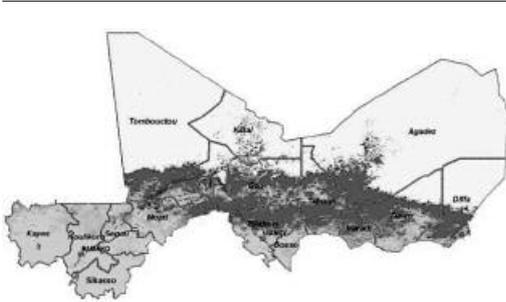


# La teledetección al servicio del seguimiento del pasto

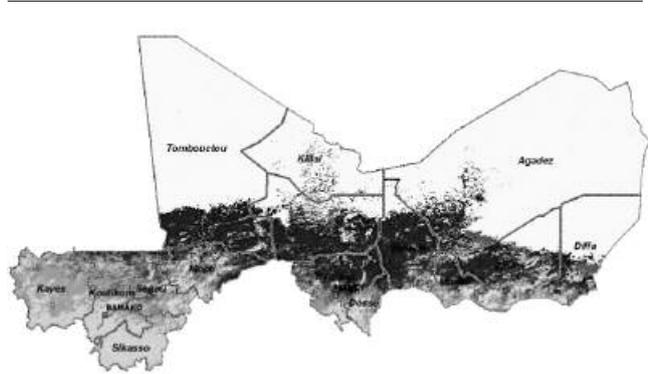
La teledetección a resolución media, representa una herramienta particularmente bien adaptada para el análisis de los territorios extensos, poco poblados y de difícil acceso. El sensor VEGETATION montado en el satélite SPOT (figu-

ras 6, 7 y 8), en servicio desde 1998, ha sido concebido específicamente para la observación de la cobertura vegetal a través de la adquisición cotidiana a una resolución espacial de aproximadamente 1 km.

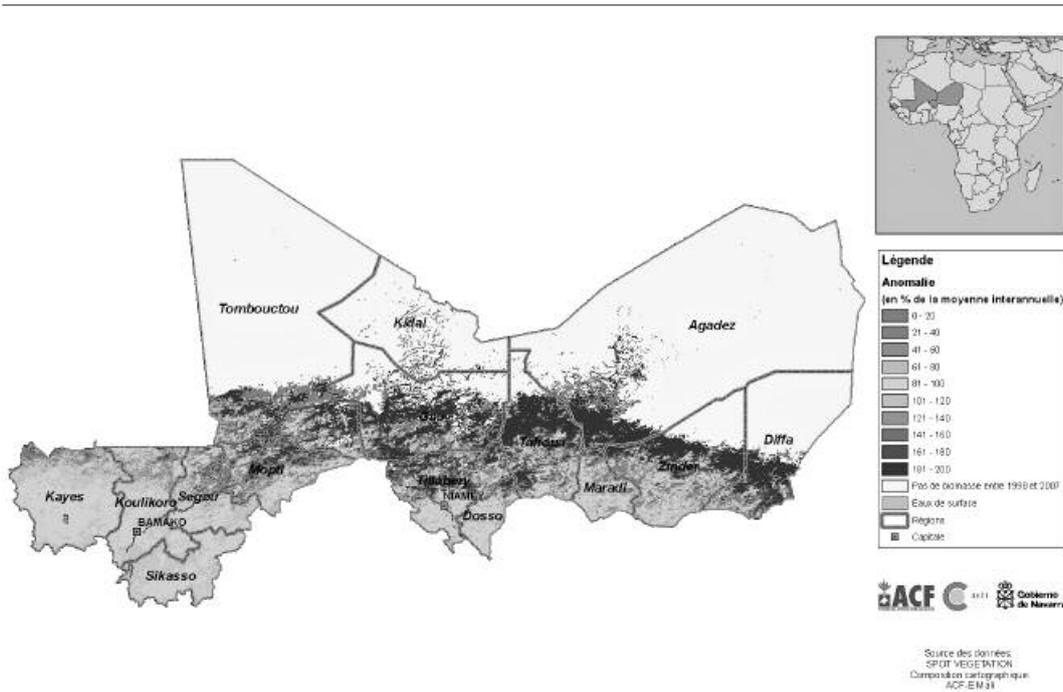
**Figura 6**  
Anomalías de biomasa en 1999



**Figura 7**  
Anomalías de biomasa en 2004



**Figura 8**  
Anomalías de biomasa en 2007



## Fuentes de datos

Dentro del marco de su política de desarrollo sostenible, la Comisión Europea pone a disposición gratuita para los usuarios africanos toda una serie de productos derivados de las capturas del sensor SPOT VEGETATION, accesibles a través del portal web de VGT4Africa ([www.vgt4africa.org](http://www.vgt4africa.org)). En él, se encuentran disponibles, en concreto, los datos de Productividad de Materia

Seca (DMP, por sus siglas en inglés) sintetizados cada diez días. A partir de la información de DMP, ACH-E ha desarrollado un modelo de tratamiento automatizado que permite calcular: la productividad anual de materia seca, la media interanual del conjunto de años comprendidos en la serie temporal cubierta por el programa SPOT, y las variaciones anuales de productividad de materia seca.

## Los productos de DMP

La productividad de materia seca es una cuantificación de la productividad de biomasa expresada en kg de materia seca por hectárea y por día (kgMS/ha/día). Ésta, ligada a la Productividad Primaria Neta (NPP, por sus siglas en inglés), se estima por la utilización del modelo de Monteith (1972) que se expresa de la siguiente manera:

$$DMP = Rg \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_c \cdot \varepsilon_b \cdot 10.000$$

Donde:

$Rg$  ( $J \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$ ) es la radiación solar incidente, sacada de los mapas de radiación.

$\varepsilon_i$  es la eficiencia de intercepción de la radiación por la vegetación,

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

$\varepsilon_c$  es la fracción de PAR (Photosynthetic Active Radiation) de la radiación solar incidente,  $\varepsilon_c \approx 0,48$ .

$\varepsilon_b$  ( $kgMS / J_{PAR}$ ) es la eficiencia de conversión del PAR en materia seca, que va en función de la temperatura del aire.

A menudo, Veroustraete *et al.* (2002)  $\varepsilon_b$  sigue una función de campana, que presenta un máximo en los 22°C y se acerca a cero para valores de temperatura inferiores a 0°C y superiores a 40°C. La temperatura de obtiene por re-análisis de los datos meteorológicos.

10.000 es el factor de conversión de los metros cuadrados a hectáreas.

## Método de estimación

### de la productividad anual de biomasa

La cantidad de materia seca producida anualmente es calculada al final del invierno por acumulación —en cada píxel—, de la productividad cotidiana mostrada por la década de la DMP —el conjunto de diez días—. Como la zona considerada no recibe agua sino durante la estación de lluvias, la vegetación producida durante esos meses puede ser considerada como la producción total anual. El resultado obtenido es la productividad total del año considerado, expresada en kgMS/ha.

En el Sahel, la estación de crecimiento está definida anualmente entre la primera década de abril y la última de marzo, periodo que coincide con el máximo de la estación seca. Cuando las primeras lluvias aún no han llegado, y las plantas han paralizado su actividad de fotosíntesis a causa de las altas temperaturas y el estrés hídrico, se obtiene un valor acumulado —obtenido en el final del periodo de crecimiento— que da la productividad de biomasa anual definitiva.

$$Biomasa_{anual} = \frac{365,25}{36} \sum_{década=01,04,anual}^{21,03,anual+1} DMP_{década}$$

El coeficiente multiplicador expresa la duración media de una década por día (día/década).

Figura 9  
Producción de biomasa vegetal en el 2007 en Mali y Níger

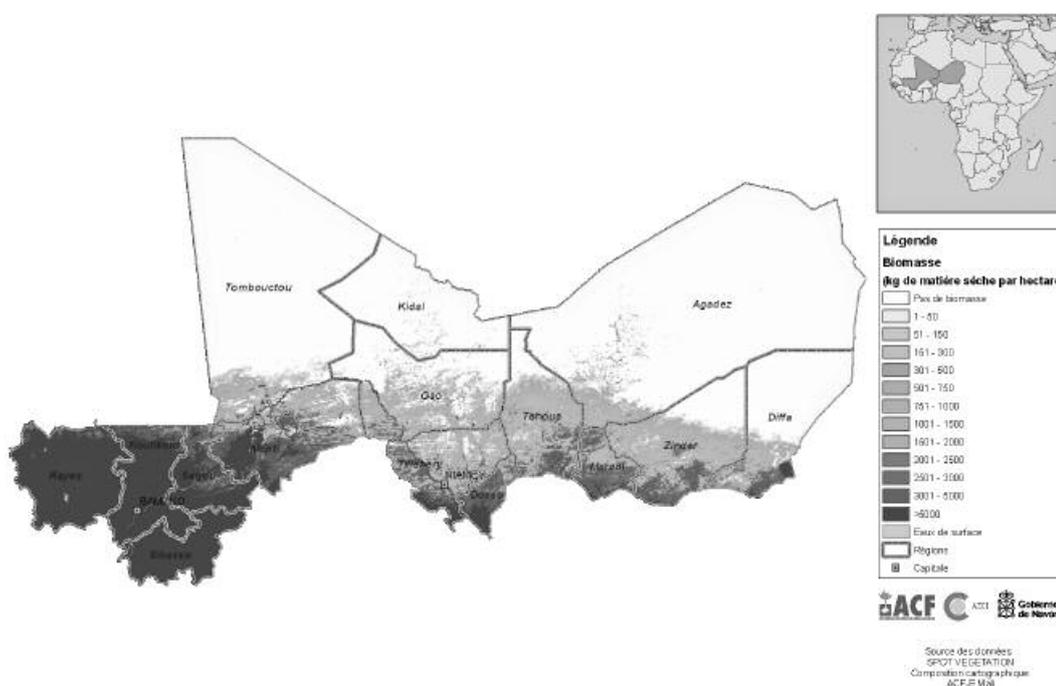
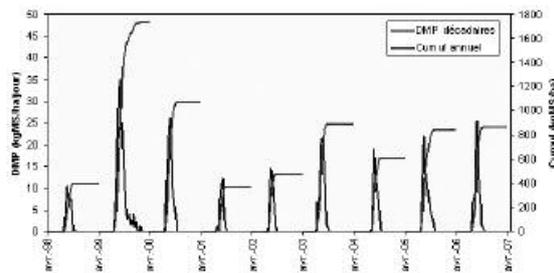


Figura 10

Perfil temporal de la productividad de materia seca DMP, y de la acumulación en la estación de crecimiento, por cada píxel en estepa abierta (open grassland) (16°N : 5°E)



Más allá de los resultados de los mapas (figura 9), los datos de biomasa así calculados pueden servir además a los puestos administrativos o ecológicos para el cálculo de tendencias y otras estadísticas, así como para el cálculo de la capacidad de carga —calculada considerando que solo el 30% de la biomasa total es consumible, y que una Unidad de Ganado Tropical (UBT, por sus siglas en francés) consume 6,25 kg de materia seca por día—. Este tipo de cálculos son particularmente interesantes en el marco de la gestión del sobrepastoreo, la implantación de puntos de agua para el pastoreo y otro tipo de problemáticas en la planificación de su espacio. Sin embargo, la utilización de estas herramientas por ACH-E, aunque efectivas, no son el objeto de este artículo.

### Variaciones interanuales

Más que la cantidad absoluta de vegetación expresada en kg de materia seca, es la cantidad respecto a la normal que sirve como indicador pertinente en términos de alerta. En efecto, las estrategias de ocupación del espacio de pastoreo son definidas bajo la localización de los recursos anuales “normales”. Para el tratamiento de los datos se utilizan programas de SIG u otras hojas de cálculo y herramientas estadísticas. El cálculo de la cantidad total de biomasa, por diferencia respecto a la situación normal, será de utilidad para los ganaderos en la adaptación de nuevas estrategias, sobre todo en la modificación de sus rutas de trashumancia.

Para llegar a este análisis, el módulo desarrollado por ACH-E proviene de la comparación entre las acumulaciones anuales y el año normal, y los resultados son expresados bajo la forma de una imagen *raster* llamada “anomalías”. El año “normal” es calculado tomando en cuenta la media de las acumulaciones anuales desde 1998 hasta el día de hoy. La anomalía anual es calculada, píxel por píxel, como la diferencia entre las acumulaciones anuales del gráfico de DMP del año con-

siderado, con aquel del año medio; por tanto, ésta se expresa en porcentaje del año medio.

$$Anomalia_{anual} = 100 \cdot \frac{\sum_{década=01,04}^{década_{final}} DMP_{década}}{\sum_{década=01,04}^{década_{final}} DMP_{tipo\ década}}$$

Donde:

$decada_{final}$  corresponde a la tercera década de marzo (0321) si el año es completo; si no, a la última década disponible del año en curso.

Los mapas producidos permiten una buena visualización de las zonas deficitarias, de su localización y de su extensión. Éstos dan una idea relativamente precisa de la situación global del país. Los mapas 5 y 6 muestran la situación en 1999 (máxima pluviométrica de la serie temporal 1998-2007) y en el 2004 (año de la crisis nigeriana). Si en 1999 se constató una anomalía positiva largamente extendida, el año 2004 quedó marcado por un importante déficit en el conjunto de ambos países.

### Filtrado temporal

Sabiendo que los sensores de los satélites son sensibles a diferentes tipos de perturbaciones atmosféricas, se aplica un sistema de filtrado preliminar a los datos, con el fin de eliminar los valores erróneos. La DMP está particularmente ligada al NDVI, que es a la vez muy sensible a las perturbaciones. Por tanto, la metodología utilizada integra una cadena de 4 filtros temporales:

- Un filtro de paso bajo, aplicado en los valores de NDVI sobre una ventana deslizante de 9 celdas con el fin de eliminar las variaciones bruscas y aisladas del NDVI; sinónimo de interferencias.
- Un filtro *low*, aplicado sobre los valores de DMP para eliminar las producciones insignificantes.

- Un filtro BISE (Best Index Slope Extraction) (Voivy et al., 1992), que evita las caídas bruscas del NDVI superiores al 28%; sinónimo de presencia de nubes residuales.
- El campo SM (Status Map), que acompaña los ficheros de NDVI de VGT4Africa, identifica todos los píxeles nublados, dudosos o invalidados.

Como resultante de esta cadena de filtros, todos los píxeles juzgados erróneamente ven reemplazado su valor inicial de DMP por una interpolación temporal entre el valor del mismo píxel de la década precedente y de la siguiente.

Las ventajas de este nuevo método, en comparación con el antiguo, residen en el hecho de que: los datos de DMP de VGT4Africa están disponibles de forma más rápida; los datos recibidos ya son expresados en cantidades absolutas (kg/ms/ha); la herramienta es totalmente automatizada, evitando las tareas de tratamientos largos y cansados; la resolución espacial es más fina (1 km); y finalmente, se aplica una serie de filtros temporales a los resultados para afinar con mayor exactitud.

#### Validación de los resultados

Los resultados obtenidos por las metodologías descritas anteriormente, son comparados con los resultados de medida de biomasa *in situ*. Estas comparaciones han sido realizadas a partir de

dos campañas de medidas llevadas a cabo de forma independiente por el Ministerio de Recursos Animales de Níger, y por el CESBIO.

Las comparaciones *in situ* de la cantidad de biomasa con las estimaciones satelitales muestran una buena correlación:  $R^2=0,61$ , y con un error cuadrático medio de  $RMSE=387$  kgMS/ha en el conjunto de 120 puntos medidos. Ciertos puntos han sido descartados de la comparación, ya sea porque los valores medidos son aberrantes, o porque el punto presenta una situación geográficamente muy heterogénea asociada a una fuerte diferencia entre el valor medido y estimado. En 1999, durante la campaña de medidas del CESBIO, se obtuvieron resultados muy decepcionantes:  $R^2=0,06$  y  $RMSE=1329$  kgMS/ha. Si ese año fue particularmente lluvioso y con una productividad de materia seca superior a la normal, no se explica la heterogeneidad entre las medidas y las estimaciones.

Estas comparaciones permiten asegurar que bajo las gamas de cantidad de biomasa (0-2.500 kgMS/ha) y bajo este tipo de superficies (estepas y estepas dispersas), el método de acumulación de los datos de DMP brinda estimaciones fiables y precisas. Los resultados de nuevas medidas *in situ* del CESBIO son esperados para el mes de junio y permiten la realización de nuevas pruebas de validación.

## Evaluar, comprender y cartografiar los movimientos de la población

La observación de la repartición espacio-temporal de los recursos naturales disponibles es ciertamente fundamental, pero no suficiente para un análisis detallado de los riesgos en las regiones de pastura. Estas observaciones deben, imperativamente, ser puestas en perspectiva con el conocimiento de la población sobre el modo de utilización del espacio. Efectivamente, un importante déficit anual de la biomasa en una zona que jamás ha sido utilizada por los ganaderos, no tendrá el mismo impacto que un ligero déficit en una zona tradicionalmente de concentración. Cabe mencionar que los grupos sociales han recurrido a diversas estrategias de ocupación del espacio. Así pues, en la región de Nidal, la población realiza movimientos circulares, a diferencia de la región de Gao, que los hacen orientados en dirección Norte-Sur. El conocimiento de estas diferentes realidades permite ver en perspectiva la disponibilidad de forra-

je con la ocupación del espacio por parte de la población, y por tanto, afinar el análisis de la vulnerabilidad y los riesgos. La comprensión del impacto de la variación de la pluviometría y de la vegetación pasa por el conocimiento de las diferentes zonas, sus realidades socio-geográficas y su complementariedad. Un sistema de alerta precoz en zonas de pastoreo debe situarse en la confluencia de los resultados de las observaciones por satélite, de la producción anual de biomasa y de su conocimiento del terreno de los pueblos que lo ocupan.

Concretamente, el primer trabajo consistió en identificar y delimitar las zonas agroecológicas. Como resultado de tantos años de trabajo en la región Norte de Mali, hoy en día, ACH-E cuenta con un cierto conocimiento de la misma, de sus realidades sociales y geográficas; y con la perspectiva de integrar esta experiencia en el SIG, se

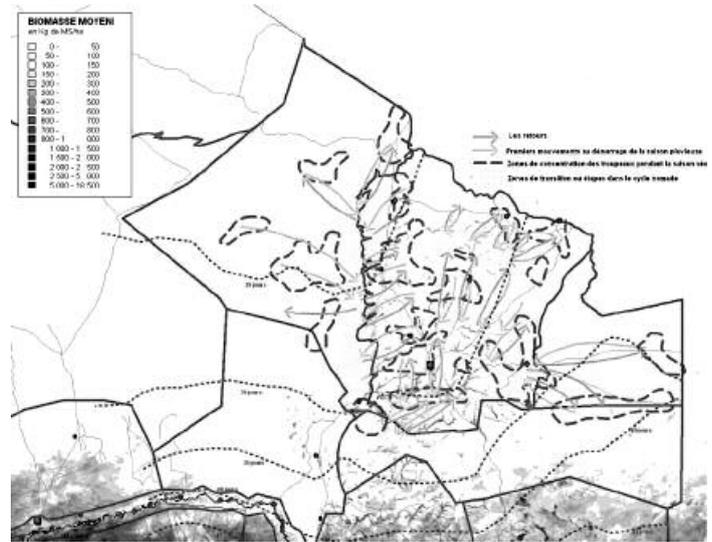
elaboró un primer trabajo de cartografía de la zona. Estas zonas fueron delimitadas según criterios geofísicos (geología, hidrología, presencia de zonas de pastura) y humanos (sistemas sociales, modelos de trashumancia).

En el seno de estas diferentes zonas, el siguiente objetivo es llegar a comprender, localizar y cartografiar el sistema de trashumancia. Los elementos clave de este sistema, objeto de una investigación realizada por ACH-E, son las zonas de concentración a lo largo de los diferentes periodos del año, las zonas de transición y los grandes ejes de movimiento.

La adquisición de estas informaciones se obtiene a través de biografía, estudios de terreno y recursos de personas encuestadas (servicios técnicos del Estado, proyectos de desarrollo de las zonas pastoriles, asociaciones de ganaderos, etcétera). Por el momento, están disponibles para la región de Gao, Nidal (figura 11), y en proceso de trata-

miento para Kayes. El objetivo consiste, de aquí en adelante, en ampliar estas informaciones al resto de zonas de pastoreo de Mali y Níger.

Figura 11  
Mapa de movimientos en la región de Kidal



## Ejes de cooperación y estrategia de acción

Actualmente, el trabajo de ACH-E en el ámbito de la alerta precoz y de la prevención de riesgos en las zonas de pastoreo se desenvuelve alrededor de dos ejes principales: por un lado, ligado a la investigación, con el objetivo de mejorar las metodologías de teledetección y del conocimiento de los sistemas de pastoreo; y por otro lado, transferir esta experiencia a los servicios nacionales responsables de los sistemas alerta en Mali y Níger. Por el hecho de ser una ONG, ACH-E no tiene el interés de permanecer por largo tiempo, por lo que es importante que la experiencia en materia de alerta sea transferida a nivel de país.

En lo que respecta a la investigación, se seguirán manteniendo los vínculos con el CESBIO, y se están desarrollando nuevos lazos con las instituciones regionales de investigación, como el Centro Regional AGRHYMET, y los centros nacionales, como el Instituto de Economía Rural de Mali y el Instituto Nacional de Investigación en Agronomía de Níger. La voluntad de ACH-E es de participar en la promoción de sinergias entre los diferentes institutos nacionales e internacionales de investigación, con el fin de conseguir relaciones que puedan asegurar un futuro desarrollo y la actualización de herramientas de teledetección.

Con respecto a la transferencia de competencias, los beneficiarios identificados son con prioridad los SAP de los dos países, así como el Sistema de Información sobre los Movimientos del

Ganado en Níger (SIMB, por sus siglas en francés). Es en este sentido que ACH-E brinda apoyo en material y acompañamiento, organizando talleres de formación en SIG y teledetección, y un seguimiento de apoyo técnico regular junto con las estructuras.

Después de un primer periodo, la transferencia de competencias se ha orientado principalmente hacia la alerta precoz. Sin embargo, estas competencias pueden ser utilizadas para otras problemáticas, sobre todo con aquellas relacionadas a la planificación territorial. En esta perspectiva, los actores como el Proyecto de Desarrollo de la Ganadería del Sahel Occidental (PRODESO, por sus siglas en francés) y de la Dirección Nacional de Producción Industrial y Animal (DNPIA, por sus siglas en francés) están asociados a las diferentes formaciones y beneficiarios de apoyo puntual.

Por último, el conjunto de las actividades realizadas en el marco de la alerta precoz son compartidas y capitalizadas al nivel de las iniciativas y proyectos sub-regionales que operan en el dominio, principalmente armonizadas bajo el Comité Inter-Estatal de Lucha Contra la Sequía del Sahel (CILSS, por sus siglas en francés), y el Sistema de Información sobre el Pastoreo del Sahel (SIPSA, por sus siglas en francés). Desde el punto de vista de las plataformas transnacionales, el objetivo es la difusión, a la mayor escala posible, de las metodologías y de la información producida.

# Conclusiones

El rastreo de la biomasa por teledetección, junto a la cartografía de la ocupación del espacio, abastece a los responsables de la toma de decisiones de una herramienta simple y eficaz para el seguimiento de los riesgos del pastoreo, mitigando la principal laguna de sus sistemas de alerta precoz: la ausencia de tomar en cuenta las especificaciones del espacio de pastoreo.

Un esfuerzo ciertamente particular ha sido realizado en la transferencia de competencias hacia las estructuras nacionales, principalmente en el abastecimiento de material informático y logístico, y en la formación a los diversos agentes técnicos y a sus cuadros. Finalmente, la organización de talleres técnicos junto con los socios de ambos países, permitió poner en contacto a los actores en la temática de la vulnerabilidad pastoril.

En el marco de un programa de tres años, financiados por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y del Gobierno de Navarra,

ACH-E continúa trabajando en la transferencia de competencias, interviniendo simultáneamente en la mejora de las comunicaciones (espacio web, boletines mensuales, etcétera). Han sido identificados los ejes para la mejora del sistema de alerta precoz y son objeto de nuevos trabajos de investigación (seguimiento por teledetección de la sobreexplotación de la biomasa a lo largo de la estación seca y de la evolución de las aguas superficiales, así como la mejora de la cartografía social de la zona).

Sin embargo, estas guías para la mejora no deben ocultar la parte esencial: el sistema, aunque operativo, está aún gestándose y sus primeras pruebas se realizaron en el 2004. Convencidos de la eficacia de estas herramientas y de la utilidad para los gobiernos sahelianos, ACH-E trabaja actualmente para ampliar el módulo de tratamiento de datos SPOT a los países vecinos, con Mauritania como prioridad.

## Referencias bibliográficas

- BAXTER, P. T. W. 1994. *Pastoralists are People: Why Development for Pastoralists not the Development of Pastoralism?* The Rural Extension Bulletin, no. 4.
- BROWN, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. [En línea] FAO Forestry Paper 134, <[www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm#Contents](http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm#Contents)>.
- CIRAD y AGRHYMET. 2005. *Après la famine au Niger... Quelles actions de lutte et de recherche contre l'insécurité alimentaire au Sahel?* Dossier de presse, 1 de diciembre del 2005.
- FILLLOL, E., METAIS, T. y GÓMEZ, 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 (2008, Toulouse).
- GLC. 2000. *Global Land Cover* [en línea]. <[www-gvm.jrc.it/glc2000](http://www-gvm.jrc.it/glc2000)>.
- JANICOT, S., TRZASKA, S. y POCCARD, I. 2001. *Summer Sahel-ENSO teleconnection and decadal time scale TSM variations*. Climate Dynamics.
- LEBEL, T., DESCROIX, L., MOUGIN, E. y PEUGEOT, C. 2004. *ORE CATCH-AMMA: Variabilité Climatique et Impact Hydrologique en Afrique le l'Ouest*, Atelier Expérimentation et Instrumentation (2004, París/CNRS).
- *Manuel de l'utilisation VGT4Africa* [en línea] première édition, 2006, <[www.vgt4africa.org/Public Documents/VGT4AFRICA\\_manuel\\_utilisateur.pdf](http://www.vgt4africa.org/Public Documents/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*. Bamako: Acción Contra el Hambre.
- MONTEITH, J. L. 1972. *Solar radiation and productivity in tropical ecosystems*. Journal of Applied Ecology, no. 19, pp. 747-766.
- MYNENI, R. y WILLIAMS, D. 1994. *On the relationship between fAPAR and NDVI*. Remote Sensing of Environment, no. 19, pp. 200-211.
- NOAA. 2007. *Multivariate ENSO Index*. <[www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI](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 OEuvre 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).
- VEROUSTRATE, F., SABBE, H. y EERENS, H. 2002. *Estimation of carbon mass fluxes over Europe using the C-Fix model and Euroflux data*. Remote Sensing of Environment, no. 83, pp. 376-399.