

### (3) Influence des activités économiques de la population

On suppose que la dégénération de la végétation naturelle due à la diminution des précipitations provoque la réduction des mammifères herbivores, ce qui entraîne la diminution des mammifères carnassiers liés à la réaction en chaîne de l'alimentation. En plus, le manque de pâturage pour les mammifères herbivores augmente les dégâts des produits agricoles ainsi que du bétail. En ce qui concerne les oiseaux également la diminution de l'aliment naturel conduit à des dégâts des produits agricoles et à l'augmentation du dommage aux céréales, telles que le mil et le sorgho, en particulier.

Le cerf, le sanglier et le lièvre sont des mammifères destinés à la chasse, et la baisse du nombre de ces animaux provoque la réduction des captures faites par les chasseurs.

D'ailleurs, la loi relative à la protection des animaux prévoit la limitation de captures, de la chasse ainsi que de la durée de chasse.

En ce qui concerne la limitation des prises et de la chasse, l'autorité compétente applique le système d'autorisation destiné à 10 espèces de mammifères, de plus, il est interdit d'attraper 18 espèces d'oiseaux, 21 espèces de mammifères et 1 espèce de reptiles, soit 40 espèces au total. Un bon nombre d'animaux qui vivent dans le cercle de Nara s'appliquent à ladite loi en vigueur.

Selon certaines sources d'informations, les forêts du "Iouguéré/Niguéré" et du "wagadou" seraient soumises à un braconnage intensif. La chasse serait pratiquée dans ces deux forêts non seulement par les chasseurs maliens, mais aussi et surtout par ceux de Mauritanie.

#### 3.9.3 Erosion du sol et dégradation des terres

##### (1) État actuel de l'érosion et de la dégradation des terres

Afin d'évaluer l'état de dégradation des terres, des observations de terrain ont été effectuées dans le nord, le centre et le sud du cercle de Nara. Pour cette évaluation les critères suivants ont été pris en compte:

- 1) Taux (%) de recouvrement végétal du terrain.
- 2) Epaisseur de l'horizon organo-minéral du sol
- 3) Présence de signes d'érosion par ruissellement à la surface du sol par exemple des ravines.

- 4) Taux (%) de superficie décapée
- 5) Taux (%) d'accumulation de sable éolien à la superficie du terrain formant collines ou dunes sableuses.

A partir des paramètres ci-dessus, il a été reconnu cinq niveaux de dégradation: faible, modéré, sévère et très sévère.

Les principaux facteurs d'érosion des sols et de dégradation des terres dans ces milieux sont: (1) les animaux, (2) l'eau, (3) le vent et (4) l'homme.

- 1) Les animaux : le surpâturage en détruisant le couvert végétal expose le sol à l'érosion hydrique et éolienne.
- 2) L'eau : en saison des pluies, le ruissellement emporte pierraille et particules fines et ne laisse que du sol à particules grossières.
- 3) Le vent : il soulève par son énergie les particules fines et les emporte souvent très loin. Par ce processus, les couches superficielles sont continuellement balayées en saison sèche. Par endroit, il apparaît en surface les horizons profonds généralement compacts et impropres au développement des plantes. Le ruissellement est ainsi favorisé, et c'est un manque à gagner pour les nappes phréatiques, car il y a peu d'infiltration.
- 4) L'homme : une mauvaise gestion et une utilisation non rationnelle des ressources terrestres accélèrent la dégradation de celles-ci. Dans certains cas, l'exploitation continue en monoculture épuise complètement les sols et les rend inaptes et marginaux.

De ces études, il ressort que la dégradation des terres dans la partie nord du cercle de Nara est sévère et que le phénomène s'étend d'une manière significative. Le facteur de dégradation est ici le vent. Au centre, les terres sont aussi sévèrement dégradées cette fois à cause surtout du surpâturage.

Dans le sud du cercle, la dégradation des terres est modérée il y a très peu de signes de sévère dégradation. Les raisons à cela sont comme suit:

- 1) Le sud du cercle fait partie de la zone pluviométrique de 500 à 600 mm/an, la végétation naturelle a une vie longue, et la période de production est aussi longue.
- 2) L'activité principale de la zone est l'agriculture et non l'élevage, et les dommages causés par le surpâturage et le piétinement sont donc réduits.

Comme souligné plus haut, le niveau de dégradation des terres du cercle de Nara va de modéré à sévère. Des mesures correctives doivent donc être prises pour inverser cette tendance.

## (2) Développement des vents de sable et des dunes

De Janvier à mars, un vent saisonnier du nord-est souffle du désert du Sahara. Ce vent, nommé "l'harmattan", qui transporte des grains de sable fin en provenance du Sahara. Le cercle de Nara est relativement proche de ce désert, et une partie de ces petits grains transportés s'accumule petit à petit. Toutefois, une partie est renouvelée et déplacée éventuellement grâce au vent.

Les dunes fixes qu'on observe sur des superficies très étendues (47% de toute la superficie) dans le cercle de Nara se sont formées en dunes aux temps les plus reculés; aujourd'hui, on ne voit presque pas de déplacement des dunes étant donné que la superficie en majeure partie est temporairement couverte par la végétation à cause des précipitations concentrées pendant la saison des pluies. Presque toutes les dunes fixes sont orientées N-S, et l'arrête est une dune longitudinale parallèle au sens du vent; ce dernier indiquait pratiquement l'ouest à l'époque de la formation des dunes. En outre, on ne voit presque pas de déplacement de sable affermi pour la formation de dunes, et dont pas de formation de nouvelles dunes actuellement.

Il y a pourtant une diminution du recouvrement de la végétation sur une superficie limitée aux environs de Ballé et dans le nord de Nara central, et on observe l'érosion due à l'eau courante (vive); il est possible que le déplacement des dunes ou le développement de nouvelles dunes reprenne si la diminution de la végétation s'aggrave. D'ailleurs, si la désertification dans la zone au nord-est du cercle de Nara se produit, cela influera largement sur le cercle de Nara. On collecte actuellement des données concernant les

mouvements de sable dus au vent, ainsi que le déplacement des petits grains dus à l'harmattan.

(3) Influence de la désertification sur la vie des habitants

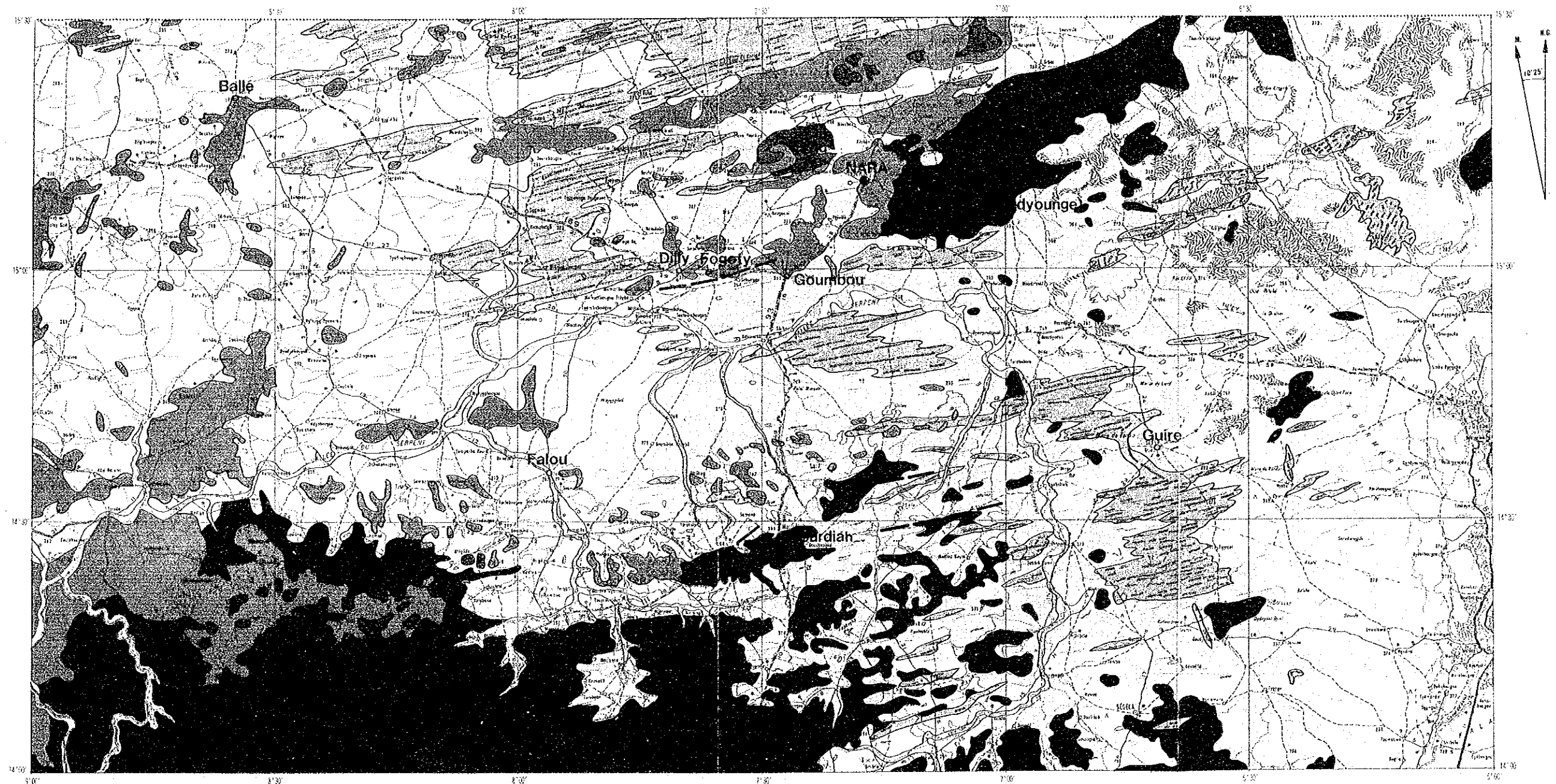
Comme déjà mentionné ci-avant, le cercle de Nara qui se situe pratiquement dans le sud du Sahel est en état de "désertizations" par paliers, plutôt que l'aggravation de désertification subite, dite "désertification".

Cette influence entraîne la réduction de la végétation naturelle ainsi que la fertilité du sol, et suscite ainsi la baisse de la productivité des produits agricoles ainsi que de l'élevage, et il faut donc élargir en conséquence la superficie de culture ainsi que de pâturage afin d'assurer le volume de production. Ceci accélère la diminution de la végétation naturelle, ce qui répète le cercle vicieux d'accélération de l'aggravation de la désertification.

Pour cette raison, plus d'habitants vont chercher du travail dans les autres villes du pays ou à l'étranger en vue de combler la baisse du taux d'autosuffisance alimentaire et des revenus, qui se traduit par la baisse du niveau de vie de la société rurale.



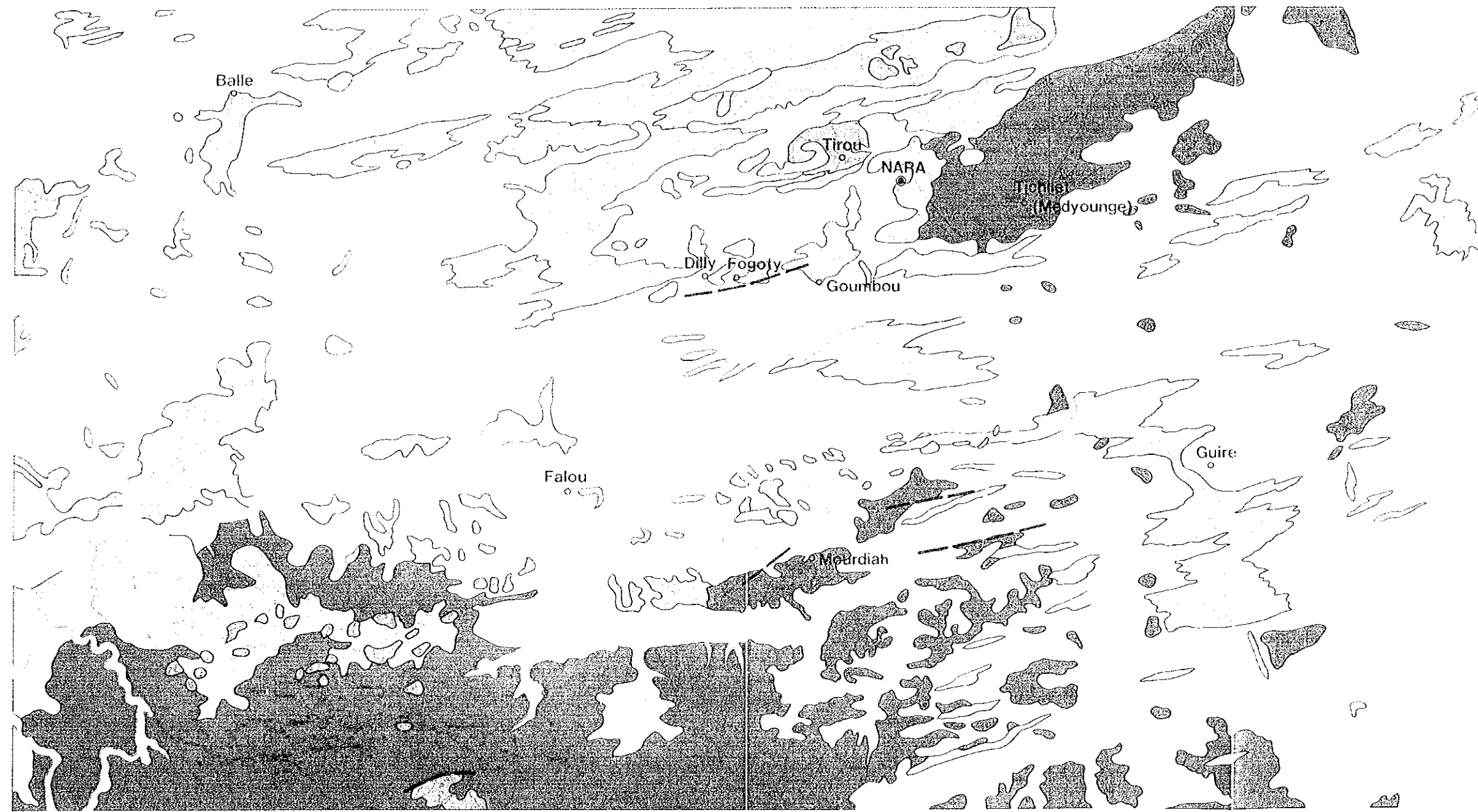
Fig. 3.1-1 CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE NARA



<b>LEGENDE</b>	Cénozoïque		sableux, vaseux et sol	Mésozoïque		grès, sableux fins, vaseux et argiles (Continental intercalaire)	Paléozoïque		schistes argileux et gréseux, schiste et grès fins		faille masquée		chef-lieu
	Quaternaire		sableux (dunes stabilisées)	Jurassique		dolérites roches intrusives	Cambrien		grès, grès schisteux et schistes		dunes stabilisées		village principal

Echelle 1:500 000  
 Km 5 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 Km

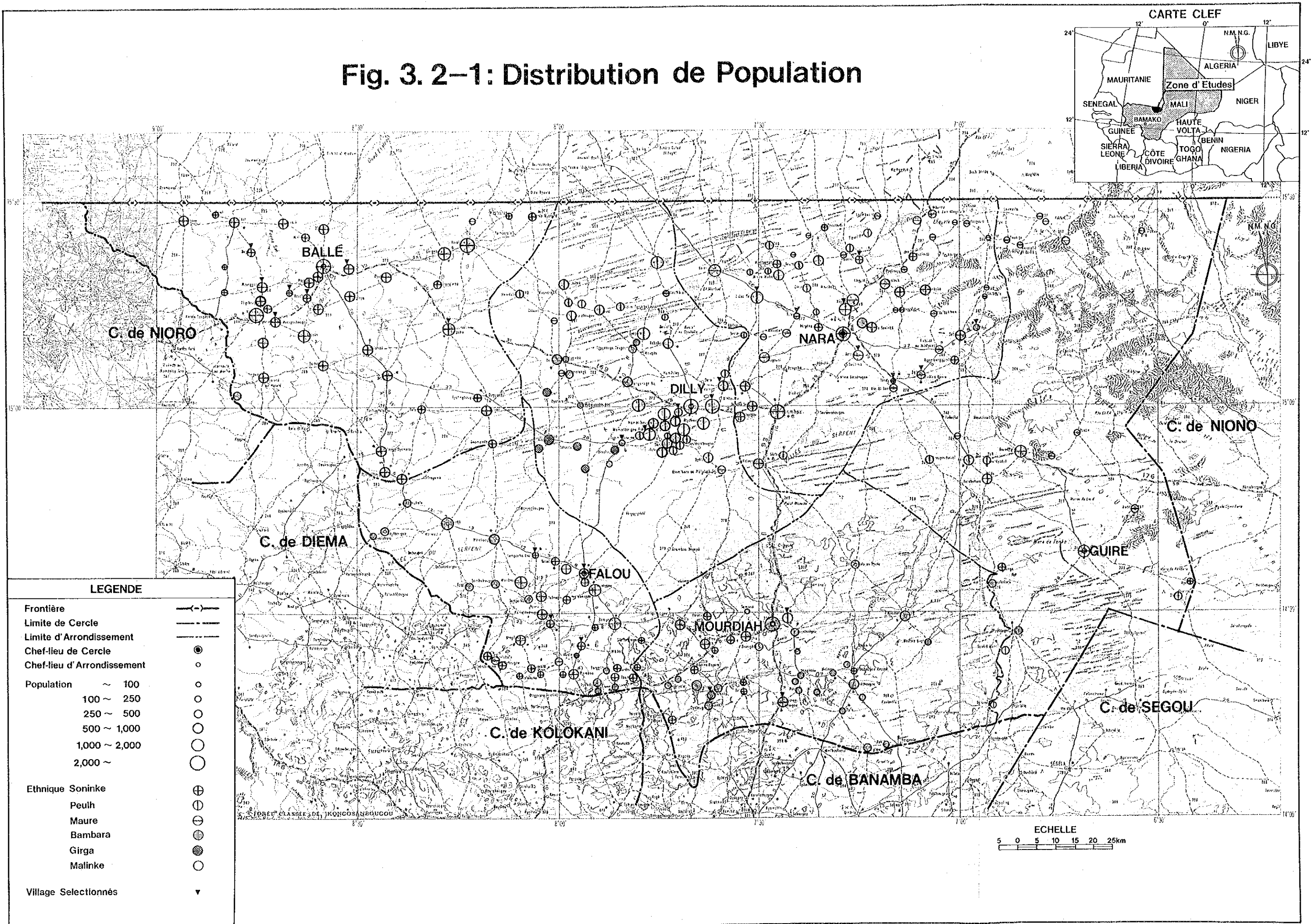
Fig. 3.1-1 CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE NARA



LEGENDE

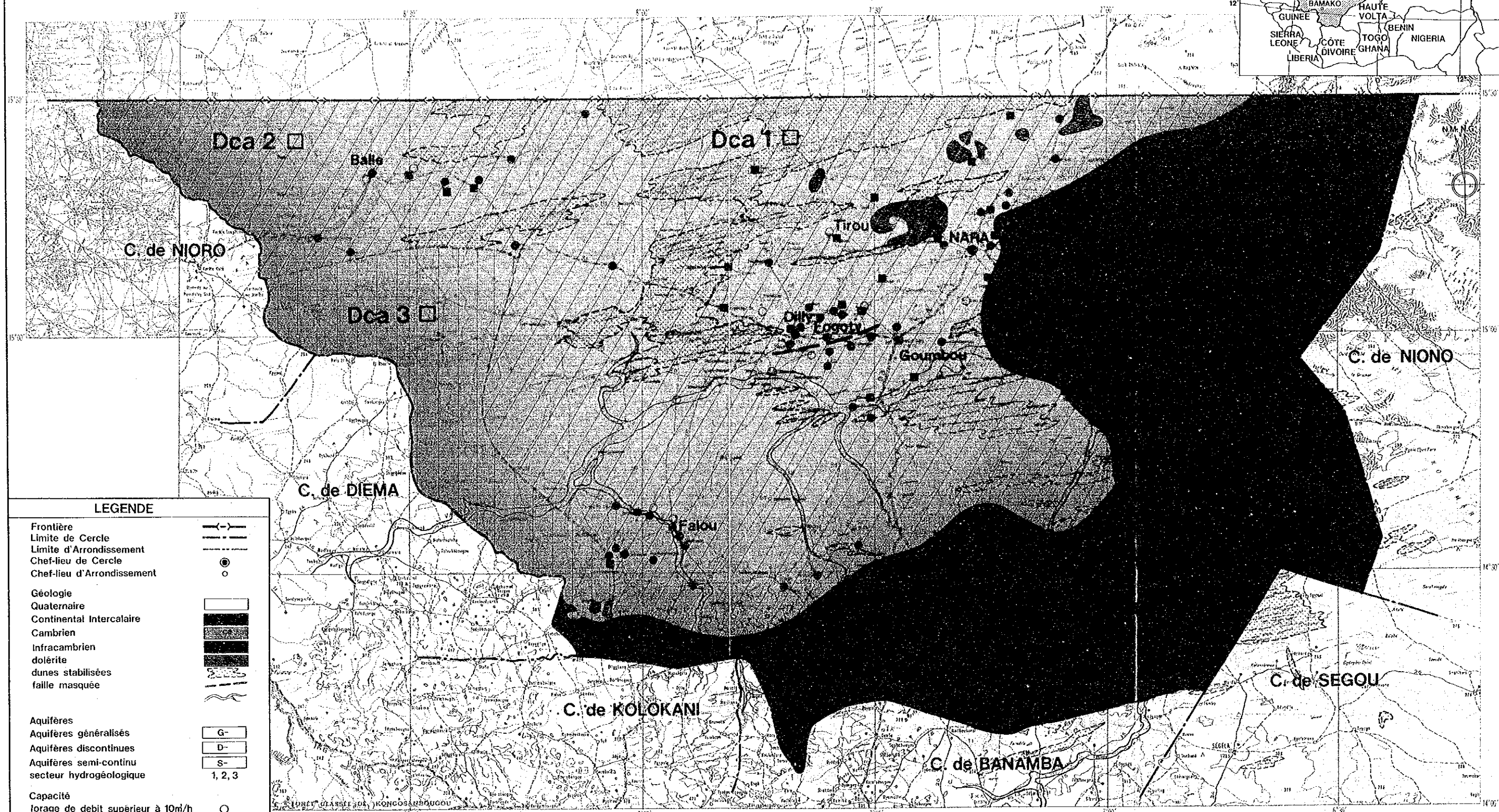
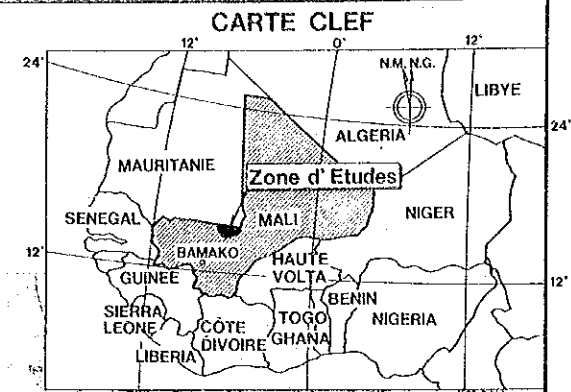
- |             |                             |            |  |               |  |                   |                   |
|-------------|-----------------------------|------------|--|---------------|--|-------------------|-------------------|
| Cenozoïque  | sableux, vaseux et sol      | Mésozoïque | gres, sableux fins, vaseux et argiles (Continental intercalaire) | Paléozoïque   | schistes argileux et gresoux, schiste et gres fins | faille masquée    | chef-lieu         |
| Quaternaire | sableux (dunes stabilisées) | Jurassique | dolerites roches intrusives                                      | Cambrien      |  | dunes stabilisées | village principal |
|             |                             |            |  | Infrecambrien | gres, gres schisteux et schistes                   |                   |                   |

# Fig. 3. 2-1: Distribution de Population



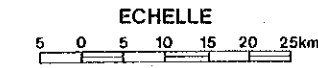


# Fig. 3.6-1 CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

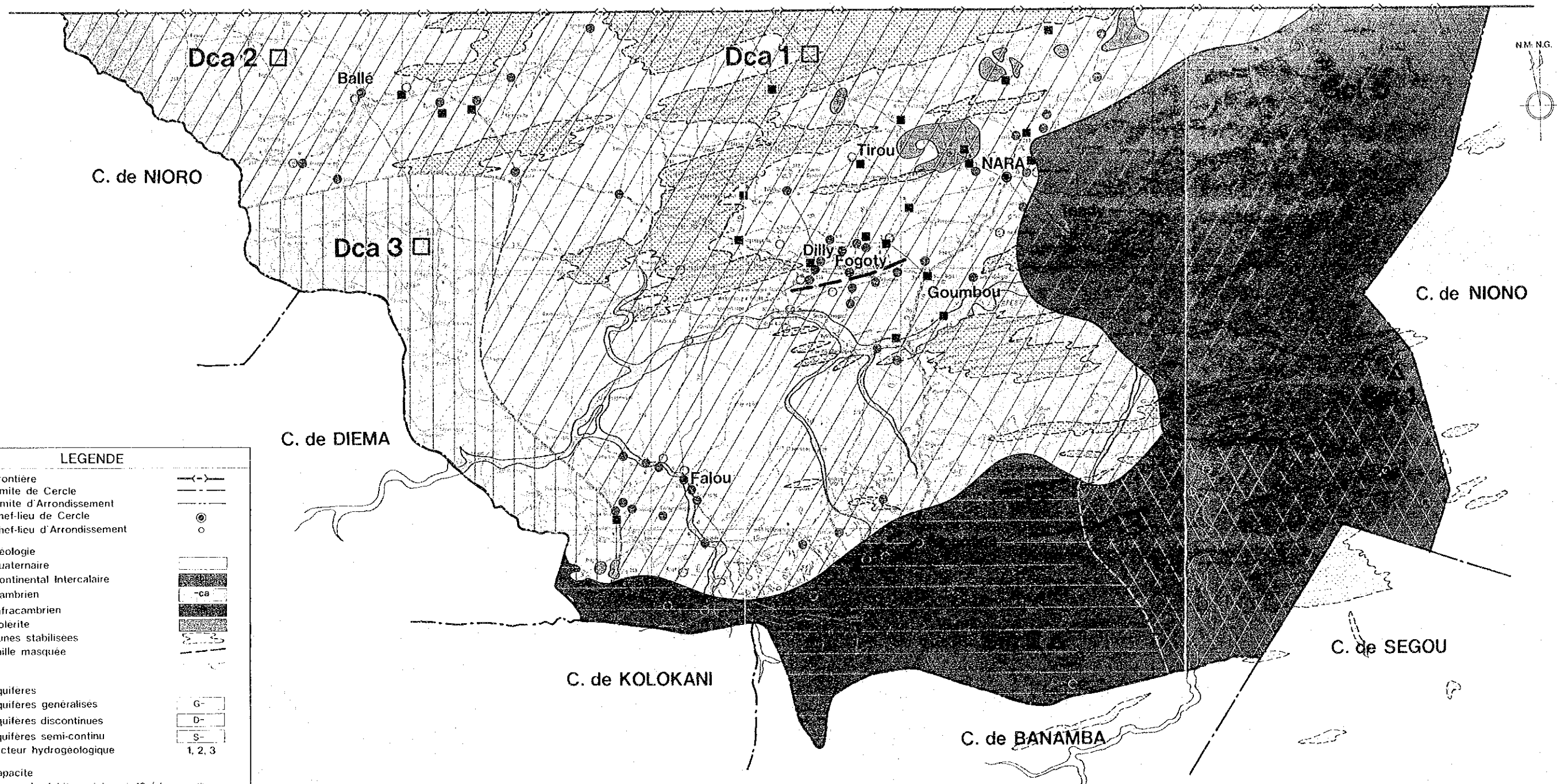
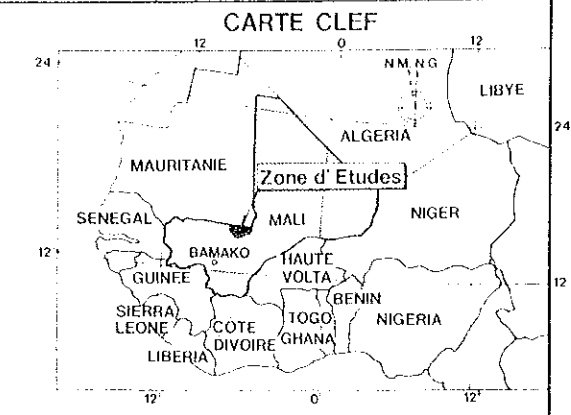


### LEGENDE

- Frontière
- Limite de Cercle
- Limite d'Arrondissement
- Chef-lieu de Cercle
- Chef-lieu d'Arrondissement
  
- Géologie
- Quaternaire
- Continental Intercalaire
- Cambrien
- Infracambrien
- dolérite
- dunes stabilisées
- faille masquée
  
- Aquifères
- Aquifères généralisés
- Aquifères discontinus
- Aquifères semi-continu
- secteur hydrogéologique
  
- Capacité
- forage de débit supérieur à 10m<sup>3</sup>/h
  
- Transmissivité
- Conductivité électrique  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- $\odot \geq 10^{-4} \text{ m}^2/\text{S}$
- $10^{-4} > \triangle \geq 10^{-5} \text{ m}^2/\text{S}$
- $10^{-5} > \square \geq 10^{-6} \text{ m}^2/\text{S}$
- $\geq 2,000$
- $2,000 > \geq 1,000$
- $1,000 > \geq 500$
- $500 >$
- anomalie
- $\geq 3,000$
- $1,000 >$

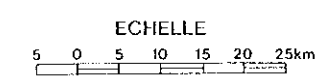


# Fig. 3.6-1 CARTE HYDROGÉOLOGIQUE



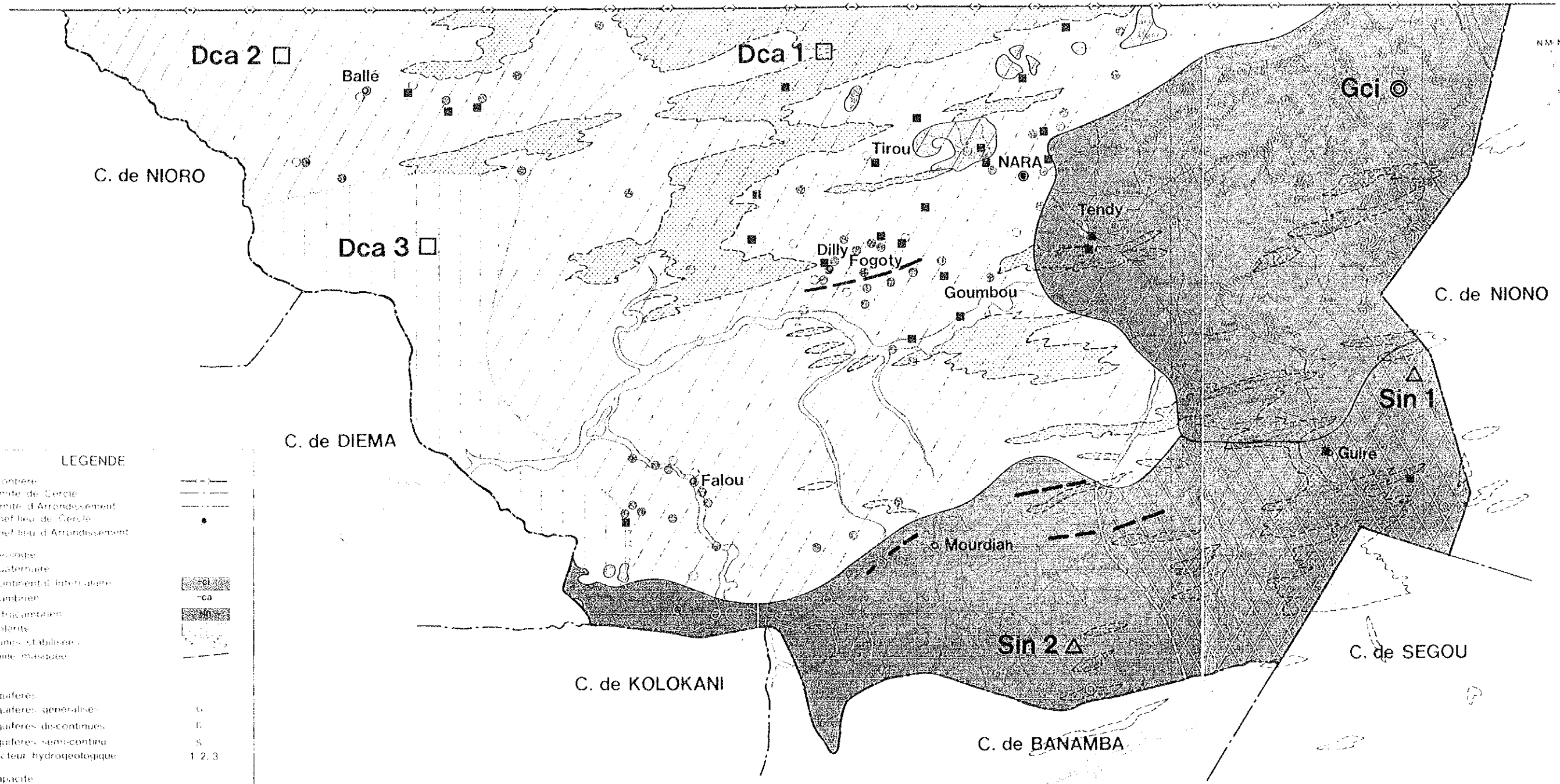
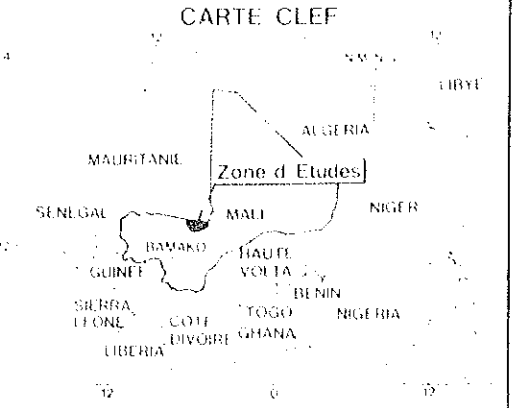
### LEGENDE

- Frontière
- Limite de Cercle
- Limite d'Arrondissement
- Chef-lieu de Cercle
- Chef-lieu d'Arrondissement
  
- Geologie
  - Quaternaire
  - Continental Intercalaire
  - Cambrien
  - Infracambrien
  - dolerite
  - dunes stabilisees
  - faille masquee
  
- Aquiferes
  - Aquiferes generalises
  - Aquiferes discontinus
  - Aquiferes semi-continus
  - secteur hydrogeologique
  
- Capacite
  - forage de debit superieur a 10m<sup>3</sup> h
  
- Transmissivite
  - 10<sup>-1</sup> m<sup>2</sup> S
  - 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup> S
  - 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup> S
- Conductivite electrique  $\mu S/cm$ 
  - 2.000
  - 1.000
  - 500
  - 3.000
  - 1.000
- anomalie
  - 3.000
  - 1.000



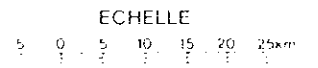
# Fig. 3.6-1 CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

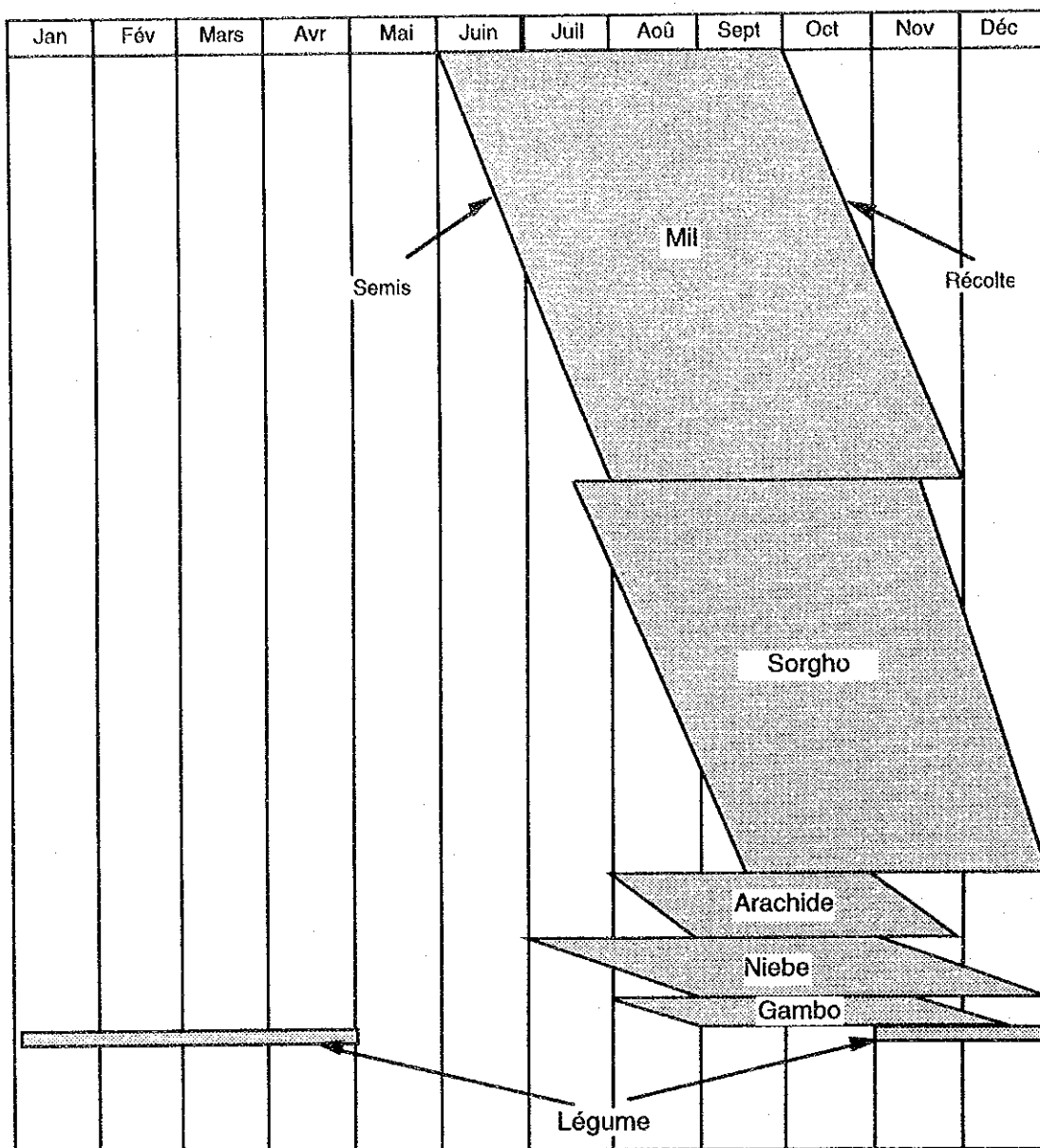
CARTE CLEF



**LEGENDE**

Frontière	---
Limite de Cercle	---
Limite d'Arrondissement	---
Chef lieu de Cercle	•
Chef lieu d'Arrondissement	•
<b>Géologie</b>	
Quaternaire	
continental-littoral	co
Cambrien	ca
infra-cambrien	ca
Paléozoïque	
Jurassique	
Stabilité	
Tertiaire	
<b>Aquifères</b>	
Aquifères généralisés	G
Aquifères discontinus	D
Aquifères semi-continus	S
secteur hydrogéologique	1 2 3
<b>Capacité</b>	
forage de débit supérieur à 10 m <sup>3</sup> /h	
<b>Transmissivité</b>	
<b>Conductivité électrique</b>	
10 <sup>-2</sup> m S	2 000
10 <sup>-3</sup> m S	1 000
10 <sup>-4</sup> m S	500
anomalie	1 000
	1 000





Source: Secteur de Développement Agricole et Mission d'étude envoyée par la JICA

Figure 3.7-1 Système de Culture de l'état actuel du cercle de Nara.

## **Chapitre 4    Eléments faisant obstacles au développement et problèmes de l'exploitation agricole**



## Chapitre 4 Eléments faisant obstacles au développement et problèmes de l'exploitation agricole

### 4.1 Eléments faisant obstacle au développement communs aux différentes catégories et problèmes de l'exploitation agricole

#### (1) Météorologie et Hydrologie

- Le minimum des précipitations des 10 dernières années est de 198,7 mm, et le maximum de 631,7 mm. Les précipitations annuelles moyennes représentent 386 mm et la marge de fluctuation est de 51% à 164%, par rapport à cette moyenne considérée comme 100%; il est donc difficile de prévoir les précipitations. D'ailleurs, il n'y a que quatre mois de pluies entre les mois de juin et de septembre, de plus, l'intervalle des pluies est irrégulière et on n'observe donc pas plus de 20 jours de longue période de manque de pluie. Étant donné que la teneur en eau du sol est peu élevée, la différence entre une bonne récolte et une mauvaise récolte de céréales grâce à la pluie est grande, et peut atteindre une dizaine de kg à mille kg par ha. Il est en outre nécessaire de réaliser l'irrigation sur les espèces agricoles vivaces ainsi que sur les cultures de légumes etc., en saison sèche.
- Les pluies peu abondantes en une fois s'attachent aux arbres et pénètrent dans le sol ou s'évaporent simplement, et on ne peut donc pas espérer avoir de l'eau d'écoulement de surface. La majorité des précipitations se concentre en peu de temps et au même endroit. En supposant que les précipitations au-dessous de 15 mm par jour soient nulle, la moyenne des 10 dernières années est de 124 mm comme précipitations non valables, soit 32% de toute la pluie tombée, ce qui ne représente que 8 fois par an de précipitations valables. Selon le résultat susmentionné, l'utilisation en l'agriculture de l'eau d'écoulement de surface ne se fait pas du tout, les paysans n'utilisent que l'eau puisée à la main des mares dans certains villages. En ce qui concerne les pluies au-dessus de 50 mm, elle ont été relevée 1,1 fois en moyenne depuis un an, et cette pluie apparaît comme une contribution considérable pour l'accumulation de l'eau des mares.
- Le volume d'évaporation des mares à grande surface d'évaporation est maximum en mai avec 341 mm, et minimum en décembre avec 175 mm. Le total annuel est estimé à 2.935 mm, ce qui correspond à un niveau très élevé.

## (2) Sources en eau

- Il n'y a que les mares en tant que ressources en eau de surface. La profondeur d'eau de presque toutes les mares est de 1,0 à 1,5 m, peu profonde, et la surface d'eau s'élargit et devient peu plus profonde d'année en année à cause de l'afflux de boue et de sables. La plupart de l'eau des mares disparaît suite à l'évaporation. Selon l'enquête de cette fois-ci, il s'est avéré que 530 mares correspondant à 80% de l'ensemble des mares s'épuisent à la fin du mois de décembre. D'ailleurs, l'entretien et la gestion relatifs aux travaux de dragage des mares ne sont pas faits jusqu'à ce jour par manque de matériels de construction dans le cercle de Nara.
- La répartition de l'eau souterraine est irrégulière, et la conductibilité électrique est d'une manière générale élevée. Il est donc difficile d'utiliser l'eau souterraine aux fins d'irrigation. Mais les eaux souterraines sont très importantes pour l'alimentation en eau des habitants et du bétail, et une alimentation en eau stable est souhaitable.

## (3) Sol et plantation

- La couche inférieure du sol est exposée après avoir perdu le sol de surface à cause de l'écoulement de l'eau de pluie ou l'érosion éolienne, et nombreuses sont les zones couvertes par un sol sableux de faible fertilité. Un tel sol n'a ni capacité de rétention d'eau ni de fertilité, et il est donc difficile de faire la régénération naturelle des arbres au fur et à mesure du climat sec.
- La densité de recouvrement arbustif commence à diminuer en raison de la collecte du bois pour le charbon et du surpâturage, de plus, le *cenhurus cathariticus* qui résiste au climat sec et qui n'est pas apprécié par le bétail est en train de s'agrandir aux vastes zones, ce qui provoque en conséquence l'aggravation des conditions de pâturage.
- Les terrains inclinés après avoir perdu leur revêtement arbustif s'accablent dans les mares après que le sol y compris le limon et la terre glaise a commencé à s'accumuler aussi, la profondeur d'eau diminue sensiblement, ce qui fait augmenter la perte par évaporation en provenance de la surface des mares.



- La destruction du couvert végétal due aux feux de brousse aggrave de plus en plus l'érosion éolienne ainsi que l'érosion hydrique.

(4) Forme de propriété du sol

- Étant donné qu'il n'y a pas de système d'enregistrement des terres, la limite n'est toujours pas claire entre les villages ainsi que pour les terres acquises par droit de culture de chaque concession, et pour cette raison, il se produit fréquemment des conflits d'utilisation des terres.
- Pour la raison qu'il est habituellement interdit de faire la vente et la cession du droit de culture, il est difficile de faire la répartition des terres proportionnellement à la main-d'oeuvre, et on rencontre également des terrains de jachère faute de main-d'oeuvre dans certains villages.
- En principe, le droit de culture considère comme terres communes celles du clan sous le système d'une famille de nombreuses personnes et les travaux agricoles sont effectués en commun par la famille, ce qui ne correspond pas une répartition du revenu proportionnelle à la qualité et au volume de main-d'oeuvre. Pour cette raison, il est assez difficile de créer une volonté d'accroissement des récoltes ainsi que l'esprit de rivalité par l'amélioration technique de l'exploitation agricole etc.

(5) Exploitation agricole et technique de l'élevage

- L'investissement dans les engrais et insecticides agricoles est difficile du fait que la productivité est faible, et on voit contrairement le cercle vicieux que les paysans se contentent de la productivité minimale car ils ne sont pas capables d'investir lesdits engrais et insecticides agricoles.
- Il y a des obstacles de diverses sortes qui font qu'on pratique la culture continue de la même plante faute de terrains en jachère dans les champs près du village.
- La technique d'exploitation agricole conforme aux conditions actuelles des zones de savane et de steppe du Sahel n'est pas encore établie à ce jour, alors que le système d'exploitation agricole traditionnelle ne convient pas nécessairement ces dernières années au changement de l'environnement.

- Le système de culture en vue de pouvoir utiliser efficacement la pluie de la saison des pluies n'est pas consolidé pour le moment et de ce fait, les ressources en eau précieuse ne sont pas utilisées d'une manière efficace.
- Il existe des obstacles au niveau du sol utilisé en jardinage dans les mares ainsi que des défauts dus à la submersion de l'eau boueuse.
- Etant donné qu'il n'y a pas d'équilibre entre les ressources alimentaires et le nombre de têtes de bétail, les paysans subissent la productivité peu élevée des produits de l'élevage (du lait et de la viande) du fait que la nutrition du bétail est mauvaise.
- La conservation des produits de l'élevage et la technique de transformation se situent à un niveau bas, avec de mauvaises conditions (telles que température), en plus, il y a des restrictions sur l'amélioration, la vulgarisation et sur les activités. Pour ces raisons, les exploitants manquent de bonne volonté de progrès concernant la production des aliments pour le bétail, l'amélioration de pâturage ainsi que l'extension de la production et de la productivité orientée sur l'expédition aux marchés.
- Il n'y a pas encore de ferme basée sur l'utilisation des terrains et des ressources idéale entre l'agriculture et l'élevage.

(6) Répartition de la population et activités économiques

- Malgré la faible densité de population, la production alimentaire est inférieure au niveau d'autosuffisance dans la zone, par conséquent on est obligé d'amener les denrées de base de l'extérieur du cercle.
- Etant donné qu'il n'y a pas de distribution des terres proportionnelle à la main-d'oeuvre, on voit un surplus démographique dans certains villages, en même temps qu'un manque de main-d'oeuvre ailleurs, comme déjà indiqué. En plus, on voit dans certains cas que l'autosuffisance en céréales est impossible à cause de la faible productivité, car la répartition des terres selon la population ne se pratique pas, et on assiste à un phénomène où les habitants quittent leurs villages à cause de ladite distribution des terres.
- L'économie régionale est limitée à l'élevage, en plus, la transformation des produits est faite entièrement par chaque concession agricole; toutefois il est

difficile d'absorber la main-d'oeuvre dans la zone du fait que les activités périphériques telles que commercialisation sont très faibles.

- L'organisation des paysans et des éleveurs au fur et à mesure de l'investissement n'est pas facile par manque d'épargne.
- On ne voit pas beaucoup d'activités de commercialisation dans les zones isolées du nord-ouest ou de l'est du cercle de Nara où les villages sont économiquement isolés.

(7) Informations et organismes administratives

- On n'a pas pu obtenir les informations suffisantes du fait qu'il n'y a ni carte topographique (environ 1/50.000è) de haute précision ni carte du sol (environ 1/200.000è) sur la base de l'établissement du programme de toutes les zones du cercle de Nara.
- En ce qui concerne l'accumulation de données météorologiques, les postes de mesure sont insuffisants, en plus, on manque de donnée au niveau des observatoires existants, et il est donc nécessaire d'améliorer la méthode de collecte des données.
- La connaissance des ressources en eau est indispensable à l'établissement d'un nouveau programme de développement, pour cela on a toujours besoin de collecter et d'accumuler les données fondamentales du fait qu'il manque les documents de base utilisables sur ce sujet.
- Il n'existe pas d'enregistrement correct concernant la culture des produits agricoles ainsi que d'élevage du bétail. On suppose que l'une des raisons est le manque d'habitude de la mesure de la superficie et du poids par les paysans, toutefois une telle donnée est toujours indispensable à l'établissement dudit programme de développement.
- Etant donné qu'on ne trouve pas d'organismes de recherches pour l'agriculture ainsi que l'élevage dans le cercle de Nara, on ne peut obtenir les possibilités de l'introduction nouvelle d'espèces de produits agricoles ainsi que de bétail. En outre, les paysans ne sont pas en rapport étroit avec les organismes de recherches ainsi que les organismes de vulgarisation des

autres zones, de ce fait, il n'y a peu d'informations sur les essais aussi bien que sur l'introduction des essais effectués par les paysans.

#### 4.2 Eléments faisant obstacle au développement par type et problèmes sur l'exploitation agricole

##### Type I Agriculture/pâturage

- Etant donné que les ressources en eau sont instables, il n'y a que la culture des céréales résistant à l'aridité du sol ainsi que d'autres produits agricoles sans valeur marchande, et le rendement par hectare est également très peu élevé, et de ce fait, même l'autosuffisance alimentaire est difficile à réaliser. En conséquence, le réinvestissement dans le secteur de l'agriculture est impossible ou mineur, en ce sens, il est toujours difficile de faire des améliorations techniques en vue d'augmenter le rendement par hectare.
- Parce que les endroits de pâturage autour du village ne sont pas suffisants, la zone de pâturage s'éloigne, en outre, il se produit fréquemment des luttes serrées sur le pâturage entre paysans et éleveurs (transhumants et nomades).
- On assiste à un phénomène de diminution sensible du groupe de jeunes hommes en particulier, qui ont quitté leurs villages à cause de la récession de l'agriculture, de ce fait la main-d'oeuvre manque de la fin de la saison sèche qui concentre les travaux de préparation des terrains jusqu'au début de la saison des pluies, ce qui provoque la diminution de la superficie de culture ainsi que la diminution de production due aux négligences de gestion.
- Le manque de main-d'oeuvre saisonnière engendre l'utilisation concentrée, consécutive et usurpatrice sur les terrains labourés du village. C'est pourquoi on assiste à l'apparition d'obstacles provenant de la culture continue de la même plante ainsi que de la dégradation du sol, ce qui aboutit à une récolte peu abondante.
- Etant donné que le réseau de circulation dans le cercle de Nara n'est pas développé à ce jour, la commercialisation est en fait limitée même si les produits agricoles sont disponibles aux marchés, et il arrive souvent que la culture des produits agricoles pour la vente ne soit pas généralisée même

dans les villages où les ressources en eau sont relativement abondantes aux environs des mares.

#### Type II Transhumance/agriculture

- Les paysans font l'élevage autour du village pendant qu'ils ont facilement des aliments pour le bétail en saison des pluies, parce que la base de vie quotidienne est le village, domicile fixe. Ensuite, les habitants commencent à faire la transhumance en vue de chercher de l'herbe au fur et à mesure du démarrage de la saison sèche, ce qui provoque donc les conflits entre les différents villages et aussi entre les ethnies à cause de la restriction des terrains de pâturage dû au surpâturage et la destruction par le feu de brousse.
- L'agriculture est en principe limitée à la production des céréales de chaque famille, mais on ne voit pas de volonté de réinvestir le revenu provenant de l'élevage ainsi que de l'agriculture dans la culture des produits agricoles. Par conséquent, les paysans subissent à la fois les conditions actuelles de l'élevage et de l'agriculture.
- Les paysans sont obligés d'acheter des aliments pour le bétail, tels que les résidus de coton (engraissement) afin de maintenir les carcasses du bétail pendant les années de sécheresse, et leurs dépenses vont toujours croissant, ce qui ne permet pas de faire l'ajustage du nombre de têtes de bétail adapté aux conditions économiques.

#### Type III Nomadisme

- On trouve quelques obstacles au maintien de la zone du pâturage et de passage dû à l'établissement de la frontière ainsi qu'à l'augmentation des nomades, lesdits obstacles causent fréquemment des conflits entre les paysans sédentaires et les autres nomades.
- En principe, le nomadisme est une forme de vie développée afin de prévoir l'utilisation efficace des ressources pastorales, mais on assiste surtout à un phénomène de surpâturage; de plus, dans la plupart des cas, il est difficile de réaliser la régénération des ressources pastorales à cause de la désertification.

- Les nomades ont tendance à s'efforcer à pratiquer l'autosuffisance alimentaire dans leur groupe du nomades, il est rare que le bétail soit vendu , excepté le vieux bétail ou le bétail malade, ce qui a tendance à produire un surplus de cheptel ainsi que l'état de surpâturage.

#### 4.3 Orientation du développement

Comme indiqué aux points 4.1 et 4.2 ci-dessus, il existe un bon nombre d'éléments faisant obstacles et de problèmes relatifs à l'exploitation agricole à surmonter pour le développement dans les zones d'études du Projet. Toutefois, si ces problèmes sont laissés sans solution à l'état actuel, il est très possible que la productivité de l'agriculture et de l'élevage baisse davantage, et on estime non seulement l'oppression de la vie des habitants, mais aussi l'aggravation de la dévastation de l'environnement naturel.

##### (1) Amélioration du taux d'autosuffisance alimentaire

Vu les conditions géographiques et naturelles dans le cercle de Nara, il faut reconnaître l'inaptitude de la production agricole pour les marchés éloignés de Nara. Il faut donc prendre des mesures pour améliorer la productivité des produits faisant l'objet de la consommation dans ce cercle. En ce qui concerne le mil (millet) et le sorgho, produits alimentaires principaux en particulier, il est nécessaire d'améliorer le rendement par hectare par le choix de périodes de culture, la rénovation des méthodes de culture ainsi que des mesures d'amélioration du traitement après récolte.

##### (2) Utilisation des eaux souterraines

L'eau souterraine est essentielle comme source d'eau potable pour les habitants et le bétail du cercle de Nara, en particulier pendant la saison sèche où les mares disparaissent sous l'effet de l'évaporation. On construit de nouveaux forages et réhabilite les anciens pour assurer l'eau potable aux habitants et au bétail.

##### (3) Amélioration de l'efficacité d'utilisation des mares

Les mares nombreuses dans le cercle de Nara constituent des ressources en eau précieuses, et actuellement, la culture des légumes est pratiquée dans beaucoup de zones avec l'eau des mares.

Toutefois, on ne peut pas dire que l'eau des mares est assez utilisée en relation avec l'emplacement des terrains labourés. De plus, presque toutes les mares subissent l'élévation du niveau du fond à cause de l'accumulation des boues et des sables. De ce fait, la perte d'eau due à l'évaporation augmente au fur et à mesure de l'extension de la surface de mare, et il est nécessaire d'étudier l'amélioration de l'efficacité de l'accumulation d'eau par l'enlèvement des sables entassés.

(4) Introduction de la sylviculture agricole

De l'interview dans les villages représentatifs également, on a appris que la distance de la collecte des bois combustibles était devenue plus longue ces 5 à 10 dernières années. Mais, les paysans font des efforts insignifiants de sylviculture, et le nombre des villages où on plante 10 arbres par an est limité. Par ailleurs, dans de nombreux villages, il y a des terrains de culture disponibles aux environs du village du fait que les jeunes hommes constituant la main-d'oeuvre quittent leurs villages pour chercher un emploi dans d'autres villages où à l'étranger. En considération de cet état de choses, il faudrait d'abord faire le reboisement avec une grande variété d'arbres en plusieurs couches autour des terrains labourés, et introduire également la sylviculture agricole en même temps que la protection du sol.

(5) Amélioration de la productivité de l'élevage

L'élevage actuel dans le cercle équivaut à l'entretien du cheptel considéré comme un bien, et les paysans ne tiennent presque pas compte de la productivité. Il apparaît en conséquence que l'élevage est encore une étape primaire en ce qui concerne le choix des espèces pour le bétail, l'amélioration du système de l'élevage et d'utilisation du lait. Pour l'élevage futur dans la zone d'étude du Projet, il sera nécessaire de donner aux paysans l'idée de considérer le bétail comme un moyen d'enrichissement et de réfléchir à l'utilisation efficace des ressources pastorales limitées, et ne pas le considérer comme un bien en lui-même.

## **Chapitre 5 Etude préalable sur le système de pompage à cellules photovoltaïques**



## **Chapitre 5 Etude préalable sur le système de pompage à cellules photovoltaïques**

### **5.1 Potentiel de l'énergie solaire**

#### **5.1.1 Situation actuelle du système d'observations météorologiques existant**

Les observations et les analyses météorologiques au Mali sont effectuées par la Direction Nationale de la Météorologie du Mali placée sous la tutelle du Ministre chargé des transports. Les observations météorologiques au Mali sont réalisées par les organisations suivantes classées en trois niveaux : les Stations Synoptiques, les Stations Climatologiques et Agrométéorologiques, les Postes Pluviométriques. Toutes les données observées par ces stations sont rassemblées à la Direction Nationale de la Météorologie pour être analysées et transformées en base de données par le logiciel CLIMBASE mis au point par l'O.M.M. (Organisation météorologique mondiale). La répartition des stations météorologiques principales du Mali est indiquée dans la Fig. 5.1-1.

Les activités générales de chaque niveau d'organisations sont décrites ci-dessous:

#### **(1) Stations Synoptiques**

Nombre de stations : 18

Articles d'observations : direction du vent, vitesse du vent, visibilité, phénomène atmosphérique, quantité de nuages, forme de nuages, précipitations, température, humidité, pression atmosphérique, durée d'insolation, intensité de la radiation solaire (dans 5 stations seulement), température souterraine, évaporation

Heures d'observations : 00:00, 03:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00

Personnel d'observations : normalement 6 personnes (dont 1 assistant)

Méthode de transmission des données d'observations à la Direction Nationale de la Météorologie (Bamako) : liaison radio régulière

Par ailleurs, les désignations et les années de fondation des 18 stations synoptiques sont indiquée ci-dessous:

Désignation	Année de fondation	Désignation	Année de fondation
1. TESSALIT	1947	10. KAYES	1897
2. KIDAL	1923	11. SEGOU	1919
3. TOMBOUCTOU	1907	12. SAN	1921
4. GAO	1919	13. KITA	1924
5. MENAKA	1923	14. KENIEBA	1942
6. HOMBORI	1920	15. BAMAKO	1924
7. NIORO	1920	16. KOUTIALA	1922
8. NARA	1922	17. BOUGOUNI	1921
9. MOPTI	1921	18. SIKASSO	1919

## (2) Stations Climatologiques et Agrométéorologiques

Nombre de stations : 47

Articles d'observations : direction du vent, vitesse du vent, précipitations, température, humidité

Heures d'observations : 08:00, 12:00, 18:00

Personnel d'observations : normalement 2 personnes (dont 1 assistant)

Méthode de transmission des données d'observations à la Direction Nationale de la Météorologie (Bamako) : expédition mensuelle par la poste

## (3) Postes pluviométriques

Nombre de stations : 208

Articles d'observations : précipitations

Heures d'observations : 08:00, 18:00

Personnel d'observations : normalement 1 personne (commande extérieure)

Méthode de transmission des données d'observations à la Direction Nationale de la Météorologie (Bamako) : expédition mensuelle par la poste

Par ailleurs, la station météorologique de Nara où ont été installés les instruments météorologiques pour la présente étude se classe parmi les stations synoptiques. L'aperçu en est indiqué ci-dessous. Cependant, il est à noter que l'observation de l'intensité de la radiation solaire, qui a un rapport étroit avec la conception du système photovoltaïque, n'y est pas effectuée.

Emplacement : latitude 15° 10 Nord  
longitude 07° 17 Ouest

Articles d'observations : direction du vent, vitesse du vent, visibilité, phénomène atmosphérique, quantité de nuages, forme de nuages, précipitations, température, humidité, pression atmosphérique, durée d'insolation, température souterraine, évaporation

Heures d'observations : 00:00, 03:00, 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00, 22:00, 23:00

Personnel d'observations : 5 personnes (dont 1 assistant)

Méthode de transmission des données d'observations à la Direction Nationale de la Météorologie (Bamako) : communication de données par réseau de satellite

Heures de transmission des données : 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00

Par ailleurs les observations de la direction et de la vitesse du vent ne sont pas effectuées actuellement dû à la panne des instruments de mesure.

#### 5.1.2 Données existantes d'observations météorologiques

Parmi les données d'observations météorologiques, celles étroitement liées à la conception du système photovoltaïque sont décrites ci-après.

##### (1) Durée d'isolation

Au Mali, l'héliographe est installé, outre les 18 stations synoptiques mentionnées ci-dessus, aux établissements n'appartenant pas à la Direction Nationale de la Météorologie, tels que le CNESOLER, etc. Cependant, la situation réelle est inconnue sauf en ce qui concerne la Direction Nationale de la Météorologie. Par ailleurs, l'héliographe installé aux stations synoptiques est du type Campbell-Stokes, avec lequel la durée d'insolation est mesurée par la mesure visuelle de la longueur brûlée sur le papier d'enregistrement.

Les moyennes mensuelles de la durée d'insolation par station pour une période de 30 ans (1951 à 1980) sont indiquées au Tableau 5.1-1, et la carte de répartition des moyennes annuelles de la durée d'insolation est représentée dans la Figure 5.1-2. Selon le tableau et la figure, la durée

moyenne annuelle d'insolation au Mali est de 8,6 heures en moyenne nationale, avec un maximum de 9,5 heures à Kidal et un minimum de 7,7 heures à Sikasso.

D'autre part, le tableau suivant compare les données obtenues à la station météorologique de Nara et la moyenne nationale.

Durées moyennes mensuelles d'insolation (Unité: heures)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC.	Moyenne annuelle
Tout le Mali	8,9	9,4	9,0	8,8	8,8	8,4	7,8	7,6	8,0	8,7	9,0	8,6	8,6
Nara	8,7	8,8	8,8	8,9	8,8	8,1	7,8	8,4	8,4	9,2	8,7	8,1	8,6

On remarque dans ce tableau que la durée moyenne d'insolation du Cercle de Nara est à peu près égale à la moyenne nationale, et ce pour toute l'année.

## (2) Intensité de la radiation solaire

Les capteurs d'ensoleillement qui ont été installés en 1980 dans 5 stations météorologiques (Kayes, Bamako, Bougouni, San, Tombouctou) existent actuellement. Cependant, les données obtenues par ces instruments ne sont pas utilisées, car leur analyse demande beaucoup de temps à cause de la dispersion des valeurs observées selon les instruments ainsi installés et de l'incohérence avec les valeurs estimées antérieurement par la méthode Angstrom à partir de la durée d'insolation, ou bien pour d'autres raisons. Donc, au Mali, l'intensité de la radiation solaire est estimée à partir de la durée d'insolation par la méthode utilisée avant l'installation des instruments météorologiques dans ce pays, à savoir la méthode Angstrom. Comme il est mentionné ci-dessus, la durée d'insolation est observée jusqu'ici à toutes les stations synoptiques. Les moyennes mensuelles de l'intensité de la radiation solaire, estimées à partir des durées d'insolation observées dans ces stations de 1951 à 1990, sont indiquées dans le Tableau 5.1-2.

Le tableau suivant compare la moyenne nationale et les données enregistrées dans la station météorologique de Nara.

Moyennes mensuelles de l'intensité de la radiation solaire (Unité: kWh/m<sup>2</sup>/jour)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC.	Moyenne annuelle
Tout le Mali	5,21	5,78	6,08	6,18	6,15	5,83	5,71	5,63	5,72	5,66	5,34	4,91	5,68
Nara	5,08	5,55	6,02	6,12	5,97	5,69	5,76	6,01	5,78	5,62	5,18	4,84	5,64

### (3) Température atmosphérique

Les Tableaux L.1-3 à L.1-5 de l'Annexe L indiquent les moyennes mensuelles de la température atmosphérique, la moyenne des températures maximales journalières et celle des températures minimales journalières, observées dans les 18 stations synoptiques pendant la période de 1951 à 1980. Par ailleurs, les moyennes mensuelles nationales de ces valeurs, c'est-à-dire les moyennes des valeurs observées dans les 18 stations, sont indiquées ci-dessous avec celles du Cercle de Nara.

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy. annuelle
<u>Moyenne nationale</u>													
- Moyenne des températures minimales (°C)	15,0	17,4	20,6	23,9	26,0	25,3	23,8	23,0	22,9	22,1	18,3	15,3	21,1
- Température moyenne (°C)	23,7	26,4	29,4	31,8	32,9	31,4	28,9	27,7	28,3	28,4	26,8	23,6	28,3
- Moyenne des températures maximales (°C)	32,2	35,0	37,7	39,3	39,7	37,8	34,7	32,9	34,0	35,7	35,1	32,2	35,5
<u>Cercle de Nara</u>													
- Moyenne des températures minimales (°C)	12,2	13,9	16,8	20,4	23,5	23,0	21,4	20,5	20,2	19,6	15,8	12,5	18,3
- Température moyenne (°C)	23,3	26,0	29,0	32,2	34,1	32,3	28,8	27,3	27,7	29,4	27,4	23,8	28,4
- Moyenne des températures maximales (°C)	32,0	35,5	37,5	37,7	40,1	41,3	38,8	34,1	32,0	33,5	37,0	36,6	36,3

En outre, la température minimale absolue et la température maximale absolue, observées dans chaque station, ainsi que les dates d'apparition de ces températures sont indiquées dans le Tableau L.1-6. Selon ce tableau, la température minimale absolue au Mali (1,6 °C) a été enregistrée le 26 décembre 1986 dans la station de Tessalit, tandis que la température maximale absolue (52,0 °C) a été enregistrée le 4 mai 1935 dans la station de Menaka. D'autre part, à la station météorologique de

Nara, la température maximale absolue (48°C) a été enregistrée le 22 mai 1949.

#### (4) Précipitations

Les précipitations mensuelles, observées pendant la période de 1951 à 1980 sont indiquées dans le Tableau L.1-7 de l'Annexe L, et la répartition des précipitations annuelles sur tout le territoire national dans la même période sur la Figure 5.1-3.

Le tableau suivant indique l'évolution des précipitations annuelles moyennes nationales et celle du Cercle de Nara de ces derniers 40 ans. En outre, les détails en sont indiqués dans le Tableau L.1-8 de l'Annexe L, et l'évolution dans les stations principales sur la Figure 5.1-4.

	1951	1960	1970	1980	1990	Moyenne
Moyenne nationale	795,6	655,5	591,1	557,2	523,1	623,1
Cercle de Nara	516,0	484,3	449,6	295,5	299,0	436,5

Note: Moyenne = Moyenne sur les 40 ans (mm)

D'après ce qu'on dit en général, les précipitations du Sahel diminuent d'année en année; ce tableau le démontre.

#### (5) Autres données météorologiques

Les moyennes mensuelles de l'humidité et de l'évaporation de la période de 1951 à 1980 ainsi que les valeurs maximales de la vitesse du vent (moyenne sur 10 minutes pour la période de 1956 à 1985) sont indiquées dans les Tableaux L.1-9 à L.1-11 de l'Annexe L. Les valeurs moyennes nationales et celles du Cercle de Nara de ces données sont indiquées ci-dessous.

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy. annuelle
<b>Moyenne nationale</b>													
- Humidité moyenne (%)	30,6	26,2	25,3	29,0	39,4	51,3	64,2	70,9	66,7	53,1	40,8	35,4	44,4
- Evaporation moyenne (mm)	274	291	359	355	335	260	187	131	139	204	234	245	251
- Vitesse max. du vent *1	14,5	14,5	16,9	19,3	25,2	31,3	33,5	31,8	28,7	20,2	18,3	13,8	33,8
<b>Cercle de Nara</b>													
- Humidité moyenne (%)	29,0	25,0	22,0	25,0	36,0	49,0	63,0	75,0	64,0	45,0	33,0	30,0	41,3
- Evaporation moyenne (mm)	364	377	471	475	416	338	230	123	152	289	343	336	326
- Vitesse max. du vent *1	11,6	13,4	13,6	16,8	19,8	25,8	23,4	27,2	24,0	14,2	11,6	11,6	27,2

(Note) \*1: Valeur maximale absolue mensuelle de la vitesse du vent (moyenne sur 10 minutes). La colonne "Moyenne annuelle" indique la valeur maximale.

La vitesse maximale du vent, enregistrée pendant les 30 ans de 1951 à 1980, est de 33,5 m/s à Gao. A part cette région, la vitesse maximale du vent est de 27,7 m/s, valeur enregistrée dans la région de Mopti. D'autre part, celle enregistrée dans le Cercle de Nara est de 27,2 m/s. Quant à la pression du vent de calcul à prendre en considération dans la conception des installations photovoltaïques, il suffit, compte tenu d'une marge de sécurité, d'adopter une valeur de 35 m/s en cas d'application à tout le territoire du Mali, et une valeur de 30 m/s en cas d'application au Cercle de Nara seulement.

### 5.1.3 Instruments météorologiques

#### (1) Généralités du système

La mission d'étude a installé à la station météorologique de Nara des instruments météorologiques pour mesurer la température atmosphérique, la direction du vent, la vitesse du vent, l'humidité, les précipitations, l'intensité de la radiation solaire, la durée d'insolation et l'évaporation en vue de la collecte des données fondamentales pour la conception du système de pompage à cellule photovoltaïques.

Le système d'observations météorologiques ainsi installé convertit par voie électrique les signaux de sortie émis par le capteur de chaque instrument météorologique et stocke périodiquement (toutes les 15

minutes dans ce cas) les données dans la carte mémoire à C.I. de l'enregistreur de données, ces données étant ensuite analysées sur un ordinateur individuel.

Le tableau suivant indique les items de mesure, les plages de mesure ainsi que les précisions de mesure des instruments météorologiques installés.

N°	Item de mesure	Plage de mesure	Précision
1.	Direction du vent	0 à 540 degrés	± 5° max..
2.	Vitesse du vent	2 à 60 m/s	Pour 10 m/s ou moins: ± 0,5 m/s Pour plus de 10 m/s: ± 5 m/s
3.	Température	0 à 60°C	± 0,5°C
4.	Humidité	0 à 100%	± 3%
5.	Précipitations	0 à 100 mm	± 3 mm
6.	Intensité de la radiation solaire	0 à 1,5 kW/m <sup>2</sup>	± 3%
7.	Durée d'insolation	0,12 kW/m <sup>2</sup> ou plus.	± 3%
8.	Evaporation	0 à 100 mm	± 1 mm

Les généralités des instruments composant le système d'observations météorologiques ainsi que le programme d'analyse sont décrites dans l'Annexe K.

## (2) Installation du système et transfert technologique

L'installation, le réglage et l'essai des instruments météorologiques ont été effectués pendant la période du 14 décembre au 26 décembre 1993 par les membres de la mission d'étude avec la collaboration de la contrepartie malienne. Les observations et la collecte des données ont été commencées le 1<sup>er</sup> janvier 1994. La Figure 5.1-5 indique la disposition générale des instruments météorologiques installés dans la station météorologique de Nara. Par ailleurs, les travaux d'installation, le réglage et l'essai sont décrits dans l'Annexe K.

Pendant la période d'installation, de réglage et d'essai, une explication sur les généralités des instruments météorologiques a été donnée au personnel de la station météorologique de Nara et à la contrepartie, et, pendant la période d'observation suivante, le transfert technologique a été effectué en ce qui concerne la méthode d'exploitation et d'entretien,



le changement de la carte mémoire, le traitement et l'analyse des données d'observation, etc.

Compte tenu du système actuel sous lequel le contrôle, l'entretien et l'enregistrement quotidiens sont assurés par le personnel de la station météorologique, tandis que les données d'observation sont mises en ordre et analysées par la Direction Nationale de la Météorologie du Mali, dans cette étude aussi, il a été effectué, d'une part, le transfert technologique relatif à l'exploitation et à l'entretien ainsi qu'au changement de la carte mémoire au personnel de la station météorologique de Nara, et d'autre part, celui relatif au traitement et à l'analyse des données, etc. au personnel de la Direction Nationale de la Météorologie du Mali. Les éléments principaux du transfert technologique qui a eu lieu pendant la période d'étude sont les suivants:

Pour le personnel de la Direction Nationale de la Météorologie et celui de la station météorologique de Nara:

- (a) Explication sur la configuration et les généralités du système d'observations météorologiques ainsi que sur le principe de mesure de chaque instrument
- (b) Explication sur la méthode de remplacement et le mode d'emploi de la carte mémoire
- (c) Explication sur la méthode de traitement, la méthode d'analyse et le contenu des données

Pour le personnel de la station météorologique de Nara:

- (a) Explication sur les points et la méthode de contrôle quotidien
- (b) Explication sur la méthode, la fréquence, etc. de nettoyage des instruments de mesure
- (c) Direction concernant le réapprovisionnement en eau (hebdomadaire) et le nettoyage du réservoir de l'évaporomètre
- (d) Explication sur le remplacement de la carte mémoire, les points et les opérations du contrôle périodique de l'intérieur du tableau de commande

Pour le personnel de la Direction Nationale de la Météorologie du Mali: