

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

-----  
SECRETARIAT GENERAL  
-----

PROGRAMME NATIONAL  
DE GESTION DES TERROIRS II

BURKINA FASO

-----  
Unité – Progrès - Justice

DOCUMENT TECHNIQUE POUR LE SUIVI ENVIRONNEMENTAL  
DU PROGRAMME NATIONAL DE GESTION DES TERROIRS II

Réalisé avec le concours financier de la Coopération Danoise

**Consultants :**

Ousmane DIALLO, Ing. Pastoraliste, CSE

Michael RASMUSSEN, PhD, GRAS

Séraphine K. SAWADOGO, PhD, consultant national

Louis TRAORE, MSc, consultant national

Ouagadougou, Février 2002

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

ACDI	Agence Canadienne de Développement International
ADDS	African Data Dissemination Service
AFD	Agence Française de Développement
AGRHYMET	Centre Régional de Formation en Météorologie et Hydrologie
BD	Base de Données
BDAP	Base de Données Agro-Pastorales
BDC	Base de Données Climatiques
BDDB	Base de Données sur la Diversité Biologique
BDOT	Base de Données d'Occupation des Terres
BDRL	Base de Données sur les Ressources Ligneuses
BDRP	Base de Données sur les Ressources Pastorales
BNDE	Banque Nationale de Données sur l'Environnement
BUNASOLS	Bureau National des Sols
CEDRES	Centre de Développement de la Recherche Scientifique
CENTRE SIGET	Centre SIG et Télédétection
CILSS	Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CNDRD	Conseil National pour le Développement Rural Décentralisé
CNS	Conseil National des Statistiques
CONAGESE	Conseil national pour la Gestion de l'environnement
CSE	Centre de Suivi Ecologique
CTIG	Cellule de Télédétection et de l'Information Géographique
DAP	Direction des Aménagements Paysagers
DAPF	Direction des Aménagements Pastoraux et du Foncier
DEP	Direction des Etudes et de la Planification
DFC	Direction de la Faune et des Chasses
DFVAF	Direction de la Foresterie Villageoise et de l'Aménagement Forestier
DGEF	Direction Générale des Eaux et Forêts
DGH	Direction Générale de l'Hydraulique
DGPE	Direction générale de la Préservation de l'Environnement
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
DIRH	Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques
DM	Direction de la Météorologie
DP	Direction des Pêches
DPF	<i>Departement</i> Direction des Productions Forestières
DPPA	Direction de la Préservation des Pollution et de l'Assainissement
DPV	Direction de la Protection des Végétaux
DSA	Direction des Statistiques agricoles
ECCT	Equipe Centrale de Collecte de données Terrain
ÉDS	Expertise pour le Développement au Sahel
EIER/CFPI	Ecole Inter Etats des Ingénieurs de l'Équipement Rural / Cellule de Formation professionnelle à l'Ingénierie
ENIGME	Espace de Navigation et d'Information en Géologie, Mines et Environnement
ENRECA	Environmental Research Capacity
ENVIDATAsys	Environmental Data System
ERCT	Equipe Régionale de Collecte de données Terrain
FAO	Organisation Mondiale de l'Alimentation
FEM	Fonds Mondial pour l'Environnement
FIDA	Fonds International pour le Développement Agricole
FLASHS	Faculté des Lettres, des Arts, des Sciences Humaines et Sociales
GAC	Global Area Coverage

GPS	Global Positioning System
GRAS	Geographic Resource Analysis and Science
GRN/SP	Gestion des Ressources Naturelles / Service Production
IDR	Institut de développement rural
IGB	Institut Géographique du Burkina
INERA	Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole
INFEAUGEST	Information sur la Gestion de l'Eau
INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
IUCN	Union Mondiale pour la Nature
LAC	Local Area Coverage
LANDSAT-ETM	Land Satellite Enhanced Thematic Mapper
MEF	Ministère de l'Economie et des Finances
MESSRS	Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique
MO	Matière Organique
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NOAA AVHRR	National Oceanic Aeronautic Administration Advanced Very High Resolution Radiometer
PADDAB	Programme d'Appui Danois au Développement du secteur Agricole Burkinabe
PIGF	Projet d'Informatisation et de Gestion des ressources Forestières
PNGIM	Programme national pour la Gestion de l'Information sur le Milieu
PNGT	Programme national de Gestion des terroirs
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PRECAGEME	Projet de Renforcement des Capacités en Gestion Minière et Environnementale
REEB	Rapport sur l'Etat de l'Environnement au Burkina
RPTES	Regional Project for Traditional Energy Sector
SADAOC	Sécurité Alimentaire Durable en Afrique de l'Ouest Centrale
SC	Service de la Cartographie
SCS	Site de Contrôle au Sol
SIDP	Service de l'Information, de la Documentation et des Publications
SIG	Système d'Information Géographique
SNIE	Système National d'Information sur l'Environnement
SP/CNCPDR	Secrétariat Permanent du Cadre National de Concertation des Partenaires du Développement Rural Décentralisé
SP/CONAGESE	Secrétariat Permanent du Conseil National pour la Gestion de l'Environnement
SPOT Végétation	Système pour l'Observation de la Terre – Végétation
SSA	Service des Statistiques Agricoles
SSE	Service de Suivi Evaluation
UCF	Unité de Conservation de la Faune
UGFS	Unité de Gestion de la Fertilité des Sols

## TABLES DES MATIERES

SIGLES ET ABREVIATIONS .....	1
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	5
<i>LISTE DES FIGURES</i> .....	5
<i>LISTE DES ANNEXES</i> .....	5
I    PREAMBULE.....	6
II   OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	6
III  DEROULEMENT DE LA MISSION.....	8
IV   ETAT DES LIEUX DES DONNEES ET COMPETENCES DANS LE DOMAINE DU SUIVI ENVIRONNEMENTAL .....	9
4.1 LES OBJECTIFS SECTORIELS ET COMPETENCES DES PARTENAIRES .....	9
4.1.1 <i>Collecte des données sur le couvert végétal</i> .....	9
4.1.2 <i>Suivi des ressources en eau</i> .....	9
4.1.3 <i>Suivi des ressources fauniques et de la diversité biologique</i> .....	9
4.1.4 <i>Expertise en télédétection et SIG</i> .....	9
4.2 LES METADONNEES.....	10
V    INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL.....	15
* 5.1 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE L'OCCUPATION DES TERRES.....	15
5.1.1 <i>Définition et référence</i> .....	15
5.1.2 <i>Mise en place et appui</i> .....	15
5.2 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DU COUVERT VEGETAL .....	16
5.2.1 <i>L'indice de végétation</i> .....	16
5.2.2 <i>La variation de la production primaire</i> .....	16
5.2.3 <i>La densité du peuplement</i> .....	16
5.2.4 <i>La composition floristique</i> .....	16
5.2.5 <i>La structure du peuplement</i> .....	17
5.2.6 <i>Variation des superficies brûlées</i> .....	17
5.3 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DU DOMAINE « SOLS » .....	17
5.3.1 <i>Définition et référence</i> .....	17
5.3.2 <i>Mise en place, appui et coûts</i> .....	18
5.3.3 <i>Indicateurs supplémentaires</i> .....	18
5.4 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES RESSOURCES EN EAU .....	18
5.4.1 <i>Définition et référence</i> .....	18
5.4.2 <i>Mise en place et appui</i> .....	18
5.4.3 <i>Coûts</i> .....	19
5.5 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE LA BIODIVERSITE .....	19
5.5.1 <i>Définition et références</i> .....	19
5.5.2 <i>Mise en place, appui et coûts</i> .....	20
5.6 INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES PRODUCTIONS AGRO- PASTORALES .....	20
5.6.1 <i>Définition et référence</i> .....	20
5.6.2 <i>Mise en place et appui</i> .....	20
5.6.3 <i>Coûts actuels</i> .....	20
VI   METHODOLOGIE ET OUTILS DE COLLECTE DES DONNEES.....	22
6.1 L'IMAGERIE SATELLITAIRE.....	22
6.2 RESEAU DE COLLECTE DES DONNEES TERRAIN SUR LE COUVERT VEGETAL .....	22
6.2.1 <i>Echelle temporelle</i> .....	22
6.2.2 <i>Echelle spatiale</i> .....	23
6.3 PROPOSITION D'UN DISPOSITIF DE SUIVI AU SOL .....	23

6.3.1	<i>Le couvert végétal</i> .....	23
6.3.1.1	La strate herbacée .....	23
6.3.1.2	La strate ligneuse .....	24
6.3.1.3	Répartition des Sites .....	24
	<b>DOMAINE SAHÉLIEN</b> .....	24
	<b>DOMAINE SOUDANIEN</b> .....	24
	<b>Total</b> .....	24
6.3.2	<i>Les sites de suivi de la diversité biologique</i> .....	25
6.4	<b>TRAITEMENTS DES DONNEES ET PRODUITS A REALISER</b> .....	25
6.4.1	<i>Cartographie de l'occupation des terres</i> .....	25
6.4.2	<i>La carte de tendance</i> .....	26
6.4.3	<i>La carte annuelle biomasse</i> .....	28
6.4.4	<i>La Carte de peuplement</i> .....	30
6.4.5	<i>La cartographie des feux de brousse</i> .....	30
<b>VII</b>	<b>DISPOSITIF OPERATIONNEL A METTRE EN PLACE</b> .....	<b>31</b>
7.1	<b>LE ROLE DES PARTENAIRES</b> .....	31
7.1.1	<i>Définition de la situation de référence</i> .....	31
7.1.2	<i>Mise en place du dispositif terrain et collecte des données in situ</i> .....	32
7.1.2.1	Le couvert végétal .....	32
7.1.2.2	L'eau .....	34
7.1.2.3	La biodiversité .....	37
7.1.2.4	Le domaine agro-pastoral .....	37
7.1.3	<i>Construction des bases de données sectorielles</i> .....	37
7.1.3.1	Base de données sur l'occupation des terres (BDOT) .....	37
7.1.3.2	Base de données sur le couvert végétal .....	37
7.1.3.3	Base de données sur les sols .....	38
7.1.3.4	Base de données sur l'eau .....	38
7.1.3.5	Base de données sur la biodiversité .....	38
7.1.3.6	Base de données sur les productions agro-pastorales .....	38
7.1.4	<i>Traitement et analyse des données sectorielles</i> .....	38
7.1.5	<i>Elaboration des produits et alimentation de la banque nationale de données sur l'environnement (BNDE)</i> .....	39
7.1.6	<i>Analyse des tendances évolutives</i> .....	39
7.1.7	<i>Diffusion et mise en ligne des résultats du suivi environnemental</i> .....	39
7.2	<b>ROLE DU PNGT</b> .....	39
<b>VIII</b>	<b>RENFORCEMENT DES CAPACITES</b> .....	<b>42</b>
8.1	<b>RENFORCEMENT DES CAPACITES EN COLLECTE DES DONNEES <i>IN SITU</i></b> .....	42
8.2	<b>RENFORCEMENT DES CAPACITES EN TELEDETECTION ET SIG</b> .....	42
8.3	<b>RENFORCEMENT EN MATERIEL TECHNIQUE</b> .....	43
<b>IX</b>	<b>LES COUTS DE MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF</b> .....	<b>44</b>
<b>X</b>	<b>CONCLUSIONS, RISQUES ET RECOMMANDATIONS</b> .....	<b>46</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	47
	<b>ANNEXES</b> .....	48

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs sectoriels et compétences des partenaires .....	11
Tableau 2 : Principales structures et expertises en Télédétection .....	12
Tableau 3 : Métadonnées des partenaires .....	14
Tableau 4 : Répartition des sites d'observation au sol .....	24
Tableau 5 : Rôle des partenaires dans l'établissement de la situation de référence.....	31
Tableau 6 : Besoins de renforcement en matériel technique .....	43
Tableau 7 : Coûts annuels du dispositif de suivi environnemental .....	45

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Indicateurs de suivi environnemental .....	21
Figure 2 : Evolution du NDVI pour la période 1986 – 1999.....	27
Figure 3 : Carte des tendances 1986 -1999 .....	27
Figure 4 : Carte de biomasse de 1994 des zones soudano_sahélienne et sahélienne du Burkina.....	29
Figure 5: Carte des zones phyto-géographiques du Burkina Faso.....	34
Figure 6 : Chronogramme de formation des équipes de collecte des données <i>in situ</i> .....	35
Figure 7 : Carte du réseau hydrométrique et piézométrique du Burkina Faso .....	36
Figure 8 : Rôle des partenaires dans le suivi environnemental .....	41

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : termes de référence de la mission d'appui à l'élaboration d'une méthodologie de suivi environnemental .....	49
Annexe 2: Liste des personnes rencontrées .....	52
Annexe 3: Approche méthodologique pour la définition des indicateurs de suivi environnemental .....	54
Annexe 4 Détails des coûts par domaine de suivi environnemental .....	56

## PREAMBULE

Le Burkina Faso est un pays Sahélien dont l'économie repose essentiellement sur l'agriculture. Les pressions sur l'environnement sont exercées par les agriculteurs des cultures pluviales et irrigués tant dans les zones sèches, humides et semi-humides, ainsi que par les éleveurs transhumants venant des régions dégradées des plateaux. Les activités de construction de barrages hydroélectriques et hydroagricoles ont aussi englouti des terres riches, de la faune et de la flore.

Depuis plusieurs décennies, l'environnement subit une crise écologique et socio-économique ayant engendré un déplacement massif de ses braves populations vers les villes, les zones humides et les pays côtiers de la sous-région ouest africaine.

Conscient de cette situation, le gouvernement avec l'aide de partenaires au développement, a conçu le *Programme National de Gestion des Terroirs (PNGT)*, programme de long terme sur 15 à 20 ans devant s'exécuter sur l'ensemble du territoire.

Le PNGT 2 qui part des acquis du PNGT 1, se situe dans le cadre des différentes stratégies de développement du pays dont la Stratégie de Lutte Contre la Pauvreté (SLCP) et le Programme National de Développement Rural Décentralisé (PNDRD).

L'objectif global du PNGT 2 est de combattre la pauvreté et de promouvoir le développement durable. Les objectifs spécifiques du PNGT 2 sont :

- le développement des capacités en organisation et gestion des villages et groupes de villages ;
- l'amélioration des conditions de vie par des investissements productifs et des infrastructures socio-économiques dans les campagnes du Burkina ;
- la préservation et la restauration des ressources naturelles (eau, sol, végétation, faune) ;

La présente mission d'appui concerne l'élaboration de la méthodologie de suivi environnemental du PNGT2 .

## II. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objet de la présente étude est de doter la cellule Suivi-Evaluation du PNGT2 d'un système de suivi environnemental dont la mise en œuvre devra permettre de recueillir des informations pertinentes sur l'état et les tendances évolutives des ressources naturelles pouvant guider les décideurs et les acteurs au développement dans la planification et la gestion des ressources à la lumière des changements intervenus. De manière spécifique, selon les Termes De Référence qui figure en annexe 1, il s'agit de :

- déterminer / affiner et de faire valider un «set» commun d'indicateurs de suivi environnemental à l'échelle nationale sur la base de la proposition contenue dans les documents de projet de Suivi-Evaluation du PNGT ;
- déterminer les données pertinentes à collecter par rapport à chaque paramètre prenant en compte les besoins des différents partenaires ;
- préciser les outils les plus pertinents pour le suivi environnemental ;
- définir la périodicité de collecte des données ;
- identifier les besoins en matière de renforcement des compétences nationales dans le domaine environnemental ;
- définir les sites de suivi en fonction de la nature de chaque paramètre ou indicateur à suivre ;
- intégrer les travaux déjà réalisés ou en cours de réalisation dans le domaine du suivi environnemental dans le dispositif proposé afin d'éviter les doubles emplois budgétaires sinon les démarches contradictoires et proposer un coût pour le suivi environnemental.

Les résultats attendus de la présente étude sont les suivants :

- un dispositif pertinent et opérationnel de suivi environnemental validé et accepté par les principaux acteurs nationaux comprenant :

- les indicateurs de suivi ;
- les outils de collecte, de traitement et de diffusion;
- les mécanismes de fonctionnement du dispositif aux différents niveaux (local national, régional) ;

- des propositions de coûts pour les différentes activités et le fonctionnement du dispositif.



### III. DEROULEMENT DE LA MISSION

La mise en place de la présente méthodologie de suivi environnemental a été réalisée en deux étapes essentielles :

Tout d'abord, la mission a rencontré la direction et les responsables du suivi évaluation du PNGT2, les organismes multilatéraux, les départements publics techniques avec lesquels collabore le Programme (Annexe 2). Les entretiens très fructueux avec la quasi totalité des partenaires du Programme et l'exploitation de la documentation mise à sa disposition ont permis de :

- Identifier et évaluer les dispositifs de suivi environnemental existants ;
- faire l'état des lieux en matière de télédétection et de Système d'Information Géographique (SIG) pour un suivi environnemental à l'échelle nationale ;
- définir une batterie minimale d'indicateurs de suivi ;
- esquisser la méthodologie de collecte et de traitement des données et de définir les produits escomptés.

Ensuite, un atelier de validation des indicateurs et de la méthodologie proposés a eu lieu dans la salle de conférence du Programme National de gestion des Terroirs. 12 indicateurs de six domaines pour le suivi écologique ont fait l'objet d'un consensus général avec cependant des remarques spécifiques dans le domaine des sols. Les échanges ont aussi porté sur l'échelle spatiale d'intervention pour le suivi environnemental, les processus d'intégration des données, le montage pratique du dispositif de collecte et le traitement des données au niveau des partenaires.

La mission a été effectuée conjointement par deux consultants burkinabé spécialisés en télédétection et en SIG et une équipe CSE-GRAS composée de deux membres de ces structures.

Le Centre de Suivi Ecologique de Dakar (CSE) dispose d'une station de réception d'images NOAA-AVHRR et opère la veille environnementale du Sénégal. Il collabore avec la société Geographic Resource Analysis & Science (GRAS) de l'Université de Copenhague en matière de recherches appliquées sur les écosystèmes et l'environnement, à l'aide de la télédétection et des SIG. GRAS collabore également avec l'Université de Ouagadougou à travers le projet ENRECA.

## IV ETAT DES LIEUX DES DONNEES ET COMPETENCES DANS LE DOMAINE DU SUIVI ENVIRONNEMENTAL

### 4.1 Les objectifs sectoriels et compétences des partenaires

En rencontrant les partenaires, la mission a pu faire l'état des objectifs sectoriels et compétences des partenaires en matière de suivi environnemental (tableau 1). De manière globale, il ressort un déficit en moyens matériels techniques (informatiques). En outre, les compétences en télédétection et SIG sont relativement limitées. Nonobstant cet état de fait, l'expertise de haut niveau se rencontre dans certaines structures. Le tableau 2 fait l'état des principales expertises et compétences en matière de collecte des données au sol (couvert végétal notamment), de télédétection et de SIG.

#### 4.1.1 Collecte des données sur le couvert végétal

Trois principales structures du développement rural ont des activités liées au suivi de la végétation : la Direction des aménagements pastoraux et du foncier (DAPF), la Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF) et l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) qui collaborent dans le cadre du réseau du Programme national pour la Gestion de l'Information sur le Milieu (PNGIM). A l'heure actuelle, aucune activité relative au suivi de la végétation n'est notée au niveau de la DAPF, même si elle a eu, par le passé, à mener des activités relatives au suivi de la production primaire des parcours naturels (1992-1994). Par contre, le Projet Confection d'outils cartographiques pour la gestion de l'environnement opère périodiquement des inventaires forestiers sur des aires destinées à l'aménagement forestier. L'inventaire est mené sur des placeaux non fixes de 1200 m<sup>2</sup> distants de 500 m et placés le long de transects séparés par 1 km. La densité et le diamètre constituent les principaux paramètres mesurés, l'objectif étant d'évaluer la quantité de bois exploitable.

L'INERA dispose, par contre d'un dispositif de suivi du couvert végétal sur 23 sites répartis dans 2 forêts classées, 3 terroirs et dans 1 Réserve de la biosphère (Mare aux hippopotames). Ces sites sont permanents, avec un bon système de repérage. Les paramètres collectés sont tous sensibles au changement d'état.

X De manière générale, ces sites conviennent au suivi au niveau local car ils sont concentrés dans les zones à aire d'influence limitée. Mais leur représentativité est limitée, ce qui ne permet pas d'assurer le suivi à l'échelle nationale.

#### 4.1.2 Suivi des ressources en eau

Le suivi des ressources en eau est assuré par DGH à travers la DIRH qui dispose d'un dispositif de collecte de données qualitative et quantitative des eaux souterraines et de surface.

#### 4.1.3 Suivi des ressources fauniques et de la diversité biologique

Le suivi des ressources fauniques et de la biodiversité est assuré par la DGEF. Pour le moment, seules les méthodes pédestres sont utilisées pour le comptage des populations de faune. Le PRONAGEN qui intervient dans les unités de conservation de la faune (UCF) devrait mettre au point des méthodes plus élaborées notamment le comptage aérien. Pour le suivi des ressources halieutiques, les prélèvements sont évalués par méthodes statistiques tandis que les quantités totales sont obtenues par extrapolation selon des modèles qui lient la production au volume d'eau.

#### 4.1.4 Expertise en télédétection et SIG

X Dans le domaine des SIG et de la télédétection, il existe au Burkina des compétences confirmées aussi bien dans les institutions publiques qu'au niveau des privés : INERA, IGB, l'Université de Ouagadougou (ENRECA), SSA, DGH, SP/CONAGESE (PNGIM), DGEF (Projet Carto), EDS, Centre SIGET et quelques consultants indépendants. La plupart des spécialistes font partie du réseau PNGIM ; ce qui constitue un atout majeur pour la mise au point concertée des dispositifs de suivi environnemental.

## 4.2 Les métadonnées

La métadonnée permet de décrire les caractéristiques d'une donnée simple ou d'un groupe de données, de façon à ce que l'utilisateur soit adéquatement informé et en mesure de juger de la qualité des informations et des résultats d'analyse. D'une manière générale, les données ne sont pas structurées en base de données et chaque structure gère ses données de manière indépendante (Tableau 3). En matière environnementale, seule la base de données ENVIDATAsys décrit les données disponibles au niveau national. Cette base est gérée par la cellule de coordination nationale du Programme National de Gestion de l'Information sur le Milieu (PNGIM).

Tableau 1 : Objectifs sectoriels et compétences des partenaires

Partenaires	Objectifs / domaines d'intérêt	Disponibilité de moyens matériels informatiques	Compétences disponibles en Télédétection
BUNASOLS	Etudes et données pédologiques ; cartographie pédologique.	A renforcer par des périphériques	SIG, interprétation de PVA, à renforcer pour traitement d'images satellitaires.
DGEF (Projet Cartographie, DFC, DFVAF, PRONAGEN, DP)	Etudes et suivi des ressources forestières, fauniques et de la diversité biologique	à renforcer	SIG, Télédétection à renforcer
DAPF	Biomasse, pâturages, aménagements pastoraux, suivi de la transhumance, etc.	à renforcer	à renforcer en télédétection et SIG
DGH (DIRH)	Eaux de surface, Eaux souterraines (niveau et débit)	Acceptable, périphériques à renforcer	à renforcer en télédétection
IGB	Données topographiques de base	acceptable	3 cadres en Télédétection
INERA (DPF, GRN/SP)	Suivi écologique à l'échelle des terroirs, Suivi écologique (ligneux et herbacées) par sites au sol., études sur la dégradation des terres, analyse et exploitation des données SIG,	à renforcer	à renforcer
DGPE	Suivi de la qualité du cadre de vie, politique d'assainissement, pollution, aménagement paysager	à renforcer	inexistant, à prévoir
DM	Données agro météorologiques, suivis, évolution, etc.	acceptable, besoin en équipement météo	à renforcer en télédétection
SP/CONAGESE	Suivi de la dynamique de la désertification, rapport sur l'état de l'environnement au Burkina Faso. Etude du couvert végétal et des Feux de brousse.	équipement prévu par SNIE	Acceptable, 2 cadres de niveau A en télédétection + 1 (en attente de rejoindre)
UGFS	Actions de lutte contre la dégradation des sols, stratégie nationale intégrée de la fertilité des sols	à renforcer	à renforcer
E.I.E.R	Dynamique des milieux en rapport avec la dégradation de l'environnement	suffisant	suffisant
SSA	Statistiques agricoles, production, rendements, etc.	à renforcer	2 cadres en télédétection

Tableau 2 : Principales structures et expertises en Télédétection

Structures	Expérience dans le domaine de la cartographie	Classification visuelle ou numérique	Expériences PVA	Expériences données LANDSAT, SPOT ou similaires	Expérience domaine suivi	Expériences données NOAA AVHRR	BD des imageries satellitaires ou PVA	Expertise en télédétection	Observations et nombre de spécialistes disponibles en télédétection et SIG
STRUCTURES PUBLIQUES									
CTIG/INERA	Oui, cartes échelle locale	les deux	oui étude terroirs	oui étude terroirs et province	oui	oui	oui	Recherche et développement	compétence importante, bien équipé mais capacité production limitée
Cellule de coordination du PNGIM	oui	les deux	oui	oui	oui	oui	oui LANDSAT couverture nationale 2000	opérationnelle	capacité acceptable, formation en cours au CSE, Dakar.
DM					oui	oui, compositions de NDVI AGRHYMET	limité	opérationnelle, et recherche	niveau opérationnel très compétent en Méteosat et NOAA
SSA	oui	oui	oui	oui	oui	oui, compositions de NDVI AGRHYMET	non	opérationnelle	2 cadres
IDR FLASHS - ENRECA	Oui, diverse	les deux	oui	oui			oui	recherche	capacité importante pour la formation en télédétection

Structures	Expérience dans le domaine de la cartographie	Classification visuelle ou numérique	Expériences PVA	Expériences données LANDSAT, SPOT ou similaires	Expérience domaine suivi	Expériences données NOAA AVHRR	BD des imageries satellitaires ou PVA	Expertise en télédétection	Observations et nombre de spécialistes disponibles en télédétection et SIG
IGB	oui, échelle nationale et province	visuelle	oui, expertise professionnelle importante	très peu, expérience avec sous-traitance.			oui, important	opérationnelle	chaînes de production des cartes
<b>STRUCTURES PRIVEES</b>									
Centre SIGET-Adjaratou	oui, carte locale, carte de terroirs, analyse de tendance, modélisation	les deux	oui	oui, études terroirs	oui	oui	oui	opérationnelle	capacité de formation en SIG & télédétection
EDS	Oui, cartes échelle locale	les deux	oui études terroirs et provinces	oui études terroirs et provinces			oui	opérationnelle	très compétent, 4 personnes ressources associées
Consultants indépendants / secteur privé	oui, diverse	les deux	oui	oui				opérationnelle et recherche.	important expertise et capacité.
Projet ENIGME / PRECAGEM E	oui, échelle locale et province.	numérique	oui	oui 4 cartes 1 : 50.000 crée			oui	opérationnelle	bien équipé, institution ressource.
DGEF/PIGF	oui, projet BKF - cartographie forêts.	les deux	oui	oui	oui	oui	oui	opérationnelle	formation au CSE, Dakar (1 personne)

Tableau 3 : Métadonnées des partenaires

Structures	Description de la donnée	Représentation spatiale	Fréquence de collecte	Support ou format disponible	Année de réalisation	Observations
PNGT	Images LANDSAT			bande et CD	75-76, 92-94	17 images TM et 17 images MSS
SP/CONAGES E	Images LANDSAT données sur couvert végétal et feux de brousse	Nationale		CD	2000	en préparation
IGB	Cartes de base 1/1000000 Carte de base 1/200000 PVA 1/50 000	Nationale Nationale Nationale		analogique et numérique analogique et numérique papier et film		la couverture en PVA ne s'est pas faite aux mêmes dates
DM	données climatiques données NDVI	Nationale	au quotidien	analogique et numérique		
DGH	Carte des eaux de surface Base de données des eaux de surface	Nationale		analogique et numérique		
BUNASOLS	Carte pédologique	Nationale		analogique et numérique		a déjà couvert 60% du territoire
PROJET CARTO	Bases de données d'inventaire forestier, Couvert végétal			analogique et numérique		
DIRH	données sur eaux de surface et eaux souterraines	Nationale	mensuelle	analogique et numérique	depuis 1982	dispositif de collecte fonctionnel jusqu'à fin 2003
INERA (DPF, GRN/SP)	Dispositif de collecte de données au sol sur les ligneux et herbacés, Cartes de la dynamique des terroirs	Local	Annuelle (herbacées) 5 ans (ligneux)	analogique et numérique		
SSA	Statistiques sur les surfaces, rendements agricoles					dispositif de collecte fonctionnel jusqu'à fin 2002
EDS	Données et images sur le plateau central (PVA de 1984, images LANDSAT, PVA au 1/10000, images CORONA (2kmX2km) des années 66, images IKONOS de 1kmX1km)	Local (région du nord)				
DAPF	Cartes de production primaire	régional	annuelle	Analogique	92-94	Sites de collecte des données au sol matérialisés
ENIGME	Données environnementales sur 4 feuilles IGB					

## V INDICATEURS DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le Suivi d'impact environnemental doit concerner un certain nombre de domaines qui sont : les sols, le couvert végétal, les ressources ligneuses, les ressources en eau, la biodiversité, l'occupation des sols et les rendements des principales spéculations. Pour chacun d'entre eux, il s'agit de choisir un ou des indicateurs au travers desquels l'effet des activités humaines est évalué, mesuré et suivi. Le choix des indicateurs est basé sur les critères de qualité générale que doit présenter un bon indicateur :

- expression quantitative et compréhensible ;
- évaluation sur la base de paramètres utilisables à long terme ;
- acquisition facile ;
- mise à jour régulière ;
- bon rapport qualité / coût.

Le nombre important de domaines à couvrir associé aux qualités qui doivent caractériser un indicateur présageait du grand nombre d'indicateurs à considérer et de la complexité que représente la tâche d'en choisir les plus pertinents. Cela est d'autant plus vrai que les travaux déjà menés au Burkina Faso dans le contexte de la Lutte contre la désertification, plus particulièrement dans le cadre du Suivi-Evaluation (ateliers de Tenkodogo et Ouagadougou, septembre 1999 et mars 2000) ont déjà permis d'identifier et retenu selon le modèle Pression-Etat- Réponse un certain nombre d'indicateurs liés aux domaines d'intérêt précités. Néanmoins, la proposition d'indicateurs contenue dans les documents de projet Suivi-Evaluation du PNGT et soulignée dans les Termes de Référence a guidé le choix des indicateurs par la mission. Mais le plus déterminant a été la capacité de ces indicateurs à jouer le rôle qui leur est dévolu et de pouvoir être suivi avec des moyens raisonnables. Il faut ajouter que ce choix est d'autant plus pertinent qu'il a été cautionné par les partenaires du PNGT lors des entretiens et de l'atelier de restitution que la mission a eus avec eux.

La figure 1 indique les indicateurs de suivi environnemental selon les domaines retenus.

### 5.1 Indicateurs de suivi environnemental de l'occupation des terres

#### 5.1.1 Définition et référence

L'occupation des terres est une base de référence pouvant servir dans de nombreux domaines comme la foresterie, l'agriculture, la biodiversité et même dans des études relatives aux changements climatiques. Ce qui explique la forte demande émanant de projets de développement rural et des projets sectoriels évoluant dans les domaines de la gestion des terroirs et des forêts en particulier.

L'information recherchée à travers cet indicateur est le changement des classes d'occupation des terres dans un pas de temps de dix ans à l'échelle nationale et provinciale. Ce changement est exprimé en pourcentage. L'année de référence de la cartographie de l'occupation des terres est l'année 2002. L'échelle de référence est 1 : 50.000. Les classes sont identifiées à partir de la nomenclature nationale en tenant compte de la faisabilité.

#### 5.1.2 Mise en place et appui

La cartographie de l'occupation des terres pour l'ensemble du pays à partir des images LANDSAT ETM est une tâche laborieuse qui demande un certain degré de précision eu égard au rôle important que la carte est appelée à jouer. Pour ce faire, la précision de la cartographie de l'occupation des terres devrait être supérieure à 90%.

Le Burkina Faso jouit d'un certain acquis dans le domaine de la cartographie et l'existence d'une nomenclature nationale constitue un atout majeur pour la réalisation de cartes d'occupation des terres à l'échelle nationale. Le rôle de coordinateur et chef de file pour un tel travail pourrait être assuré par une structure comme le PNGIM qui dispose d'atouts techniques et humains appréciables. Cette structure pourrait également assurer la liaison avec les travaux existants ou en cours de réalisation en matière de cartographie au Burkina Faso. L'exécution



du travail peut être effectué par l'IGB, appuyé par l'INERA et par le secteur privé qui bénéficie d'une expertise de qualité (ref. tab. 2).

Un appui extérieur pourrait être nécessaire pour rehausser la qualité du travail notamment avec l'introduction de nouvelles méthodes de classification.

## 5.2 Indicateurs de suivi environnemental du couvert végétal

Le domaine « couvert végétal » occupe une place importante dans le suivi environnemental au regard des nombreuses fonctions de l'environnement concernées: production de biomasse herbacée et ligneuse, agriculture, protection contre l'érosion, recharge de la nappe, etc. Ce qui explique le nombre relativement important d'indicateurs choisis (6).

### 5.2.1 L'indice de végétation

L'indice de végétation est une variable liée aux propriétés spectrales des plantes pouvant être déterminées par télédétection. Il représente en fait l'intensité de l'activité chlorophyllienne qui est fortement liée à la quantité de matière végétale verte. Il est, de ce fait, très sensible à la variation du couvert végétal et permet de détecter les changements intra annuels et inter annuels. Dans la mesure où les changements sont liés à de multiples facteurs, la tendance évolutive de l'indice de végétation est utilisée dans le contexte du suivi environnemental comme un indicateur à moyen et long termes des changements liés aux facteurs socio-bio-physiques. Les références des tendances sont définies selon deux périodes : 20 ans de 1982 à 2002 et 10 ans de 1992 à 2002 correspondant à la disponibilité des données NOAA. A partir de 2002, le suivi des variations des tendances est réalisé tous les 5 ans.

### 5.2.2 La variation de la production primaire

C'est un indicateur qui exprime le changement des quantités de matière végétale /unité de surface/ unité de temps. La quantité de matière végétale se mesure d'abord au sol avant d'être sujette à des manipulations à des fins de généralisation et d'extrapolation. Elle est très liée et corrélée positivement à l'indice de végétation en ce sens qu'ils mesurent tous les deux la même matière. Cependant, tandis que l'indice de végétation a un caractère qualitatif, la production primaire s'exprime en quantité de matière sèche / unité de surface.

C'est un indicateur qui convient parfaitement pour suivre l'évolution des ressources fourragères si l'on considère que l'essentiel de l'alimentation du cheptel sahélien provient de la production primaire. Le changement de la productivité primaire est évalué annuellement par rapport à l'année de référence 2002 et à l'année qui précède l'année d'étude. Les changements sont spatialisés sous forme de cartes sur une base annuelle.

### 5.2.3 La densité du peuplement

Exprimée en nombre d'individus /unité de surface, la densité du peuplement a toujours été un attribut du couvert ligneux particulièrement prisé par les gestionnaires du patrimoine forestier pour connaître l'état d'une végétation ligneuse et pour en suivre son évolution. La variation spatio-temporelle de la densité du peuplement permet d'évaluer le potentiel des ligneux ainsi que l'impact environnemental de plusieurs facteurs (anthropiques, climatiques, etc.) sur le couvert végétal.

### 5.2.4 La composition floristique

L'indicateur « composition floristique » concerne aussi bien la strate herbacée que la strate ligneuse. Le cortège floristique est un indicateur de la diversité biologique car il exprime l'importance du nombre d'espèces présentes dans une aire déterminée; il est aussi un indicateur d'impact si l'on considère l'aspect présence - absence des espèces dans un habitat. En effet, la seule présence de certaines espèces dans certains milieux (aquatique ou terrestre) peut signifier une certaine évolution (positive ou négative). A partir de la composition floristique on peut déduire la fréquence, l'abondance ; autant d'éléments qui permettent de caractériser une végétation donnée. Sa mesure se fait toujours visuellement sur le terrain, même si l'on parvient, avec des PVA, à procéder à l'identification de certaines espèces ligneuses.

### 5.2.5 La structure du peuplement

La structure, qui reflète la distribution spatiale des espèces d'une communauté végétale, peut être considérée comme un indicateur composé, puisque les mesures des individus (diamètre du tronc, hauteur de l'individu) se font concomitamment avec l'identification de l'individu mesuré (composition floristique) et au moment du traitement des données, les espèces sont regroupées par classes (densité). L'analyse de la structure d'un peuplement permet non seulement de voir l'état de ce peuplement, mais aussi d'être renseigné sur son passé suivant l'organisation des espèces dans leurs différentes classes d'âges (représentés par le diamètre).

Les trois indicateurs « densité du peuplement », « composition floristique » et « structure du peuplement » sont évalués annuellement sur le terrain à partir de 50 sites de contrôle. L'année de référence est l'année 1 de suivi (2002).

### 5.2.6 Variation des superficies brûlées

Sans contester les effets bénéfiques qui peuvent résulter des feux de brousse sur le milieu naturel, il faut reconnaître que les conséquences de ces feux sont néfastes pour les parcours naturels à une certaine période de l'année. L'évolution temporelle et spatiale des feux peut témoigner de l'efficacité ou non de l'activité « sensibilisation sur la lutte contre les feux de brousse non contrôlés ». C'est pourquoi les superficies brûlées sont considérées comme indicateur de suivi écologique. Elles constituent le seul paramètre mesurable en particulier quand on ne détient pas en temps réel les données du domaine thermique. Le suivi de cet indicateur est annuel et est réalisé par unité administrative. La référence est alors la superficie moyenne brûlée en dix ans.

## 5.3 Indicateurs de suivi environnemental du domaine « sols »

L'état des sols exprimé en termes de fertilité, de capacité de stockage en eau ou de résistance contre l'érosion sont des variables pertinentes pour un suivi environnemental. Mais l'ampleur du travail de collecte des données et la complexité de la méthodologie pour une représentation spatiale significative limitent l'utilisation de tels indicateurs pour un suivi environnemental à l'échelle nationale. D'autres variables comme la matière organique (MO), le pH et la minéralogie sont aussi des indicateurs permettant de suivre les impacts des actions de développement sur le sol. Mais le suivi de ces variables pose aussi les problèmes méthodologiques de représentativité à l'échelle nationale, les variations spatiales de ces éléments du sol étant très aléatoires.

Au regard de ces problèmes, deux indicateurs sont proposés :

- les « rendements agricoles » des principales spéculations comme indicateurs d'impacts des actions de l'homme sur le sol ;
- les superficies des sols nus.

### 5.3.1 Définition et référence

L'indicateur «rendements agricoles» est lié aux conditions des sols (fertilité) tandis que l'indicateur «superficie des sols nus» caractérise l'évolution des superficies des sols nus dans l'espace temporel de 10 ans.

La représentation cartographique de ces indicateurs est la même que celle de l'occupation des terres 1 : 50.000 à partir des mêmes images LANDSAT ETM où il est possible d'évaluer l'importance spatiale de ces deux classes jusqu'au niveau province. La référence est la cartographie d'occupation de l'année 2002 (alternative 2000).

Selon la nomenclature nationale, les classes concernées sont les classes « 6 » : sols nus et roches affleurantes. Une attention particulière devrait donc être portée à ces classes lors de la cartographie de l'occupation des terres en insistant sur:

- le bon choix de la période d'acquisition des images LANDSAT ETM de manière à éviter les confusions des classes de sols nus et de celles cultivées,

- la recherche d'une bonne précision dans la classification des classes sols nus (> 90%).

### 5.3.2 Mise en place, appui et coûts

Les aspects relatifs à la mise en place, appuis et coût de l'indicateur « rendements agricole » sont pris en compte dans le domaine « production agro-pastorale » ; il en est de même pour l'indicateur sol nu déjà considéré dans l'occupation des terres.

### 5.3.3 Indicateurs supplémentaires

Lors de l'atelier de restitution, il est suggéré de poursuivre les réflexions sur le développement de la méthodologie et l'opérationnalité du suivi écologique dans le domaine des sols à l'aide d'indicateurs comme la MO, pH et la teneur en certains minéraux. Le suivi pourrait être réalisé dans un contexte local comme les terroirs ou dans les zones qui témoignent d'une évolution négative. Ce type d'études spécifiques sur les indicateurs de fertilité des sols viseraient à affiner les méthodologies de suivi, surtout en ce qui concerne la représentativité de l'échantillonnage à l'échelle nationale. Les partenaires indiqués pour ce faire seraient le BUNASOLS, l'INERA (projet jachère) et l'UGFS.

## 5.4 Indicateurs de suivi environnemental des ressources en eau

### 5.4.1 Définition et référence

Les ressources en eau concernent aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines. Pour les eaux de surface, l'envasement serait un bon indicateur pertinent de suivi environnemental dans la mesure où il témoigne des pratiques culturales en amont des plans d'eau et a un impact certain sur la qualité et sur de la quantité de ces eaux. Mais, les méthodes de mesure de cet indicateur étant peu maîtrisées ou exigeant des moyens très importants, il y a lieu de considérer la disponibilité globale des ressources en eau comme indicateur pour le suivi des impacts environnementaux. Pour ce faire, les paramètres mesurables et accessibles suivants sont considérés :

- les hauteurs des plans d'eau ;
- les superficies de plans d'eau ;
- le niveau de la nappe souterraine
- les quantités d'eau tombée (pluviométrie).

L'échelle cartographique est au 1 : 2 00.000 à partir des mêmes images LANDSAT ETM. La référence sera la cartographie d'occupation des terres de l'année 2002.

### 5.4.2 Mise en place et appui

Il existe une base de données des ressources en eau (BEWACO) qui ne nécessite pas d'en élaborer une nouvelle. Il suffit d'une part de mettre sur pied un dispositif régulier de mise à jour et d'autre part, de combler certaines insuffisances par certaines innovations afin que BEWACO puisse répondre aux besoins spécifiques du suivi environnemental PNGT2 :

- introduction de nouveaux champs d'intérêt pour le suivi environnemental notamment les hauteurs d'eau tombée par station météorologique, les superficies et hauteurs des plans d'eau ;
- calage de la base de données BEWACO avec la base de données topographiques de l'IGB ;
- changement de l'environnement de fonctionnement de la base de données "BEWACO" de DOS à l'environnement WINDOWS.

### 5.4.3 Coûts

L'estimation des coûts prend en compte le matériel technique et les services pour la collecte, les traitements des données, la mise à jour de BEWACO et la production des produits du suivi environnemental dans le domaine de l'eau.

## 5.5 Indicateurs de suivi environnemental de la biodiversité

La Convention sur la Diversité Biologique définit la diversité biologique comme « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ». Les questions de la biodiversité sont généralement abordées en termes de gènes, d'espèces, d'écosystèmes et de paysages. Au Burkina, c'est au niveau des écosystèmes terrestres et aquatiques que la biodiversité est déterminée.

### 5.5.1 Définition et références

Le suivi des impacts des activités de développement sur ce vaste domaine implique un choix judicieux d'indicateurs permettant de cerner la complexité de ses composantes. A l'échelle nationale et dans un souci de simplicité et de réduction des coûts, deux types d'indicateurs de suivi environnemental de la biodiversité sont considérés :

- les habitats de la faune (complexité, superficie) ;
- la population de faune, flore et oiseaux .

Les habitats sont déterminés à partir de la complexité du couvert végétal. La stratégie nationale et le plan d'action du Burkina Faso en matière de diversité biologique (SP/CONAGESE, 2000) définissent plusieurs types d'habitats :

- les forêts claires, savanes, steppes, jachères et parcs agroforestiers, plantation pour les écosystèmes terrestres (naturels ou anthropiques) ;
- les formations du long des cours d'eau et des abords des lacs, les marécages, les systèmes irrigués pour les écosystèmes intermédiaires;
- la végétation des lacs, des barrages et des étangs, et les phytoplanctons des hydrosphères (naturels ou artificiels, intermittents ou permanents) ;
- la végétation des édifices sableux, des sources et cascades des écosystèmes terrestres ou aquatiques spécialisés tandis que les populations sont déterminées par inventaires selon des méthodes plus ou moins complexes et élaborées.

Ces entités sont, en fait, représentées dans les classes d'occupation des terres de la BDOT ( les classes « 4 » : champs et plantations, classe « 5 » : végétation naturelle. Le pas de temps requis pour l'observation des variations est de 10 ans. Ceci devrait permettre d'évaluer de manière plus pertinente les variations des superficies des habitats (fragmentation ou changement de classes etc.. ). L'échelle est celle de la BDOT (1 : 50.000) à partir des images LANDSAT ETM. L'année 2002 est l'année de référence. Pour chaque type d'habitat, la composition floristique est également analysée pour évaluer les changements intervenus au cours de l'intervalle de temps de 10 ans (migration d'espèces, fréquence relative).

L'indicateur « population des espèces fauniques » est évalué à partir des inventaires de faune et de flore par approches statistiques. Il permet par exemple d'évaluer l'importance relative des espèces et de suivre l'évolution des populations des principales espèces comme les grands mammifères. L'année de référence est l'année 2002 avec un pas de temps annuel en accord avec le PRONAGEN.

Pour les ressources halieutiques, le suivi concernera les principaux plans d'eau où des statistiques sont déjà disponibles selon un pas de temps annuel. 2002 est l'année de référence.

### 5.5.2 Mise en place, appui et coûts

Les coûts de suivi de la biodiversité sont évalués à environ 662 Millions de Francs CFA dans le cadre des inventaires aériens de la faune par le PRONAGEN pour les 5 années à venir, correspondant à la première phase du PNGT 2.

La prise en charge du suivi de ce domaine par le PNGT2 est évalué à environ 50 Millions.

## 5.6 Indicateurs de suivi environnemental des productions agro- pastorales

### 5.6.1 Définition et référence

Les rendements agricoles et la production primaire constituent les indicateurs identifiés. Le rendement agricole moyen exprimé en kg par hectare au niveau des unités administratives provinciales concerne les principales cultures comme le mil, le sorgho, le maïs, le riz et le coton.

La variation spatiale des rendements est souvent forte, même pour les années à rendements moyens. Pour cette raison, il est recommandé que la référence soit constituée par les valeurs moyennes des dix années précédentes. Le SSA a collecté et stocké les données pertinentes et fiables sur les rendements des cultures depuis 1993 grâce à un appui des Pays- Bas. La période 1993 – 2002 est la référence retenue.

Un indicateur supplémentaire évident pourrait être la variation annuelle des superficies cultivées par principale spéculation. Cet indicateur peut être généré à partir des données sur les superficies emblavées, également déjà disponibles au SSA.

L'indicateur production primaire est le même que celui qui sert dans le suivi de la végétation (ref .5.2.2)

### 5.6.2 Mise en place et appui

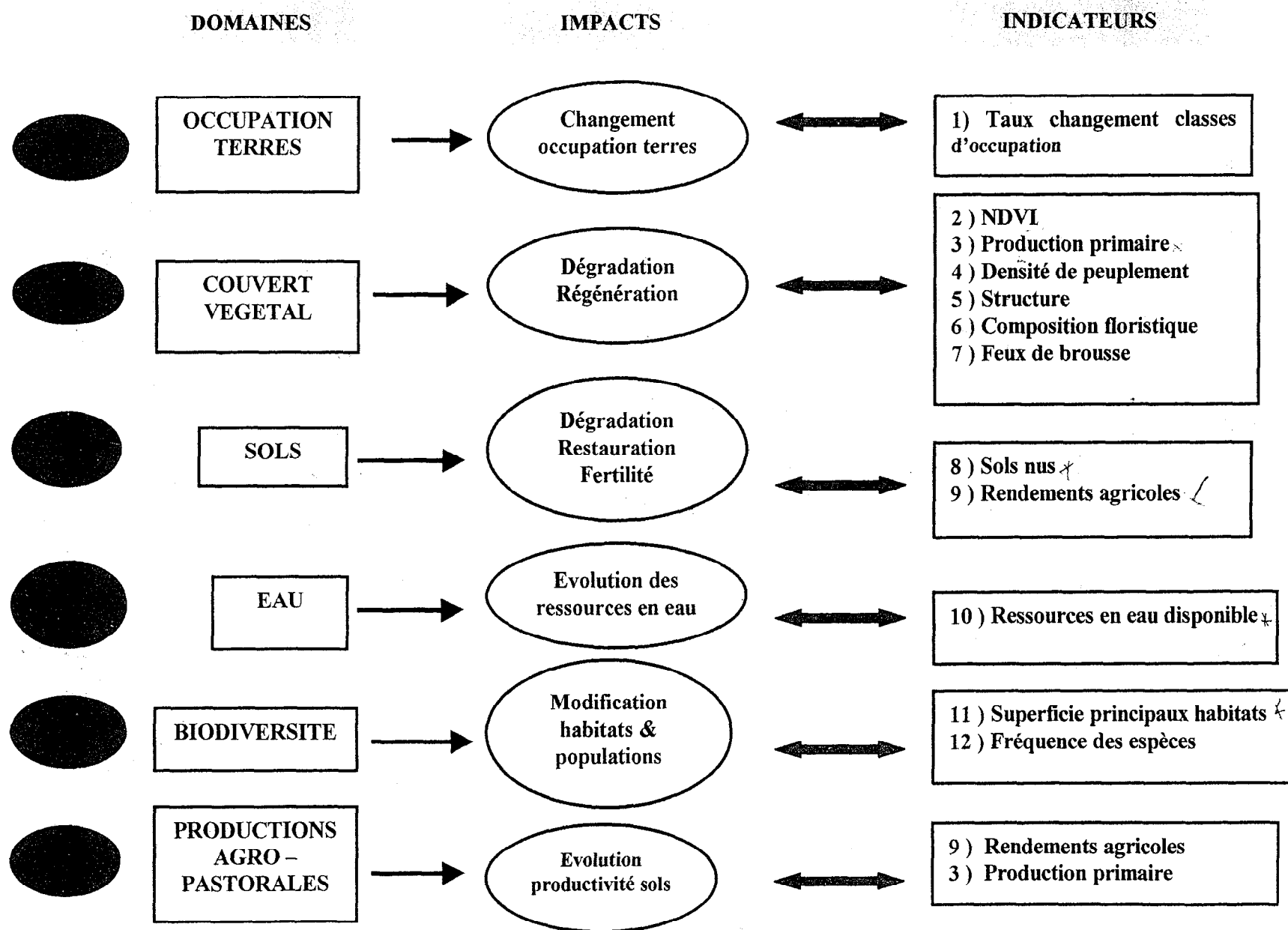
Le SSA est suffisamment opérationnel et remplit bien sa mission dans le dispositif fonctionnel de l'administration en matière de statistiques agricoles. Par conséquent, le choix d'une situation de référence en rapport avec l'indicateur « rendement agricole » est relativement facilité compte tenu de la collaboration qui existe déjà dans les protocoles entre le PNGT et le SSA mais aussi dans le cadre du réseau PNGIM.

L'appui des Pays Bas au SSA prend fin en décembre 2002, ce qui pourrait rendre difficile le futur fonctionnement du dispositif de collecte des données statistiques sur les rendements des productions agricoles. Le PNGT pourrait déjà dès 2003 envisager un appui financier direct éventuellement à long terme pour garantir la pérennisation du dispositif déjà en place.

### 5.6.3 Coûts actuels

Les coûts sont ceux liés à la collecte des données sur les rendements et les superficies cultivées. Les coûts actuellement en cours sont de l'ordre de 25 000 F CFA en moyenne par ménage enquêté ( 4 500 à 5 000 ménages pour 650 à 750 villages) soit 112 500 000 à 125 000 000 F CFA par campagne agricole pour l'évaluation des rendements et des superficies cultivées par province.

Figure 1 : Indicateurs de suivi environnemental



## VI METHODOLOGIE ET OUTILS DE COLLECTE DES DONNEES

Les changements sont évalués à travers les indicateurs, mesurés et suivis à l'aide de paramètres qui permettent de représenter le milieu ou le phénomène étudié (annexe 3). Cependant, il faut souligner que c'est la situation du moment qui est mesurée sur des éléments représentatifs d'un milieu ou d'un phénomène relativement connu en terme de caractérisation et de variabilité spatio-temporelle. Les mesures se font à plusieurs niveaux à partir de supports dont les plus usités en matière d'environnement sont ceux à caractères spatiaux et ceux localisés sur le sol. Le réseau de collecte des données au sol doit être conçu de manière à assurer un lien spatial fiable avec les données issues de la télédétection pour la spatialisation des données à l'échelle nationale.

### 6.1 L'imagerie satellitaire

L'imagerie satellitaire constitue de nos jours, la principale source d'information sur l'état des ressources naturelles. En effet, avec les possibilités qu'offrent les capteurs et la fréquence d'acquisition des images sur de très larges superficies, la généralisation et la spatialisation de résultats obtenus à partir du sol, la télédétection est devenue incontournable pour surveiller l'état de notre planète et l'impact de nos activités. Les produits satellitaires les plus utilisés sont ceux de NOAA AVHRR, à faible résolution (1,1km<sup>2</sup>), avec une fréquence élevée d'acquisition des images (2 passages /jour et 4 jours sur 9, LANDSAT ETM et SPOT qui sont des satellites à haute résolution (30m et 20 m) qui ne passent que tous les 16 ou 26 jours.

Ces satellites possèdent un certain nombre de bandes qui, pris individuellement ou en combinaison, permettent de discriminer des éléments divers de la Terre (sol, sous-sol, eau, végétation, nuages). Par exemple, le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un rapport de la valeur radiométrique des bandes (PIR-R)/(PIR+R) qui permet d'évaluer l'activité chlorophyllienne des végétaux qui est, elle-même, corrélée à la masse des organes végétaux chlorophylliens, communément appelée matière verte. Ainsi, le NDVI, a montré une nette relation avec les paramètres qui caractérisent la végétation comme sa productivité, son recouvrement, son activité photosynthétique et autres paramètres qui, dans le temps et dans l'espace, montrent la dynamique et la résilience du milieu végétal.

Beaucoup de produits destinés au suivi et à la gestion des écosystèmes tels que la carte de biomasse, la carte des tendances sont basés sur l'indice de végétation et plus particulièrement sur le NDVI. En général, ce sont les données NOAA AVHRR (5 bandes) qui sont utilisées à cette fin en raison du coût modique des images de ce satellite qui, initialement conçu pour recueillir des données météorologiques, s'avère très efficace pour les études relatives à la végétation. Il existe au moins deux structures de la sous-région (Agrhymet et CSE) qui possèdent des stations de réception des données NOAA leur permettant d'acquérir quotidiennement, à titre gracieux, des données NOAA AVHRR et qui peuvent les rétrocéder à leurs partenaires à moindre frais.

Les satellites à haute résolution (Landsat ETM et Spot) ont plus de capacités que NOAA, mais leurs données coûtent plus chères et sont plutôt utilisées pour l'élaboration de cartes thématiques qui requièrent des informations détaillées. Landsat ETM possède huit bandes et chacune de ses scènes couvre une superficie de 185 Km sur 185 Km pour un prix de 600 dollars US par scène. La synthèse entre les canaux multi-spectraux et le canal panchromatique permet de réaliser des cartes à l'échelle de 1:50.000.

### 6.2 Réseau de collecte des données terrain sur le couvert végétal

L'échantillonnage au sol doit considérer deux échelles : l'échelle temporelle et celle spatiale.

#### 6.2.1 Echelle temporelle

La fréquence des interventions et mesures et la date sont fonction de la fréquence et de l'évolution temporelle des phénomènes physiques et biologiques à suivre. Pour la strate herbacée qui se caractérise par une variation inter-annuelle sensible, une collecte annuelle est nécessaire pour apprécier sa dynamique; elle devrait se situer dans la période où le pic de production est atteint. La production maximale est très souvent constatée en zone sahélienne et soudanienne vers la fin de la saison des pluies. Cependant, les changements de la strate ligneuse

(biomasse foliaire et volume de bois) d'une année à l'autre ne sont très perceptibles que dans les zones d'exploitation de bois ou en période de déficit pluviométrique important. De ce fait, ils peuvent se mesurer selon un pas de temps quinquennal au risque de manquer les évolutions rapides liées à des catastrophes naturelles (sécheresse ou inondations).

### 6.2.2 Echelle spatiale

La dimension et la forme du site d'échantillonnage sont déterminées par les caractéristiques du milieu naturel, mais aussi par les caractéristiques des supports spatiaux qui permettent d'établir les relations entre les valeurs spectrales et les données obtenues à partir des mesures au sol pour leur généralisation et leur spatialisation. Aussi, les valeurs au sol qui doivent correspondre à celles de NOAA -AVHRR doivent être issues d'une superficie minimale de 1x1 km qui correspond à l'élément élémentaire (pixel) de ce support spatial. C'est seulement quand cette condition est remplie que l'organisation spatiale de l'aire d'échantillonnage est initiée à l'intérieur de celle-ci comme à l'extérieur (répartition des sites d'échantillonnage).

La distribution des sites est guidée par le souci d'assurer une bonne représentativité du caractère physique du milieu naturel et de l'effet de l'activité humaine. En effet, les changements ne peuvent être pleinement perçus que lorsqu'ils se manifestent à l'intérieur de l'aire d'influence du site d'étude. Le nombre de sites, lui est fonction de la précision désirée, mais aussi des moyens disponibles pour effectuer le suivi. Il est évident que moins les moyens alloués pour le suivi sont consistants, moins le nombre de sites est important et moins les résultats sont précis.

## 6.3 Proposition d'un dispositif de suivi au sol

### 6.3.1 Le couvert végétal

Les critères suivants ont guidé le choix du dispositif :

- adéquation avec les supports spatiaux ;
- garantie de la permanence du site et de la répétitivité des mesures : formes et dimensions uniques et fixes pour mesurer les changements ;
- orientation adéquate pour prendre en compte l'hétérogénéité du couvert végétal ;
- recouvrement des systèmes de production afin de mieux apprécier l'effet de l'activité humaine.

Le dispositif de suivi au sol s'articule autour des sites de contrôle au Sol (SCS) qui en constituent l'élément élémentaire. Le SCS a une superficie de 9 km<sup>2</sup> qui représente 3 pixels X 3 pixels de NOAA AVHRR.

L'aire d'échantillonnage est installée au niveau du pixel central où s'effectuent les mesures suivant une méthode d'échantillonnage définie pour prendre en compte l'hétérogénéité du couvert végétal et pour une exécution aisée et rapide. L'aire d'échantillonnage est une bande d'interception large de 1 m et longue de 1 km, constituée de 4 axes distants de 200 m les uns des autres dont le premier est placé à 200 m du début de la bande ; chaque axe constitue le centre d'un plateau circulaire de 2500 m<sup>2</sup> (R= 28, 21). Le début et la fin de la bande, ainsi que les axes sont localisés au GPS et matérialisés soit par une borne, soit par tout autre repère assez efficace et suffisamment discret pour ne pas créer un changement de comportement des populations.

L'aire d'échantillonnage est orientée dans le sens de la toposéquence pour mieux prendre en compte les variations induites par l'hétérogénéité.

#### 6.3.1.1 La strate herbacée

La bande sert à l'échantillonnage de la strate herbacée suivant une méthode d'estimation combinée à des coupes sur placettes de 1m<sup>2</sup> dont les emplacements sont choisis au hasard et dont le nombre est fixé suivant la précision souhaitée. Tout le long du transect de 1 km, une estimation de la strate herbacée est effectuée suivant les différents niveaux de production fixés. Ensuite, au niveau de chaque placette de 1 m<sup>2</sup>, la contribution relative de chaque espèce herbacée dans la production primaire est notée avant que l'herbe contenue dans ces placettes ne soit coupée et pesée. Des prélèvements de matière verte sont effectués afin d'obtenir le taux de matière sèche.

La production totale /ha de la biomasse herbacée est obtenue par la somme des productions de chaque niveau pondérée par leur fréquence relative.



### 6.3.1.2 La strate ligneuse

C'est à l'intérieur des placeaux circulaires ( 4 ) que s'effectue l'inventaire des espèces ligneuses. Les paramètres collectés au niveau des ligneux sont le nom de l'espèce, le diamètre, la hauteur totale, les dimensions du houppier de chaque espèce. La plante rencontrée est qualifiée de régénération quand son diamètre est inférieur à 3 cm. Les états phénologiques et physiologiques de la plante ainsi que les marques liées à une activité humaine (coupes, mutilations) sont aussi relevés.

La production foliaire totale du site est égale à la somme des productions foliaires des individus inventoriés dans les placeaux. La production individuelle est obtenue par application de relations allométriques liant la circonférence du tronc à la biomasse. Ces relations ont été établies pour les principales espèces ligneuses sahéniennes et soudaniennes. La production primaire totale / hectare / site est obtenue en faisant la somme des productions herbacées et des productions foliaires de chaque site.

### 6.3.1.3 Répartition des Sites

Les facteurs qui permettent d'identifier les unités d'échantillonnage sont la topographie, les caractéristiques pédo-géomorphologiques, la distribution des différents types de végétation et des différents systèmes de productions. Faute de moyens d'étudier en profondeur ces facteurs, l'allocation des sites est faite en fonction de l'importance géographique des zones agro-écologiques définies par Ouadba (1997). Ces zones sont des entités qui regroupent en leur sein des aires homogènes sur le plan écologique, social, et économique. Le tableau 4 répartit les sites par zone agro-écologique. Le dispositif de suivi pourrait démarrer avec 50 sites. A titre de comparaison, dans un pays comme le Sénégal dont la superficie est inférieure à celle du Burkina Faso et les caractéristiques biophysiques similaires à celles du Burkina, il a été mis en place une quarantaine de sites pour le suivi écologique.

Tableau 4 : Répartition des sites d'observation au sol

Zones phytogéographiques / Formations végétales	% Territoire	Nombre de sites d'observation
<b>DOMAINE SAHÉLIEN</b>		
Secteur Nord-Sahélien		
Steppe herbeuse	0,32	2
Steppe herbeuse et arbustive	3,18	2
Steppe arbustive	6,95	3
Steppe arbustive et fourré	1,22	2
Prairie aquatique	0,06	2
Secteur Sud-Sahélien		
Steppe arbustive	12,31	5
Steppe arbustive à arborée	2,67	2
Steppe et savane arborée des vallées	2,50	2
Savane arborée	0,11	2
<b>DOMAINE SOUDANIEN</b>		
Secteur Nord-Soudanien		
Savane arborée à boisée	1,43	2
Savane arborée à arbustive	28,05	8
Parcs agro-forestiers/Savanes-Parcs	4,37	2
Savane arborée et prairie-inondables du Sourou	0,32	2
Secteur Sud-Soudanien		
Savane arbustive à arborée	12,34	4
Savane arborée à arbustive et boisée	16,21	5
Savane arborée à boisée et forêt claire	7,58	3
Forêt-galerie et prairie aquatique associée	0,16	2
<b>Total</b>		<b>50</b>

### 6.3.2 Les sites de suivi de la diversité biologique

Les sites de suivi de la biodiversité englobent les sites de suivi du couvert végétal puisque ce sont les mêmes paramètres qui sont considérés dans les analyses et la mesure des indicateurs (fréquence des espèces...). Pour le suivi des populations fauniques, les sites proposés sont ceux du PRONAGEN et du projet ECOPAS :

- mare d'Oursi (site Ramsar) dans l' UCF du Sahel ;
- forêt classée et réserve partielle de faune de la Comoé-Léraba de l'UCF de la Comoé-Léraba ;
- forêt classée Boulon et Koflandé de l'UCF de la Comoé-Léraba ;
- Parc National Kaboré Tambi de l'UCF de Pô ;
- mare aux hippopotames (site Ramsar) de l'UCF de Bobo ;
- Forêt classée des 2 Balé de l'UCF de Boromo ;
- le Parc W dans le cadre du projet ECOPAS/ Parc W.

## 6.4 Traitements des données et produits à réaliser

### 6.4.1 Cartographie de l'occupation des terres

La cartographie de l'occupation des terres peut se faire avec les images LANDSAT ETM à une échelle de 1 : 50.000, optimale pour une couverture nationale pouvant contenir des informations pertinentes au niveau provincial.

Trois méthodes de traitement et d'interprétation d'images peuvent être considérées:

1. interprétation visuelle des images ;
2. classification automatique des données numériques ( supervisée ou non supervisée) ;
3. classification multi dates qui est également une classification automatique utilisant à la fois deux scènes LANDSAT ETM pour améliorer la qualité de la classification (taux de classification supérieur de 90%).

L'avantage de l'interprétation visuelle est qu'elle allie simplicité et compréhension. Avec des connaissances minimales, il est possible de réussir une classification sur les grandes classes générales. Mais l'inconvénient majeur est qu'elle manque de cohérence, et a toujours un caractère subjectif lié au choix des trois canaux, au manque de contraste et à l'interprète lui même. De plus, l'interprétation visuelle est aussi une technique lourde qui requiert du temps et une bonne reconnaissance du terrain.

La classification automatique et numérique constitue une alternative à l'interprétation visuelle. Avec une connaissance des sites d'entraînement qui représentent les classes à cartographier, il est possible d'extrapoler leurs caractéristiques spectrales pour obtenir une cartographie complète de l'image LANDSAT. L'avantage est l'identification unique des signatures spectrales par classe et la possibilité de faire des extrapolations. Avec cette méthode, la cohérence est plus facile à maintenir. L'inconvénient est que la méthode demande une connaissance technique élaborée. Avec les classifications automatiques et numériques, la précision des résultats est parfois faible (souvent entre 60% et 85%). Pour atteindre une précision de 85%, il est nécessaire que tous les principes de la méthodologie soient respectés. Le problème de la précision s'exprime surtout au moment de faire le croisement entre deux classifications. Dans un tel contexte, les erreurs individuelles des deux classifications (des deux cartes d'occupation des terres) sont cumulativement appliquées au résultat final.

Par rapport à l'interprétation visuelle, la classification automatique et numérique donne toujours plus d'informations (nombre de classes optionnel) avec une cohérence plus importante.

Le problème de la faible précision peut être résolu par l'approche multi-date; au lieu de travailler avec une seule image, on utilise deux images LANDSAT ETM qui représentent deux situations différentes avec des informations complémentaires (phénologie de la végétation, réponse spectrale selon la saison, changement de l'humidité du sol, calendrier agricole, etc.). En utilisant cette technique, on peut obtenir des précisions supérieures à 95% même pour la classification de forêts tropicales, où les différences spectrales entre les peuplements sont minimales (Toettrup, submitted ; Leisz et al in prep). La deuxième série d'images devrait être

par exemple complémentaire à la série d'images LANDSAT 2000 déjà disponible au SP/CONAGESE. Les deux périodes complémentaires pourraient être 1) juin – août et 2) novembre – mars).

Cependant, il est recommandé d'acquérir des images LANDSAT ETM les plus récentes possibles pour l'élaboration de la carte d'occupation des terres et de ne pas se contenter des images LANDSAT du 2000 qui sont déjà disponibles car les études de terrain permettant de les interpréter ne peuvent être réalisées avant 2002. Les coûts supplémentaires pour renouveler l'achat des images LANDSAT (environ 18 images pour la couverture nationale et US\$ 600 par image) pourraient être de loin inférieurs au coût d'une étude au sol qui devrait restituer une situation qui date des années passées. C'est surtout dans le domaine agricole et pour les forêts exploitées, lieux de changements rapides, que l'utilisation de vieilles images induirait le plus d'erreurs.

Les produits à réaliser sont :

- 1) La carte d'occupation des terres au 1 : 50.000 en format numérique pour l'année 2002 ;
- 2) La carte d'occupation des terres au 1 : 200.000 en format analogique pour l'année 2002 ; comme référence des changements des classes d'occupation des terres ;
- 3) La carte d'occupation des terres 1 : 50.000 en version numérique de 1992.

Considérant les ressources humaines, financières et le temps qu'une telle opération requiert, il serait très judicieux de procéder à une cartographie graduelle du territoire national en donnant la priorité aux zones qui, dans l'immédiat, ont besoin de cartes (zones d'intervention de projets, zones à tendances significatives). La réalisation des cartes d'occupation des terres est prévue pour deux années ; mais la couverture d'un tiers du territoire pourrait se faire en une année, avec une bonne coordination entre le renforcement des capacités et l'exécution des tâches. En effet, il est toujours possible de mener la formation tout en exécutant des travaux.

Du point de vue opérationnel, il conviendrait de :

- 1) identifier un appui technique de l'extérieur et négocier les conditions d'appui ;
- 2) collecter les données de référence in situ de manière géoréférencée à l'aide du GPS suivant la nomenclature standard adoptée au Burkina Faso. Pour chaque site / zone, au moins 8 points GPS par classe sont à relever ;
- 3) organiser des séances de formation et de travail conjointes avec tous les partenaires et l'appui technique sous-régional ou international pour assurer la maîtrise de la classification numérique multi-date des images LANDSAT ETM ;
- 4) procéder à la classification des images couvrant le territoire national de manière progressive sous la coordination d'une expertise nationale. Le PNGIM et son réseau de partenaires pourrait jouer ce rôle ;
- 5) assurer le contrôle de qualité avec l'appui de l'expertise extérieure sous forme de forum de discussions et d'échanges.

D'une manière générale, il est recommandé que l'ensemble de l'activité soit accompagné d'un appui technique conséquent en vue de l'adoption et de la maîtrise progressives de la méthodologie. Dans un tel processus, les institutions de recherche, telles que ENRECA et INERA devraient être impliquées le plus possible.

#### 6.4.2 La carte de tendance

L'objectif est de déterminer l'évolution de la productivité de la végétation pendant une période relativement longue (10-20 ans). Les séries de cartes annuelles de biomasse sont idéales pour cette approche, car elles donnent une idée très qualifiée sur l'état de la végétation annuelle et elles sont déjà spatialisées en forme des pixels NOAA (1 km<sup>2</sup>). L'analyse des séries permet d'identifier l'évolution dans le temps du NDVI sous forme graphique comme sur la figure 2 qui montre l'évolution du NDVI intégré entre juillet et septembre pour le Sénégal durant la période 1986 – 1999. La pente de la droite de la régression obtenue par pixel permet d'aboutir à une représentation cartographique des tendances (fig. 3). Sur cette carte, les différentes classes de valeurs (en couleurs) caractérisent différentes tendances (couleur rouge = négative ; vert = positive ; jaune = stable).

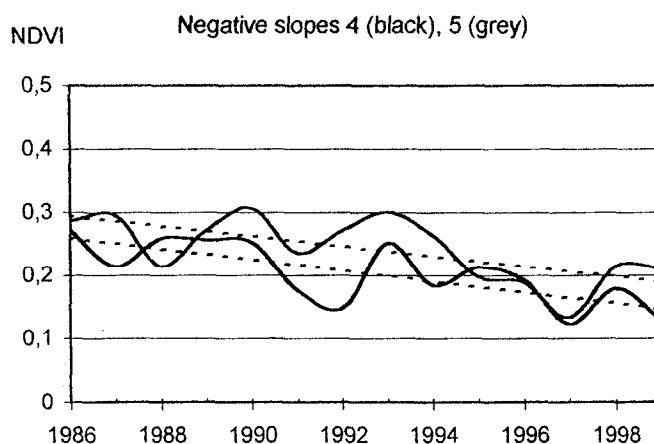
NOAA constitue la meilleure source de données pour la création d'une carte de tendance; soit à partir des données originales NOAA AVHRR LAC (Local Area Coverage) qui ont une résolution spatiale de 1 km<sup>2</sup>, soit avec les données « Pathfinder » (Rigina et Rasmussen 2001a et 2001b). Les données « Pathfinder » sont

avec les données « Pathfinder » (Rigina et Rasmussen 2001a et 2001b). Les données « Pathfinder » sont composées des données NOAA AVHRR GAC (Global Area Coverage), traitées selon des méthodes nouvelles et agrégées à l'échelle 8 x 8 km<sup>2</sup>. Une archive de données Pathfinder en format de compositions décennales de 1980 à nos jours est livrée gratuitement sur Internet. Ce qui explique une disponibilité toujours élevée de scènes GAC par rapport aux données LAC qui, en Afrique, ne peuvent s'obtenir qu'à l'aide d'une station de réception située à proximité de la zone qui devrait être couverte.

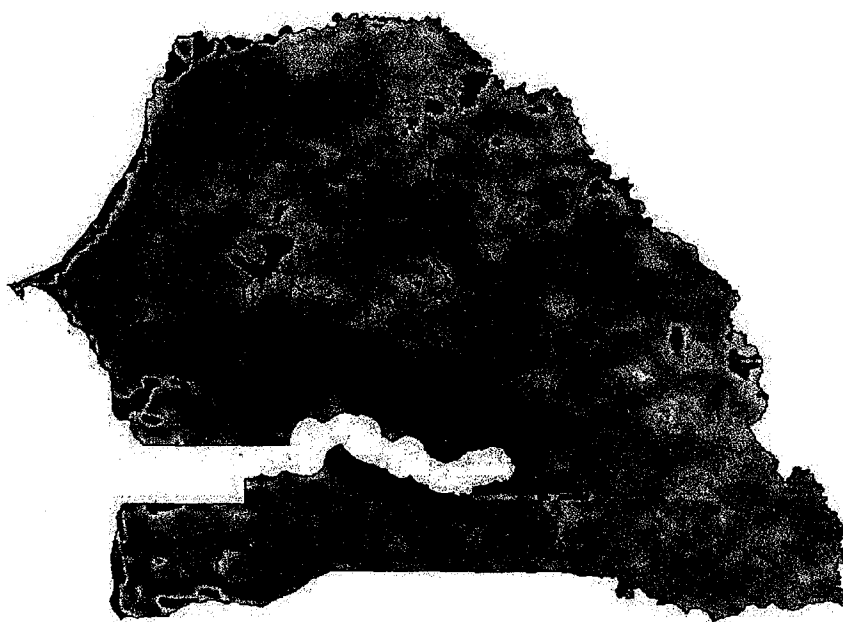
Une fois la carte de tendance créée, l'interprétation des différentes situations repérées devrait être faite en rapport avec l'évaluation de la pluviométrie de la période correspondante. Les endroits qui montrent une évolution négative de la végétation, sans pour autant avoir une tendance similaire de la pluviométrie sont des zones qui devraient faire l'objet d'études plus approfondies. Les mêmes modalités d'analyse devraient s'appliquer aux zones identifiées comme dégageant des tendances positives.

Le logiciel WinChips (CDT, 2001) a toutes les fonctions nécessaires pour créer une carte de tendance à partir des données Pathfinder ou NOAA AVHRR LAC. Les logiciels Idrisi, ILWIS pour Windows, peuvent également être utilisés pour la même tâche. Les tendances évolutives sont à réaliser tous les 5 ans, pas de temps optimum pour l'étude des changements sur la végétation.

**Figure 2 : Evolution du NDVI intégré pour la période 1986 – 1999 au Sénégal.**



**Figure 3 : Carte des tendances 1986 – 99 au Sénégal.**



#### 6.4.3 La carte annuelle de biomasse

La carte de biomasse est un outil à plusieurs fonctions qui peut être utilisé comme indicateur dans l'appréciation de la dynamique du milieu naturel et servir pour la gestion des parcours naturels. Elle peut être obtenue à partir de deux types de données :

- la carte d'indice de végétation obtenue par intégration sur la période humide (10 juillet au 30 septembre) des synthèses décennales (MVC) d'images soit de NOAA (AVHRR), soit de SPOT/VEGETATION. Les images de synthèse décennales regroupent les valeurs NDVI les plus élevées tirées des images recueillies sur une période de 10 jours et choisies pour leur très faible taux de couverture nuageuse ;
- la quantité de biomasse produite (herbacée et ligneuse en kg.MS /ha) mesurée au niveau de sites de contrôle au sol.

Une droite de régression est établie entre l'indice de végétation intégré et la production végétale mesurée sur le terrain. Elle est de la forme :

$$P = a * NDVI + b$$

où

P = production primaire

a = constante

b = pente

En zone sahélicienne, le taux de corrélation peut atteindre 90% (Groten, 1991). L'application d'une telle fonction à l'image de NDVI permet de spatialiser la production de biomasse qui peut être représentée en classes de valeur pour la visualisation et les analyses (fig.4). Cette approche a été développée et appliquée au Sénégal depuis 15 ans au CSE, Dakar (Diallo et al 1992, Rasmussen 1998). La même méthodologie a été appliquée aux régions Centre, Est et Nord du Burkina par Sawadogo, S. et al, (1994).

L'opération est effectuée avec tout logiciel SIG ou traitement d'images capable d'effectuer des opérations mathématiques dans un cadre spatial : Winchips, Ilwis, Easi Pace de PCI. Ces logiciels sont déjà utilisés au Burkina par différents partenaires : PCI par INERA, IGB et ENIGME ; ILWIS et ERDAS par PNGIM, ILWIS par SSA ; Winchips par PNGIM, DFVAF, ENRECA.

Cependant, en zone soudanienne, la saturation du niveau de l'indice peut intervenir du fait du grand nombre de couches de feuilles (LAI) qui ne permet d'établir une bonne relation linéaire entre le NDVI et la production primaire. Dans ces zones, l'évaluation de la biomasse se fera de manière classique : échantillonnage, mesure au sol et spatialisation de la production sur la base de la cartographie d'occupation des sols.

Du point de vue opérationnel, une fois que les données terrain sont disponibles, il conviendrait de :

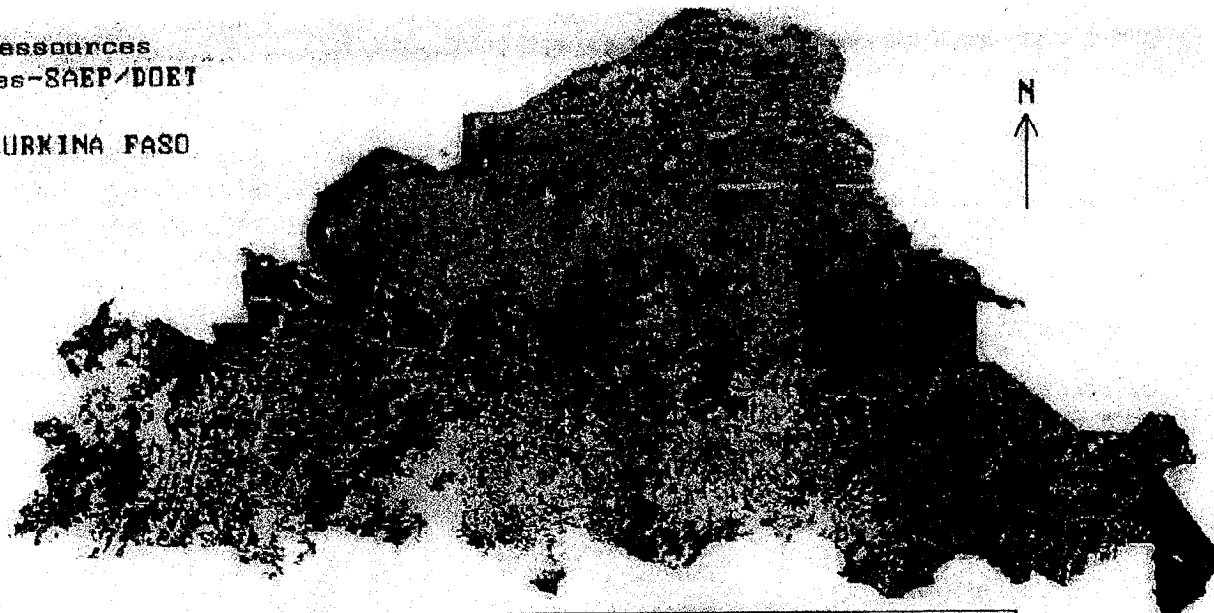
1. identifier les expertises locale (privés ou consultants indépendants) en matière de modélisation. Au besoin, un appui technique de l'extérieur pourrait être sollicité selon des conditions à négocier. A ce titre, l'équipe CSE - GRAS qui a une expertise en la matière pourrait être sollicitée.
2. identifier et négocier les conditions d'acquisition des données NOAA AVHRR LAC avec le CSE ou le Centre AGRHYMET. La Coordination du PNGIM peut jouer ce rôle, tandis que la direction de la météorologie nationale pourrait faciliter l'accès aux données du Centre AGRHYMET.
3. organiser des séances de travail et formation à Ouagadougou (1 semaine) pour les principaux partenaires intéressés par la production de la carte de biomasse (PNGIM, DM, DAPF, INERA, DFVAF...). La formation pourrait être assurée par le CSE-Dakar, GRAS ou des privés locaux compétents en la matière.










Il est attendu comme résultat la première carte annuelle de biomasse qui peut être réalisée dès la fin de la saison des pluies 2002.

Figure 4 : Carte de biomasse de 1994 des zones soudano-sahélienne et sahélienne du Burkina

Suivi Ressources  
Pastorales-BAEP/DOET

MARA - BURKINA FASO



	ZONE DE CULTURE		1500-2000 KG/HA
	0-300 KG/HA		2000-2750 KG/HA
	300-500 KG/HA		2750-3250 KG/HA
	500-1000 KG/HA		3250-4000 KG/HA
	1000-1500 KG/HA		

Biomasse herbacée des zones Centre, Sud et Nord du Burkina Faso  
estimée par télédétection (Sawadogo S., et al.; 1994)

#### 6.4.4 La Carte de peuplement

Elle va être dérivée de la carte d'occupation des terres; elle l'enrichit dans une certaine mesure par l'apport d'éléments complémentaires liés aux différents groupements végétaux. En fait, elle va tirer plus vers une carte de la végétation ligneuse avec une dimension quantitative relative à la densité et la structure du peuplement; des éléments qui permettent de quantifier le potentiel ligneux dans les différentes catégories d'occupation des terres. Il nécessite un travail intensif d'inventaire forestier, en particulier sur les sites qui auront servi d'aires d'entraînement pour la carte d'occupation des terres et sur les sites permanents qui seront installés pour le suivi de la végétation. Le travail d'inventaire incombe à la DFVAF et aux équipes chargées de la collecte des données au sol sur la végétation. Les coûts se résument principalement à la cartographie et à ceux liés aux études de terrain qui sont partiellement couverts par l'activité suivi des ligneux avec laquelle la carte de peuplement a le même pas de temps de cinq (5) ans.

Sur le plan opérationnel, il s'agira de :

1. Identifier et localiser les aires d'entraînements et sites de suivi;
2. Programmer l'inventaire sur les aires d'entraînement;
3. Représenter sur les cartes les différentes densités de peuplement.

#### 6.4.5 La cartographie des feux de brousse

En général, les feux de brousse se manifestent tous les jours dès la fin de la saison des pluies (octobre) pendant au moins 7 mois.

Faute de moyen d'acquisition en temps réel des données relatives aux feux (inexistence d'une station de réception NOAA sur place), le suivi quotidien des feux s'avère impossible. Les données relatives aux zones brûlées qui seront collectées pourront servir, cependant, à évaluer, dans le court terme, les effets de la sensibilisation sur les feux de brousse, l'importance du stock fourrager détruit et à long terme, à développer des modèles permettant d'identifier les zones à risques.

Les cartes de feux sont donc générées à partir des données NOAA AVHRR LAC (pixels de 1 km<sup>2</sup>) que l'on peut obtenir au centre AGRHYMET via la direction de la météorologie nationale, Ouagadougou ou le CSE, Dakar. La détection des feux est rendue possible grâce au rayonnement infrarouge dégagé par ces feux. Pendant la nuit, la sensibilité du capteur AVHRR aide à mieux repérer les éléments de l'image qui ont un signal très élevé dans l'infrarouge moyen (canal 3) et qui correspondent à des feux actifs. Avec les images de nuit, les risques de confusion entre les surfaces réellement en feu et les surfaces non en feu sont éliminés par l'absence de rayonnement solaire qui annule les risques de confusion avec des surfaces absorbantes (sols nus et secs, cuirasses latéritiques), aux caractéristiques spectrales analogues aux surfaces brûlées.

Les cartes de feux peuvent être élaborées au niveau de la Coordination du PNGIM (dans le cadre du Programme de suivi du couvert végétal et des feux de brousse) et en collaboration avec la DFVAF. Ces deux structures disposent en leur sein de la technologie et des compétences en la matière. Le processus d'élaboration de la carte de feux commence, après la réception des images, par leur redressement géographique. Cette phase est suivie par la classification consistant en un seuillage du canal 3 (infra-rouge thermique) pour détecter les feux actifs.

La classification se fait avec tout logiciel de traitement d'images (par exemple le Logiciel WINCHIPS); quant à la cartographie des feux de brousse et à l'établissement de statistiques, ils peuvent se faire sous Arcview.

#### *Le plan opérationnel*

1. identifier et négocier les conditions de livraison des données NOAA -AVHRR LAC entre la DM, le centre AGRHYMET et le CSE ou même par Internet (site ADDS);
2. identifier un appui technique local. La technique est supposée être maîtrisée au niveau local, suite à la formation CSE reçue par certains cadres;
3. cartographier les aires brûlées suivant la périodicité désirée (décade, mensuelle, annuelle).

## VII DISPOSITIF OPERATIONNEL A METTRE EN PLACE

Le caractère transversal de l'environnement impose une implication de plusieurs partenaires pour assurer un suivi environnemental susceptible de faire périodiquement le point sur l'état global de la situation au niveau national. Ce qui signifie que chacun des partenaires a un rôle précis et particulier à jouer dans le dispositif de manière à fournir les informations pour la construction d'une banque nationale de données sur l'environnement (BNDE).

Du point de vue opérationnel, l'intervention des partenaires se situe à plusieurs niveaux comprenant :

1. la définition de la situation de référence ;
2. la mise en place des dispositifs de terrain ;
3. la construction des bases de données ;
4. la collecte des données ;
5. le traitement et l'analyse des données ;
6. l'élaboration des produits de suivi et l'alimentation de la BNDE ;
7. l'analyse des tendances évolutives par la structure en charge de la coordination nationale en matière de politique environnementale ;
8. l'alimentation du rapport sur l'état de l'environnement au Burkina (REEB) et sa diffusion / mise en ligne dans le cadre du système national d'information sur l'environnement (SNIE).

### 7.1 Le rôle des partenaires

#### 7.1.1 Définition de la situation de référence

Pour chaque indicateur, une situation de référence devrait être réalisée. Elle constitue le point de départ du suivi environnemental et est étroitement liée à la disponibilité des données. Chaque structure partenaire concernée est l'acteur principal de la réalisation de cette tâche (figure 8). Pour ce faire, elle collecte les données existantes, en évalue la fiabilité et la couverture spatiale et temporelle afin de proposer des références pertinentes qui reflètent au mieux la réalité à une période donnée. L'évaluation et l'analyse des données de référence seront appuyées par certaines compétences du réseau du PNGIM et / ou des prestataires du domaine du privé. Des comités spécialisés seront créés au sein du réseau PNGIM pour le contrôle de qualité des résultats des études.

Cependant, pour la plupart des domaines du suivi environnemental, il n'existe pas de données couvrant tout le pays pour établir les situations de référence. Dans ces conditions, l'année 2002 pourrait servir de point de départ pour ces domaines (tableau 5). L'analyse s'appuiera alors sur la carte de tendance globale qui sera établie en fonction des variations de l'indice de végétation intégré (NDVI) sur les 20 dernières années (1982 - 2002).

Par ailleurs, pour assurer une interprétation adéquate des résultats et permettre des analyses pertinentes et cohérentes, il est préférable que la référence temporelle soit la même pour les différents indicateurs retenus.

Tableau 5 : Rôle des partenaires dans l'établissement de la situation de référence

Domaines	Indicateurs	Année de référence	Partenaire concerné	Partenaires éventuels d'Appui / contrôle de qualité
Occupation des terres	1 - Taux de changement des classes d'occupation	1992-2002	INERA Privé	Privé, PNGIM INERA
Couvert végétal	2 - Indice de végétation (NDVI)	Tendance 1982 - 2002	CC/PNGIM	Privé, PNGIM
	3 - Production primaire	2002	DAPF, INERA	Privé, PNGIM
	4 - Densité de peuplement	2002	DFVAF	INERA



Domaines	Indicateurs	Année de référence	Partenaire concerné	Partenaires éventuels d'Appui / contrôle de qualité
	5-Composition floristique du peuplement	2002	DFVAF	INERA
	6 - Structure du peuplement	2002	DFVAF	INERA
	7 - Feux de brousse	2002	DFVAF	Privé, PNGIM
Sols	8 - Sol nu	2000 ?	Privé, INERA	
	9 - Rendements agricoles	1993-2002	SSA, DM	INERA
Eau	10 - Ressources en eau disponible	1996-2002	DGH, DM	EIER, PNGIM
Biodiversité	11- Superficie des principaux habitats	2002	DFC	UICN / ECOPAS
	12 - Fréquence des espèces	2002	DFC, INERA (Flore)	
Productions agro - pastorales	Rendements agricoles	1993-2002	SSA	Privé, INERA
	Production primaire des parcours naturels	2002	DAPF	INERA, Privé, PNGIM

### 7.1.2 Mise en place du dispositif terrain et collecte des données in situ

#### 7.1.2.1 Le couvert végétal

La mise en place des sites de collecte des données au sol sera réalisée avec l'appui technique de l'INERA (DPF) ou de l'IDR selon les critères décrits au point 6.3.1 :

- répartition selon les zones phyto-géographiques (fig. 5) du pays,
- prise en compte de l'existant.

Pour les zones où certains programmes et projets tel que l'ex-PGRN disposent de sites d'observation déjà opérationnels, une harmonisation des méthodes de collecte doit être préalablement réalisée avant une éventuelle prise en compte dans le dispositif.

Le dispositif de collecte des données in situ s'appuie sur des équipes spécialisées au niveau central (ECCT) qui transfèrent progressivement leurs compétences à des équipes du niveau régional (ERCT).

Cette approche devrait non seulement assurer la pérennisation des activités mais aussi se traduire par une réduction des coûts avec la prise en charge totale de la collecte par les équipes régionales.

Chaque niveau comprendrait 4 équipes composées chacune de 2 spécialistes en Forêt et de 2 spécialistes en Elevage soit au total 16 spécialistes.

Les équipes sont conçues de manière à couvrir les 3 zones climatiques du pays (zone sahélienne, zone soudano-sahélienne et zone soudanienne) soit : 3 ECCT et 3 ERCT. Une quatrième équipe de remplacement est préconisée pour chaque niveau (central et régional) afin de pallier l'indisponibilité éventuelle des éléments d'une équipe.

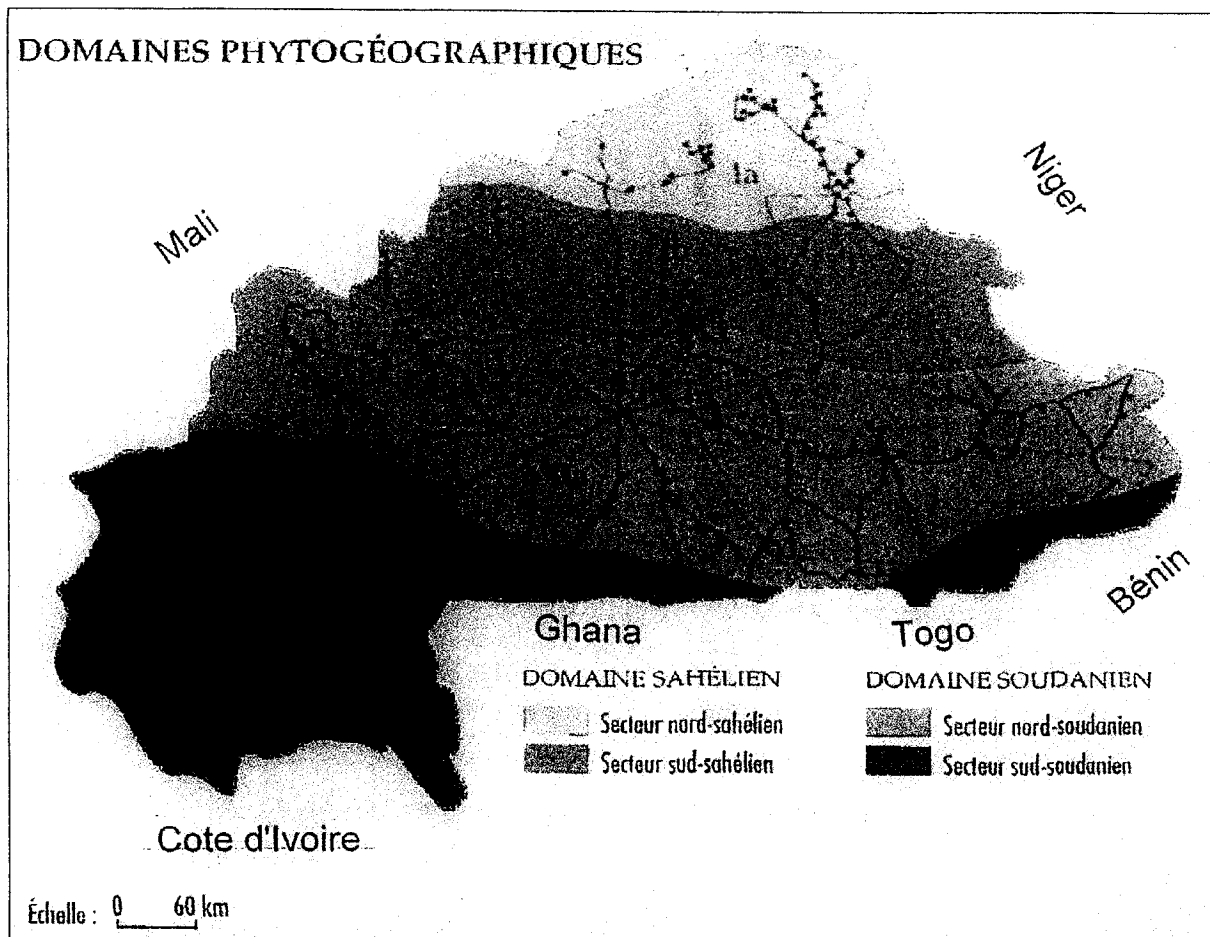
Ce dispositif répond aux exigences liées à la durée de la période végétative des formations végétales notamment les herbacées pour lesquelles les données doivent être collectées à la même période et ce, dans un laps de temps relativement court (2 à 3 semaines en fin de saison pluvieuse).

Pour rendre opérationnel le dispositif, une formation préalable est indispensable :

- formation des ECCT au CSE de Dakar (3 semaines) ;
- formation des ERCT au Burkina par les ECCT appuyés de l'INERA ou de l'IDR (3 semaines).

La figure 6 décrit l'approche de transfert des connaissances et l'intervention des équipes. La DAPF et la DFVAF sont responsables du choix des agents à former et le SSE du PNGT est chargé des tâches devant conduire à l'accomplissement des formations (organisation, contacts et contrats).

Figure 5: Carte des zones phyto-géographiques du Burkina Faso



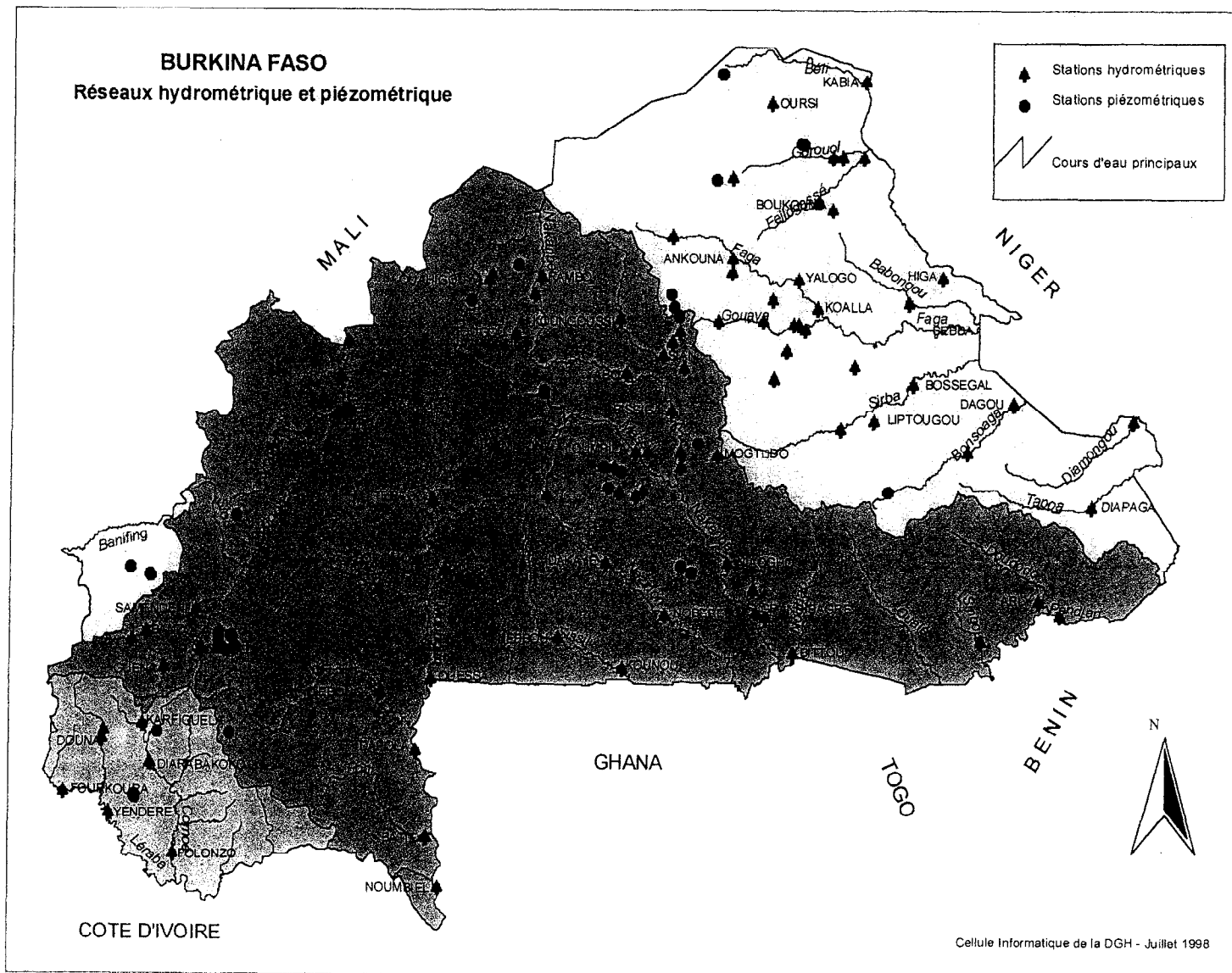
### 7.1.2.2 L'eau

Le dispositif terrain comprend les réseaux hydrométriques, piézométriques et météorologiques ainsi que les plans d'eau à suivre. La figure 7 donne la situation du réseau piézométrique du pays tout entier.

Tout le réseau piézométrique, actuellement fonctionnel au Burkina (27 sites), est à prendre en compte pour le suivi des niveaux des nappes d'eau. De même, les plans d'eau déjà suivis par la DIRH seront considérés pour le suivi de l'indicateur « disponibilité en ressources en eaux de surface ». L'appui de l'EIER est nécessaire car elle évolue dans les domaines de la recherche (hydraulique) et des études d'impacts environnementaux.

Figure 6 : Chronogramme de formation des équipes de collecte des données *in situ*

Tâche à exécuter	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Formation de l'ECCT au CSE de Dakar	==				
Formation de l'ERCT par l'ECCT appuyée de l'INERA ou autres spécialistes au Burkina		==			
Collecte données terrain par ECCT	==				
Collecte données terrain par ERCT appuyée par ECCT		==			
Collecte données terrain par ECCT				==	==



### 7.1.2.3 La biodiversité

Dans le cadre de programmes régionaux ou nationaux (Programme ECOPAS-Parc W, GEPRENAF, PRONAGEN), certaines aires classées et parcs nationaux font l'objet de suivi de la diversité biologique. Mais les méthodologies ne sont pas harmonisées et formalisées en vue d'un dispositif commun de suivi. La mise en place du dispositif opérationnel de suivi de la biodiversité relève de la DFC qui est le partenaire en charge de la conservation de la biodiversité. Il est indispensable que le dispositif à mettre en place tienne compte de l'existant.

Le suivi de la variation des habitats (forêts, berges, aires humides, mares) ne nécessite pas de dispositif de terrain particulier, il est réalisé à travers la BDOT.

Par contre, le suivi de la diversité faunique dans les UCF (unités de conservation de la faune) : aires classées, parcs nationaux nécessite un dispositif spécifique. Pour ce faire, l'appui de l'UNION est nécessaire pour un dispositif opérationnel en concertation avec les autres programmes précités : inventaire par comptage aérien (projet ECOPAS-parc W) ou pédestre. Ce dispositif est à affiner.

### 7.1.2.4 Le domaine agro-pastoral

Le dispositif terrain de suivi des rendements agricoles est opérationnel et est actuellement piloté par le SSA qui est très bien outillé pour ce faire. Cependant, le suivi du dispositif est basé sur des entités administratives (provinces, département) alors que le choix des sites/ villages devrait tenir compte des variations pédologiques et climatiques au niveau national.

## 7.1.3 Construction des bases de données sectorielles

### 7.1.3.1 Base de données sur l'occupation des terres (BDOT)

La BDOT est un produit de base indispensable au mécanisme de suivi environnemental à mettre en place. Son élaboration à l'aide de la télédétection fait appel à la connaissance des techniques de traitement d'images notamment dans le choix des canaux, des sites d'entraînement et des méthodes de classification. Plusieurs partenaires du secteur public sont à même d'assurer cette tâche notamment l'INERA dont le département de GRN/SP est doté d'une cellule de télédétection et de SIG, le projet ENRECA du département de Géographie de l'université de Ouagadougou.

Parmi les structures privées, le bureau d'études EDS et le Centre SIGET constituent de bonnes références pouvant assurer des prestations de qualité en matière de télédétection pour l'élaboration de la BDOT. Quelques privés indépendants pourraient également assurer un travail de qualité.

Du point de vue opérationnel voire institutionnel, l'IGB est chargé de la construction de la BDOT.

Le contrôle de qualité pourrait être assuré par l'INERA ou le privé (bureau d'études ou consultant indépendant). Il reste bien entendu que la structure chargée du contrôle de qualité ne doit pas être productrice de la BDOT.

### 7.1.3.2 Base de données sur le couvert végétal

Le suivi du couvert végétal, s'appuie sur la collecte des données in situ. Le dispositif au sol de suivi des indicateurs concerne aussi bien l'élevage que les forêts en passant par la biodiversité. Quatre partenaires sont concernés :

- 1) la DFVAF pour la production des indicateurs de suivi des ressources ligneuses : production primaire, densité de peuplement, structure et composition floristique. A ce niveau, la base de données des ressources ligneuses (BDRL) sera construite de manière à contenir les données sur les espèces, le nombre de pieds /ha, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP)/ pied à partir desquelles les indicateurs de suivi sont dérivés ;

- (A) la DAPF, pour la production des indicateurs de suivi des ressources pastorales : production primaire; composition floristique. La base de données des ressources pastorales (BDRP) comprendra les données sur les espèces herbacées, l'importance des légumineuses et des pérennes, la matière sèche par unité de superficie (ha), et les capacités de charges animales (en UBT/ha) ;
- 3) la DFC pour la production des indicateurs de biodiversité. A ce niveau, la base de données de diversité biologique (BDDDB) sera alimentée par la BDOT pour dériver les superficies des principaux habitats tandis que la fréquence relative des espèces sera calculée à partir des résultats d'inventaires fauniques ;
  - 4) d'un point de vue méthodologique, l'INERA pourra appuyer les différentes structures concernées.

#### 7.1.3.3 Base de données sur les sols

Les indicateurs de suivi environnemental du domaine sol sont dérivés de la BDOT pour l'indicateur « Superficie des sols nus » et de la base de données agro-pastorales (BDAP) pour l'indicateur « Rendements ». La base de données relative aux sols en cours de construction au ~~BUNASOLS~~ sera intégrée dans le suivi environnemental.

#### 7.1.3.4 Base de données sur l'eau

Une base de données sur les ressources en eau (BEWACO) existe au niveau de la DGH et de la DM. Il n'est donc pas nécessaire de construire une nouvelle base de données sur l'eau. La DGH et la DM veilleront à assurer la prise en compte des paramètres de suivi environnemental en matière de l'Eau dans la BEWACO : hauteur et superficie des plans d'eau, niveau de la nappe et hauteur d'eau tombée (pluviométrie).

#### 7.1.3.5 Base de données sur la biodiversité

La construction de la base de données sur la diversité biologique (BDDDB) doit être réalisée par la DFC structure partenaire en charge de la chasse et de la faune. Les indicateurs « classes d'occupation » et « composition floristique » sont dérivés de la BDOT et des BDRL et BDRP. Ce qui implique des mécanismes d'échanges et de partage des données entre les partenaires. Les données d'inventaires de la faune sont à intégrer dans la BDDDB : gros mammifères, fauve, espèces en disparition, oiseaux rares et oiseaux migrateurs. La construction de la BDDDB devrait être réalisée avec l'appui de ECOPAS et de l'UICN.

#### 7.1.3.6 Base de données sur les productions agro-pastorales

Le suivi de l'évolution des ressources agro-pastorales fait appel à la BDAP pour laquelle le SSA et la DAPF sont les partenaires concernés .

Le SSA est déjà détenteur d'une base de données opérationnelle à partir de laquelle les indicateurs de suivi (rendements agricoles) environnemental peuvent être dérivés. Par contre, les données sur les ressources pastorales ne sont pas encore structurées en base de données. La DAPF est la structure en charge de ce type de données. Un appui de l'INERA / DPF et des bureaux de consultants privés s'avère indispensable. En effet, la DAPF souffre d'un manque crucial en ressources techniques et humaines dans ce domaine. Pour rendre le dispositif opérationnel, une formation en Gestion de base de données est nécessaire. Deux (2) cadres de la DAPF devraient être formés.

D'une manière générale, l'appui pour la construction des BD ainsi que le contrôle de qualité seront assurés par le PNGIM et au besoin par le Conseil National des Statistiques (CNS) suivant les nomenclatures et standards en vigueur au Burkina Faso.

#### 7.1.4 Traitement et analyse des données sectorielles

Après la collecte des données terrain, chaque structure partenaire traite les données de manière à dériver les résultats attendus. En dehors de la DAPF, toutes les structures sont relativement dotées de moyens humains et techniques capables d'assurer un niveau acceptable de traitements des données terrain.

En ce qui concerne le couvert végétal, la DFVAF dispose de capacités techniques pour le traitement des données sur les ressources ligneuses. Elle comporte un projet de cartographie des ressources ligneuses (financement PNUD) qui est doté d'un matériel technique performant. La manipulation et le traitement des données et des informations dans les systèmes d'information géographiques y sont développés (Arc Info, ArcView, Map Info).

La DGH est assez bien outillée pour le traitement des données de suivi environnemental relatives au domaine des ressources en eau. Il en est de même pour le SSA en matière de suivi des rendements agricoles. Ces structures sont capables, de traiter de manière satisfaisante les données et de les analyser correctement avec un appui scientifique de l'INERA ou de l'EIER.

Pour ce qui est de la DAPF, les traitements SIG et les analyses des données pastorales nécessitent un appui en formation en informatique, le tout assorti d'un renforcement en équipement informatique. Cette formation pourrait être dispensée par les bureaux privés ou des consultants indépendants. Cependant, le PNGT devrait s'assurer de l'engagement de la DAPF à travailler dans le dispositif. Dans le cas échéant, l'INERA pourrait constituer un partenaire indiqué pour le suivi environnemental dans le domaine des ressources pastorales (suivi de la biomasse herbacée et des capacités de charge).

Pour tous les domaines de suivi environnemental, un contrôle de qualité des données collectées et traitées sera effectué soit par l'INERA, le CC/PNGIM, le CNS soit par des bureaux privés ou des consultants indépendants.

#### **7.1.5 Elaboration des produits et alimentation de la banque nationale de données sur l'environnement (BNDE)**

Les produits du suivi environnemental sont élaborés par les partenaires respectifs selon les standards et normes en la matière. Un contrôle de qualité est ensuite opéré par les structures compétentes en la matière (INERA, IGB, PNGIM, CNS, Privés). Ils sont ensuite envoyés dans la BNDE pour être implantés dans le SNIE construit dans le cadre du projet ENIGME du PNGIM.

#### **7.1.6 Analyse des tendances évolutives**

L'analyse des tendances évolutives doit être réalisée par la structure en charge de la coordination nationale en matière de suivi environnemental. Le Secrétariat Permanent du Cadre National de Concertation des Partenaires du Développement Rural Décentralisé (SP/CNCPDR) en cours de mise en place pourrait jouer ce rôle,

#### **7.1.7 Diffusion et mise en ligne des résultats du suivi environnemental**

La diffusion des résultats du suivi environnemental se fera selon les 3 approches suivantes:

1. approche traditionnelle, sous forme analogique (tirage sur papier) ;
2. approche numérique qui consiste en une mise en ligne intranet et internet pour une plus large accessibilité du public ;
3. à travers le rapport sur l'état de l'Environnement au Burkina Faso (REEB) ;
4. ateliers et séminaires des acteurs et partenaires du développement rural.

### **7.2 Le rôle du PNGT**

Le rôle du PNGT dans la mise en place du dispositif de suivi environnemental se situe à plusieurs niveaux :

- rôle d'initiateur et de pionnier : cela signifie que le dispositif préconisé avec le minimum d'indicateurs est appelé à évoluer. De ce point de vue, le SSE du PNGT organisera et animera des rencontres d'échanges autour des indicateurs environnementaux suivis. Ces rencontres permettraient d'approfondir les échanges



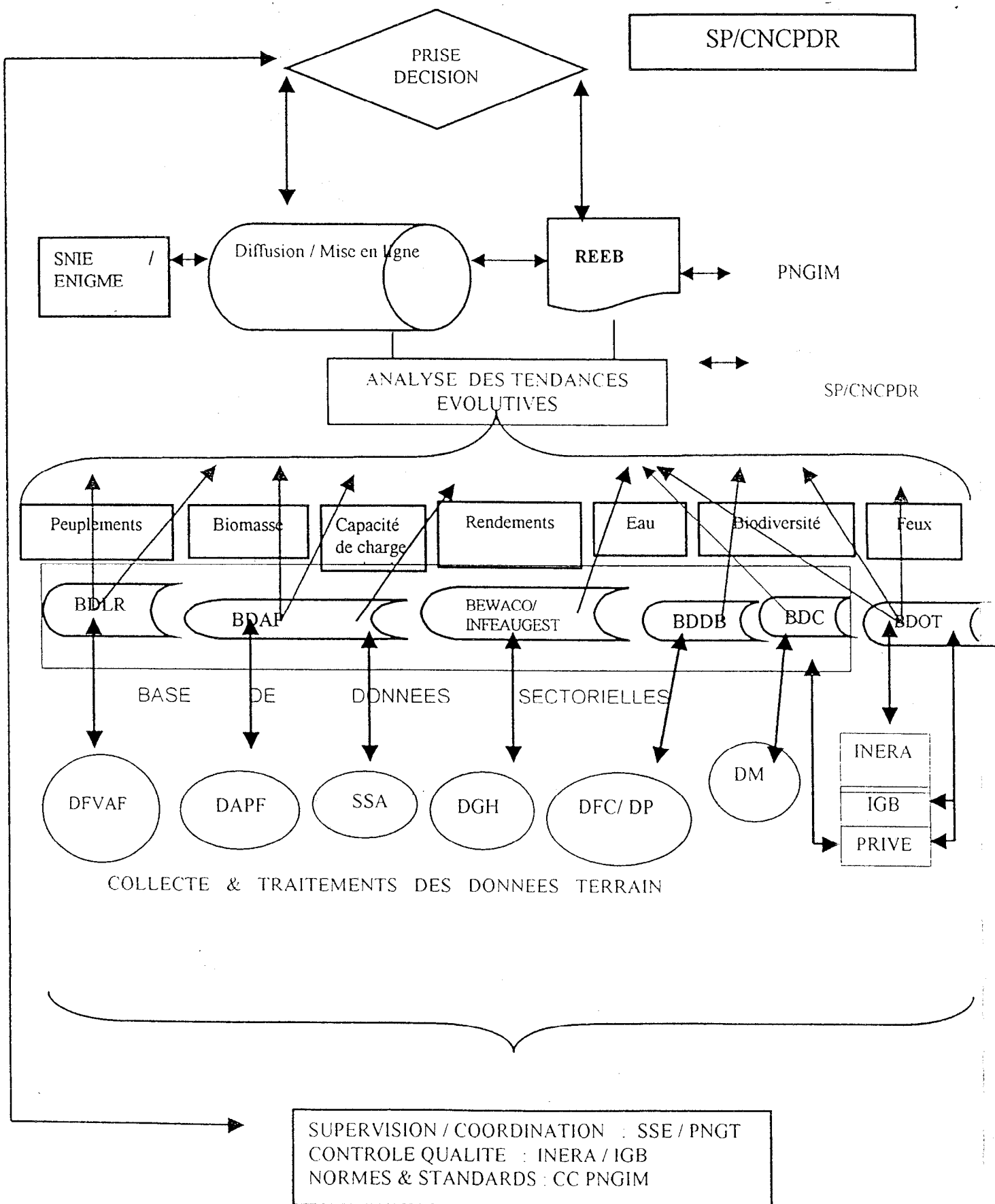
et de mener des réflexions sur la faisabilité technique du suivi de certains domaines qui ne sont pas encore pris en compte telle que la qualité de l'air qui constitue un domaine important du cadre de vie ;

- rôle de coordination aussi bien au niveau du réseau du PNGIM qu'au niveau des bailleurs de fonds qui partagent entièrement la démarche. On peut facilement imaginer que certains programmes qui œuvrent sur le terrain puissent s'impliquer concrètement dans la démarche : mise en place et suivi de sites additionnels au niveau régional ou local. Ce qui permettrait un maillage plus serré du dispositif qui augmenterait la pertinence des résultats et de leur interprétation ;
- organisation des appels d'offre et réception des produits . A chacune des étapes de la mise en œuvre du dispositif, le SSE devrait veiller à ce que les activités soient menées conformément au dispositif. En outre, il devrait s'assurer que le contrôle de qualité a été effectif et positif avant l'étape suivante.

La place prépondérante qu'occupe le PNGT2 dans le système, non seulement en tant que maître d'œuvre, mais aussi de par les rôles qui lui sont assignés dans la mise en œuvre du système de suivi environnemental, commande le pilotage du processus par un spécialiste dans le domaine du suivi environnement au sein de la cellule Suivi-Evaluation . Le spécialiste aura pour tâches spécifiques de:

- organiser et animer un groupe de travail des partenaires impliqués dans la mise en œuvre du système ;
- établir la planification des actions à mener et assurer la logistique ;
- assurer la coordination entre les groupes chargés de la collecte et ceux chargés des traitements et le suivi des activités ;
- participer aux contrôles de qualité et aux analyses des tendances évolutives au sein Secrétariat Permanent du Cadre National de Concertation des Partenaires du Développement Rural Décentralisé (SP/CNCPDR) ;
- traduire les résultats du suivi sous une forme compréhensible et exploitable pour les mettre à la portée des décideurs et des acteurs au développement et contribuer à leur dissémination.

Figure 8 : Rôle des partenaires dans le suivi environnemental



## VIII. RENFORCEMENT DES CAPACITES

Les activités de SE introduisent de nouvelles technologies et méthodologies auprès des institutions partenaires concernées. Il est donc indéniable que des ressources humaines qualifiées sont nécessaires pour garantir la réussite de sa mise en œuvre et pour parvenir aux résultats escomptés. Les besoins de développement des compétences se situent à tous les niveaux du dispositif de suivi environnemental proposé :

- 1) des compétences spécialisées dans les méthodologies de collecte et de traitements de données au sol ;
- 2) des compétences en télédétection, en positionnement global par satellite et en SIG (organisation des systèmes d'information, selon les standards et nomenclatures en vigueur) ;
- 3) des compétences dans les technologies de l'information : conception et gestion des bases de données ;
- 4) des compétences en analyse et modélisation des phénomènes environnementaux en vue de l'utilisation de l'information en appui à la gestion et à la planification de l'environnement.

### 8.1 Renforcement des capacités en collecte des données *in situ*

Hormis la carte de tendance, les mesures au sol concernent tous les produits qui vont être développés ; une certaine technicité y est requise, tout au moins pour ce qui touche les ressources terrestres, dans le domaine de l'étude de la végétation. Les techniciens qui seront chargés de la collecte des données au sol, doivent disposer d'un minimum de connaissance sur les espèces végétales (herbacées et ligneuses). C'est en possession de ce préalable qu'un complément pourrait leur être apporté dans les techniques d'échantillonnage et de traitement des données. Les équipes mixtes DFVAF- DAPF devraient bénéficier de formations en la matière (ref. figure 6 ).

Dans le souci d'assurer la disponibilité de compétences locales, gage de pérennisation du suivi, ceux qui auraient bénéficié de la formation CSE, pourraient, après deux ans de pratiques, accroître les compétences locales par la formation d'autres techniciens.

### 8.2 Renforcement des capacités en télédétection et SIG

Des compétences qui maîtrisent les principes de traitement et d'analyses des images satellitales existent déjà. Dès lors, il ne sera question que d'appui technique léger et régulier mais de courte durée pour soutenir les compétences locales dans la réalisation de certains produits spécifiques du suivi environnemental : BDOT, carte de tendance, carte de biomasse et carte des feux.

La carte d'occupation des terres requiert plutôt un travail de conception et de coordination qu'un travail de manipulation technique. En effet, il est important de définir la méthodologie la plus adéquate et de procéder périodiquement à l'évaluation de cette méthodologie. Ce qui justifie l'implication des structures de recherche telles que ENRECA et INERA auprès des institutions telles que IGB, EDS qui auront la tâche d'exécuter le traitement des images. Un appui technique permettrait de renforcer les capacités dans l'élaboration du cadre conceptuel et viserait tous les partenaires concernés (réseau PNGIM).

Une semaine de formation sera requise pour le renforcement des capacités pour les traitements des images NOAA dans le cadre de l'élaboration de la carte de tendance. Il en sera de même pour la carte de biomasse et celle des feux.

En matière de SIG, le renforcement des capacités nationales se fera à travers des sessions de formation en :

- 1) SIG - mode image et vecteur pour 10 structures partenaires *in situ* ;
- 2) techniques de positionnement géographique (GPS) ;
- 3) techniques de modélisation et d'intégration des données à l'extérieur (la formation pourrait se dérouler au Canada qui a une riche expérience en géomatique et intégration des données spatiales) ;
- 4) gestion de base de données (initiation et recyclage).

Par souci de conserver l'expertise dans les institutions de l'état, il serait souhaitable de former au moins 2 techniciens par institution.

### 8.3 Renforcement en matériel technique

Dans le cadre de son appui au réseau des partenaires du PNGIM, un certain nombre de structures avaient été équipées en matériels informatiques depuis 1997 par le PNGT, mais à l'heure actuelle, très peu de ces machines sont encore fonctionnelles. Il convient de renouveler l'équipement informatique dans les services où cela est nécessaire. L'équipement pourrait porter sur des micro-ordinateurs de grande capacité et des périphériques. Dans le cadre de la collecte de données terrain relatives à la végétation et à l'eau, des équipements complémentaires sont à prévoir notamment des GPS et autres moyens logistiques et techniques (tab. 6). De plus, les principaux logiciels SIG et de traitement d'images sont à acquérir. Le choix d'un système SIG donné doit être simplement lié à sa capacité d'exportation ou d'importation des divers formats d'échanges.

Tableau 6 : Besoins de renforcement en matériel technique

Structures	Micro-ordinateur *	graveur CD externe	lecteur ZIP	onduleur	Imprimante A3	GPS
BUNASOLS		1	1			1
DFC	1			1	1	
DP	1			1	1	
DAPF	1			1	1	2
DFVAF	1			1	1	1
DGH		1				2
DIRH	1			1	1	
INERA	1			1	1	2
DGPE	1			1	1	
DM	1			1	1	1
UGFS	1			1	1	
SSA	1			1	1	1
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

\* avec graveur de CD interne

## IX. LES COUTS DE MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF

La mise en œuvre du suivi environnemental des activités de développement à un niveau national est évaluée à environ huit cent dix millions (810 000 000) de francs CFA (tableau 7). Les détails par domaine sont donnés en annexe 4.

Tableau 7 : Coûts annuels du dispositif de suivi environnemental

Produits à élaborer	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	Coût total
Carte des feux	17 154 500	17 154 500	17 154 500	17 154 500	17 154 500	85 772 500
Carte d'évolution des aires protégées	5 750 000	0	0	0	0	5 750 000
Carte de distribution de la faune	0	61 500 000	0	0	0	61 500 000
Carte des tendances	22 330 000	0	0	0	9 920 000	32 250 000
Carte de biomasse (herbacée + ligneuse)	49 242 500	20 496 250	20 496 250	20 496 250	20 496 250	131 227 500
Cartes sur les ressources en eau	20 400 000	0	0	0	0	20 400 000
BDOT 1992 + 2002	90 716 560	132 034 560	0	0	0	222 751 120
BNDT	22 950 000	0	0	0	0	22 950 000
Statistiques agro-pastorales	0	50 000 000	0	0	0	50 000 000
Matériel informatique	36 355 000	0	0	0	0	36 355 000
Formation (développement des compétences)	67 110 000		0	0	0	67 110 000
<b>Total sans imprévus</b>	<b>332 008 560</b>	<b>281 185 310</b>	<b>37 650 750</b>	<b>37 650 750</b>	<b>47 570 750</b>	<b>736 066 120</b>
<b>Imprévus (10%)</b>	<b>33 200 856</b>	<b>28 118 531</b>	<b>3 765 075</b>	<b>3 765 075</b>	<b>4 757 075</b>	<b>73 606 612</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>365 209 416</b>	<b>309 303 841</b>	<b>41 415 825</b>	<b>41 415 825</b>	<b>52 327 825</b>	<b>809 672 732</b>

## X. CONCLUSIONS, RISQUES ET RECOMMANDATIONS

- 1) Le dispositif de suivi environnemental proposé se fonde sur une batterie de 12 indicateurs pour lesquels un consensus général a été obtenu avec les partenaires. Ces indicateurs ont été retenus pour leur pertinence à marquer les changements et leur accessibilité relativement facile pour un suivi de l'évolution des écosystèmes au niveau national.
- 2) Les pas de temps de la collecte des données sur chaque indicateur ont été retenus sur la base d'une connaissance du fonctionnement du milieu naturel et des moyens qui seront disponibles pour mener le suivi. En effet, certains changements ne sont perceptibles qu'à long terme (sols), d'autres à moyen terme (végétation ligneuse), tandis que dans le court terme des changements importants peuvent affecter des éléments comme l'eau et la production végétale.
- 3) En sus du réseau de collecte de données au sol qu'il faudra installer, ces indicateurs font appel ou sont liés à des supports spatiaux (imagerie satellitaire) qui permettent de représenter l'état du domaine étudié sous forme cartographique pour faciliter la comparaison entre deux états afin d'en évaluer l'évolution.
- 4) Le dispositif de suivi environnemental fait appel pour l'essentiel aux ressources humaines locales pour réaliser les produits nécessaires au suivi. Ces compétences devraient provenir de toutes les institutions concernées par le devenir de l'environnement.
- 5) Le fonctionnement du dispositif suppose la mise sur pied d'une organisation ou le renforcement des réseaux existants, l'instauration d'une approche commune et harmonieuse dans la collecte et le traitement des informations. Le PNGIM, par sa position stratégique et le PNGT, en temps que maître d'œuvre, peuvent contribuer de façon significative au bon fonctionnement du système.

Deux risques majeurs pourraient compromettre le fonctionnement de ce dispositif de suivi environnemental :

- 1) Le premier risque est la tendance commensale qui pourrait se développer au niveau des partenaires qui compteraient alors totalement sur le programme de suivi environnemental pour mener à bien leur activités classiques.
- 2) Une bonne coordination et une bonne programmation pourraient permettre de déboucher sur un programme commun entre partenaires partageant la même activité de suivi. Cependant, le risque lié à la mobilité des agents de l'Etat (mutation) soit par nécessité de service ou pour des raisons personnelles est un facteur qui pourrait limiter l'efficacité du dispositif. En effet, toutes les fonctions dans le dispositif requièrent une certaine technicité pas toujours très commune.

Pour minimiser ces risques, il faudrait :

- 1) créer les conditions pour favoriser la fidélisation des techniciens impliqués dans le suivi quelque soit leur statut ;
- 2) élaborer des manuels de procédures pour harmoniser les méthodes de collecte, de saisie et de traitements et garantir la compatibilité des systèmes et la comparabilité des données et des résultats ;
- 3) éviter les doubles emplois et le gaspillage de moyens. Pour ce faire, il faut valider le dispositif et mettre en cohérence les activités menées ou prévues par les partenaires avec les objectifs du suivi environnemental ;
- 4) élaborer en priorité les programmes pour la cartographie de l'occupation des terres et le suivi de la végétation annuelle car ils constituent les deux éléments clefs du suivi environnemental proposé ;
- 5) présenter les résultats du suivi environnemental de manière à ce qu'ils puissent servir à la planification et à la gestion des ressources naturelles : garantir la qualité des résultats, faute de quoi les indicateurs ne pourront pas jouer un rôle important et les résultats issus des interprétations seront toujours contestés ;
- 6) créer les conditions qui favorisent la mise en place de méthodes pertinentes et renforcer les capacités humaines.

## BIBLIOGRAPHIE

COMPAORE, J. A. : Stratégie pour la collecte, le traitement et la diffusion de l'information dans le cadre du système de suivi évaluation du Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification, Ouagadougou novembre 2000.

Diallo,O., Diouf,A., Hanan,N.P., Ndiaye,A., Prévost,Y., 1991, AVHRR monitoring of savanna primary production in Senegal, West Africa: 1987-1988. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 1259-79.

Leisz, S; Tottrup, C; Rasmussen, M.S.; Vien, T.D. and Kjeld Rasmussen, in prep, Assessing deforestation in the Uplands of Southeast Asia. In prep.

PADDAB : Sous composante suivi et évaluation du PNGT2, Nordic Consulting, Groupe a/s, Novembre 2000.

PNGT : Sous composante < appui au suivi et évaluation du PNGT2> PNGT, Décembre 2000.

PNGT : Suivi écologique à l'échelle nationale, André Bassolé & Robert DE BOER, PNGT, Août 1996.

PNGT : Document technique pour le suivi d'exécution et le suivi d'impact du PNGT, Muimana KALALA & Salia SANOU, Ouagadougou, septembre 1996 .

Rasmussen,M.S., 1998, Developing simple, operational, consistent NDVI - vegetation models by applying environmental and climatic information. Part I. Assessment of Net Primary Production. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 97-117.

Rigina,O. and Rasmussen,M.S., 2001, Comparing time series of AVHRR LAC data with the Pathfinder 1 km and 8 km datasets. *Danish Journal of Geography*, 3,

Rigina,O. and Rasmussen,M.S., 2001, Using trend line and principal component analysis to study vegetation changes in Senegal 1986 - 1999 from Pathfinder 8 km data. *Danish Journal of Geography*, 3,

SAWADOGO, K., S.; KOUDOUGOU, Z. ; KISSOU, D. ; TIEMTORE, S. ; BEOGO, J. ; 1994. Suivi des ressources Pastorales , Campagne 1993. Rapport Annuel. 53p. + An.

SP /CONAGESE : Opérationnalisation du système de suivi évaluation du Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification , atelier de tenkodogo et Ouagadougou, 13-17 septembre 1999, 3-4 mars 2000.

SP/CONAGESE : Monographie nationale sur la diversité biologique au Burkina Faso, SP/CONAGESE, Février 1999.

Toettrup, C, submitted, Classifying tropical forest from Landsat ETM using multi-date and filtering techniques. Submitted to *International Journal of Remote Sensing*



## Annexes

## Annexe 1 : termes de référence de la mission d'appui à l'élaboration d'une méthodologie de suivi environnemental

### I CONTEXTE

#### Présentation succincte du PNGT

Le Programme National de Gestion des terroirs (PNGT) a été conçu comme un Programme de long terme devant s'exécuter sur 15 à 20 ans sur l'ensemble du territoire national. La première phase a démarré en 1992 et a pris fin en 1998.

L'approche «Gestion des Terroirs» appliquée par le PNGT repose essentiellement sur la participation et la responsabilisation des communautés rurales dans la conception et la mise en œuvre des plans de développement de leurs terroirs. Environ 500 villages de huit provinces du pays ont été directement touchés par les actions du Programme au cours de cette première phase.

Le PNGT 2 fut négocié au cours de l'année 2000 entre le Gouvernement et les partenaires financiers. Il part des acquis du PNGT 1 et se situe dans le cadre des différentes stratégies de développement du pays dont la Stratégie de Lutte Contre la Pauvreté (SLCP) du Gouvernement et le Programme National de Développement Rural Décentralisé (PNDRD).

L'objectif global du PNGT 2 est de combattre la pauvreté et de promouvoir le développement durable.

Pour atteindre l'objectif global ci-dessus, le programme poursuivra les objectifs spécifiques suivants :

- Le développement des capacités en organisation et gestion des villages et groupes de villages ;
- L'amélioration des conditions de vie par des investissements productifs et des infrastructures socio-économiques dans les campagnes du Burkina ;
- La préservation et la restauration des ressources naturelles (eau, sol, végétation, faune).

Les activités du PNGT 2 sont articulées autour des composantes suivantes :

- le développement des capacités locales qui vise à doter les communautés rurales de bonnes compétences techniques et des capacités à mieux s'organiser pour assurer les multiples fonctions du développement local ;
- le Fonds d'Investissement Local (FIL), avec deux guichets, servira au financement des projets à la base :
  - un guichet pour le financement des investissements villageois et intervillageois dont la maîtrise d'ouvrage est confiée aux Commissions Villageoises ou Intervillageoises de Gestion des Terroirs (CVGT ou CIVGT) ;
  - un guichet spécial qui permettra aux provinces de réaliser les ouvrages importants et structurants.
- Le renforcement des capacités institutionnelles aux échelons local, provincial et national dans la perspective de la décentralisation rurale.
- Les Opérations Pilotes de Sécurisation Foncière (OPSF) qui visent à améliorer la stabilité et l'équité du régime d'occupation des terres afin d'encourager les investissements productifs et la préservation des ressources naturelles.
- Enfin la coordination, l'administration et le suivi et l'évaluation du programme.

Le PNGT 2 couvrira en intervention directe 28 provinces sur les 45 que compte le territoire national, soit environ 2000 villages . Les 17 provinces restantes seront couvertes en concertation avec d'autres projets qui interviennent dans ces provinces.

## Sous-composante suivi-évaluation du PNGT 2

Une convention a été signée entre l'Etat du Burkina Faso et le Royaume du Danemark en Février 2000 pour un appui financier à la sous-composante suivi-évaluation du PNGT 2. Le document de projet élaboré à cet effet, précise les éléments essentiels du dispositif du suivi-évaluation.

L'objectif de développement de la sous-composante est formulé comme suit : «le suivi de l'exécution du PNGT 2 et l'évaluation de sa contribution à la réalisation des objectifs du PNDRD et du CSLP sont assurés».

Ses objectifs spécifiques sont :

- Le dispositif de suivi des performances du PNGT 2 est appliqué avec efficacité et s'adapte à son mode d'intervention.
- La constitution d'instances de réflexion et de travail pour l'évaluation des impacts des actions du développement rural est enclenchée permettant d'orienter les politiques, programmes et interventions à partir de l'expérience du PNGT 2.

Le dispositif de suivi et évaluation vise à apprécier les impacts du Programme dans les trois grands domaines suivants :

- les conditions de vie, les revenus et la pauvreté,
- le domaine environnemental,
- les capacités institutionnelles déconcentrées.

L'objet de la présente prestation se limitera au volet environnemental pour lequel la méthodologie de suivi et évaluation a besoin d'être développée avec l'appui de partenaires compétents en la matière, au niveau national et sous-régional. Il est à signaler qu'au cours de la première phase du Programme, un volet «suivi écologique» avait été exécuté par des partenaires nationaux avec principalement deux sous-composantes :

- le suivi écologique à l'échelle nationale avait pour objectif de fournir des informations pertinentes sur l'état et les tendances évolutives des ressources naturelles afin de juger de l'importance des phénomènes de dégradation et d'identifier les zones où il est le plus urgent d'intervenir ;
- le suivi écologique à l'échelle des terroirs qui avait pour objectif d'évaluer l'impact des investissements du projet sur l'évolution des ressources naturelles.

## II - OBJECTIF DE LA PRESTATION

L'objectif de la présente prestation est de doter le PNGT2 d'un dispositif opérationnel de collecte, de traitement et de diffusion des informations pour le suivi environnemental à l'échelle nationale.

Il s'agira en particulier de :

- déterminer/affiner et de faire valider un «set» commun d'indicateurs de suivi environnemental à l'échelle nationale sur la base de la proposition contenue dans les documents de projet de Suivi-Evaluation du PNGT ;
- déterminer les données pertinentes à collecter par rapport à chaque paramètre prenant en compte les besoins des différents partenaires ;
- préciser les outils les plus pertinents pour le suivi environnemental ;
- identifier les compétences nationales et le rôle possible de chaque partenaire dans la mise en œuvre du système ;
- définir la périodicité de collecte des données ;
- identifier les besoins en matière de renforcement des compétences nationales en suivi environnemental ;
- définir les sites de suivi en fonction de la nature de chaque paramètre ou indicateur à suivre ;
- intégrer les travaux déjà réalisés ou en cours de réalisation dans le domaine du suivi environnemental dans le dispositif qui sera proposé afin d'éviter les doubles emplois budgétaires sinon les démarches contradictoires. Il s'agit notamment de rechercher une harmonie minimale en matière d'indicateurs, d'outils, de coûts et de démarches avec les autres projets et programmes en cours dans le pays.

### III - RESULTATS ATTENDUS

Un rapport de prestation contenant les éléments ci-dessous :

- i) un dispositif pertinent et opérationnel de suivi environnemental validé et accepté par les principaux acteurs nationaux.

Il devra en particulier comprendre :

- les indicateurs de suivi,
- les outils de collecte, de traitement et de diffusion,
- les mécanismes de fonctionnement du dispositif aux différents niveaux (local national, régional).

- ii) des propositions de coûts pour les différentes activités et le fonctionnement du dispositif.

### IV- DEROULEMENT ET DUREE DE LA MISSION

La mission durera 19 jours dont :

- 14 jours pour la conception de la méthodologie et la tenue de l'atelier de validation,
- 5 jours de rédaction des rapports.

La mission se déroulera du 24 octobre 2001 au 16 novembre 2001. Cette période ne prend pas en compte les délais de rédaction des rapports. L'organisation pour la rédaction des rapports sera gérée par les consultants.

### V - PROFIL DES PRESTATAIRES

L'étude sera conduite par quatre spécialistes dont :

- deux spécialistes venant d'institutions ayant des expériences confirmées en matière de suivi environnemental dans la sous région. Ils doivent disposer des compétences dans les domaines suivants :
  - système d'Information Géographique (SIG),
  - traitement des imageries satellitaires,
  - mise en place et suivi de Sites de Contrôle au Sol (SCS).
- deux spécialistes nationaux en matière de suivi environnemental afin de favoriser la synergie dans la réflexion et d'aboutir à un consensus national autour du dispositif qui sera proposé. Ces spécialistes devront être des cadres de niveau universitaire (Bac + 4 au moins) ayant des compétences confirmées dans le domaine du suivi-évaluation et en géomatique.

### VI - PRISE EN CHARGE DE LA MISSION

Les frais de la mission seront imputés sur les fonds alloués à la sous-composante Suivi-Evaluation du PNGT 2.

### ANNEXES :

#### PRINCIPAUX DOMAINES CONCERNES PAR LE SUIVI D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

- 1.- Sols
- 2.- Couvert végétal
- 3.- Ressources ligneuses
- 4.- Energies renouvelables
- 5- Ressources en eau
- 6- Biodiversité
- 7- Occupation des sols
- 8- Rendements des principales spéculations

## Annexe 2: Liste des personnes rencontrées

AFD	COMPAORE Félix de Valois
Ambassade des Pays-Bas	COULIBALY Clarisse
Banque Mondiale	NIKIEMA Emmanuel
BUNASOLS	KISSOU Roger PARE Tahirou OUEDRAOGO Amadé
CILSS	TAPSOBA François
Coopération Suisse	ZONGO Alfred
DAPF + DEP MRA	ROUAMBA Jean Paul OUEDRAOGO Arcadius COULIBALY Oula
DGEF	BAYALA Rigobert YOUMA Joseph SAWADOGO Bobodo Blaise OUADIO Mathieu ROUAMBA Tenga ZERBO Henri
DGPE	ZOUGOURI Tidiane COULIBAY Romain LINGANI Jean YAMEOGO Michel
DIRH	OUEDRAOGO Innocent
DM	OUATTARA Frédéric
EDS	BELEMVIRE Adama
EIER	BLANCHET François YONKEU Samuel
FAO	KONTONGOMDE Daouda
FEM – ONG	CONGO Z. Rosalie
IGB	TAPSOBA Claude
INERA / GRN-SP	OUATTARA Badiori TAOUNDA S. Jean-Baptiste YAMEOGO Georges

INERA/DPF	OUEDRAOGO Paul DIALLO Boukari Mme BELEM Mamounata
INSD	DIELBEOGO Noaga Celestin KONATE Salif KONE Michel SAWADOGO Amadé SAWADOGO Boukary
PADDAB	LOPEZ Jaime FOURNIER OUEDRAOGO Ignace KABORE Guillaume
PDL/K	MAIGA Adama
PDR-B	
PGRN – SY	SERE Boubakar
PNGT	DARGA Albertine OUEDRAOGO Moussa SANOU Moumini SAWADOGO Jean Paul ZONGO Pamoussa
PROJET ENRECA	KABORE Frédéric
SADAOC / CEDRES	KABORE T.J. Hervé
SP/CONAGESE	DJIRI Dakar OUEDRAOGO Delphine SOUDRE K. Felix SIDIBE Norbert
SSA	KABORE Moussa
TECSULT	CHEVALIER Jean SAWADOGO Moumini DJBRE Régis
UGFS	DABIRE Jean Claude KOUANDA Adama ZERBO Michel
Union Européenne	CHRISTER Hermansson PELLETIER Sophie

Annexe 3: Approche méthodologique pour la définition des indicateurs de suivi environnemental

Domaines	Impacts	Indicateurs	Paramètres collectés	Echelle Spatiale	Fréquence de suivi	Outils	Méthode de traitement	Résultat et produits	Disponibilité des intrants et sources des données	Observations
Occupation des terres	Changement dans l'occupation des terres	Taux de changement des classes d'occupation	Superficie par classe d'occupation	National BDOT : 1 : 50.000 Cartes : 1 : 200.000	10 ans	Images LANDSAT	Traitement d'images Classification Etudes terrain GPS	Carte d'occupation des terres et base de données	SP/ CONAGESE USGS	Données LANDSAT de 2000 disponible au SP/ CONAGESE
Couvert végétal	Dégradation / régénération	L'indice de végétation (NDVI)	L'indice de végétation (NDVI)	National 1 : 1.000.000	5 ans	Images NOAA	Traitement d'images Analyse de tendance	Cartes de tendance et base de données	USGS Path finder AGRHYMET ADDS	Données accessibles
		Production primaire	MS/ha	National 1 : 1.000.000	5 ans (ligneux) 1 an (herbacées)	NOAA et échantillonnage/inventaire terrain	Traitement et analyse statistique	Carte de biomasse et base de données	CSE SP/CONAGE SE AGRHYMET	Activité prévue par PNGIM
		Densité de peuplement	Nombre de pieds/ha	National	5 ans	Echantillonnage/inventaire terrain	Traitement et analyse statistique	Carte de peuplement et base de données	Carte d'occupation des terres	
		Composition floristique du peuplement	Composition floristique	National	5 ans	Echantillonnage /inventaire terrain	Traitement et analyse statistique			
		Structure du peuplement	DHP / pied ou diamètre à la base	National	5 ans	Echantillonnage / inventaire terrain	Traitement et analyse statistique	graphiques		
		Feux de brousse	Superficies brûlées	National 1 : 1.000.000	Saisonnier	NOAA	Traitement image	Cartes de feux Base de données	USGS / AGRHYMET / CSE	Données NOAA AVHRR 1 km2 quotidiennes

Domaines	Impacts	Indicateurs	Paramètres collectés	Echelle Spatiale	Fréquence de suivi	Outils	Méthode de traitement	Résultat et produits	Disponibilité des intrants et sources des données	Observations
SOLS	Dégradation/ restauration Fertilité	Sol nu Rendements agricoles	Superficie des sols nus Rendements/ ha	National 1 : 50.000 Province	10 ans 1 an	LANDSAT  Statistique agricole	Traitement image Terrain et statistique	Carte de l'occupation des terres et Statistique agricole	PNGIM / USGS  SSA	
EAU	Evolution des ressources en eau	Ressources en eau disponible	Hauteur du plan d'eau Superficie du plan d'eau Hauteur d'eau tombée  Niveau de la nappe	National	Saisonnier  10 ans Annuelle  Annuelle	Limnométrie Carte des plans d'eau Pluviométrie  Piézométrie	Terrain Traitement PVA  Terrain  Terrain	Cartes des eau de surface Carte de la répartition pluviométrique Carte de nappe	DIRH CFPI Météo DIRH	CFPI cartographie sur 1.000 retenues d'eau
BIODIVERSITE	Modification des habitats et évolution des populations	Superficie des principaux habitats Fréquence des espèces	Classes d'occupation Composition floristique Inventaires faune	Nationale	10 ans 5 ans	LANDSAT Terrain (sondage et inventaire)		Carte d'évolution des classes d'occupation des terres (dans les aires protégées) Carte de distribution des espèces fauniques		Montage inventaires de la faune dans les principaux habitats prévu par IUCN, ECOPAS, PRONAGEN
PRODUCTIONS AGRO PASTORALES	Evolution de la productivité des sols  Evolution du de la capacité de charge	Rendements agricoles Production primaire des parcours naturels	Rendements agricoles Disponible fourrager Indice de végétation	National  National	1 an 1 an 5 ans  10 ans	NOAA + terrain  Terrain (recensement)	Traitement Image + Echantillonnages  Traitement statistique	Statistiques agricoles Carte biomasse  Statistiques animales	Services agricoles  DAPF	Intrants disponibles ou dérivés de produits réalisés pour autres domaines