

3. LES RESSOURCES NATURELLES ET LEUR DYNAMIQUE

3.1 L'eau

Les précipitations météoriques concentrées sur les trois à quatre mois de saison des pluies constituent pour la partie ruisselée, la force motrice des mécanismes de la géodynamique actuelle et pour la partie infiltrée, la matière première de la production végétale à travers le cycle de l'eau dans le sol.

Les eaux de surface

Un dispositif expérimental de sept bassins versants a été suivi dans le cadre du Projet Mare d'Oursi. Le tableau 4 indique leur superficie respective et la distribution des quatre grandes familles de paysage sur leurs surfaces respectives.

Tableau 4 : caractéristiques des bassins versants étudiés.

Bassin versant	Superficie (km ²)	Système dunaire	Talwegs et dépressions	Buttes et reliefs	Grands
Oursi	263	12 %	21 %	8 %	59 %
Outardes	16,5		25 %	19 %	56 %
Polaka	9,14	18 %	6 %	16 %	60 %
Tchalol	9,28	1 %	8 %	44 %	47 %
Taïma	105	8 %	16 %	10 %	66 %
Jalafanka	0,809				100 %
Kodel	1,05			100 %	
Gountouré	24,6	8 %	5 %		87 %

L'essentiel de l'écoulement, comme partout en zone sahéenne, provient du ruissellement des crues provoquées par les averses. Il n'existe pas, à l'exception de très rares périodes humides sur de grands bassins (Taïma), d'écoulement de base. Le tableau 5 donne les valeurs moyennes des coefficients de ruissellement obtenus.

Tableau 5 : moyennes des coefficients de ruissellement des bassins versants de la Mare d'Oursi (%).

Outardes	Polaka	Tchalol	Taïma	Jalafanka	Kodel	Gountouré
20 %	14 %	27 %	5 %	37 %	13 %	25 %

Variabilité du ruissellement

On observe en moyenne de quinze à vingt crues, provenant de l'écoulement superficiel ou ruissellement, sur les sous-bassins versants étudiés de la Mare d'Oursi. Ces évènements sont consécutifs à une ou plusieurs averses.

Le volume et l'intensité de ces crues sont déterminés par deux groupes de facteurs : ceux qui caractérisent l'évènement pluviométrique et ceux qui caractérisent l'état du milieu récepteur au moment de cet évènement.

On observe sur les bassins de glacis (Jalafanka, Tchalol, partie aval de Polaka) que c'est surtout le volume de l'averse qui est déterminant pour la caractérisation des crues, les ruissellements se produisant presque toujours de façon diffuse. Sur les bassins plus cultivés ou comportant des zones moins régulières (dépressions, accumulations sableuses de piémont ou en bourrelet) comme Outardes ou Gountouré l'influence de l'humectation du sol et de l'intensité de l'averse préside au déterminisme des crues.

Pour chacun des bassins étudiés a été calculée une crue de projet correspondant à une précipitation de période de retour décennal. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 6 que l'on pourra comparer avec le tableau 4.

Tableau 6 : crues de projet

Bassins	Coefficient de ruissellement (%)	Débit maximum spécifique (m ³ /s . km ²)
Outardes	57,5	2,42
Polaka	35,3	5,03
Tchalol	66,2	4,74
Jalafanka	57,5	8,28
Kodel	26,2	18,1
Gountouré	68,4	3,74
Taïma	36,0	0,648

Le bilan hydrologique de la Mare d'Oursi

Sur la base des mesures de ruissellement et des estimations et calculs faits sur les termes du bilan hydrologique de la Mare d'Oursi à savoir :

- apports pluviométriques
- apports par ruissellement
- pertes par évaporation
- pertes par infiltration.

Versant de la Mare d'Oursi a été établi pour les années 1976 à 1983.

Tableau 7. Bilan hydrologique annuel du bassin versant de la Mare d'Oursi

Année	Volume d'apports (103. m3)	Larme écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Coefficient d'é %
1976	26,5	101	(400)	(25,2)
1977	26,0	98,9	481	23,2
1978	15,3	58,2	358	16,3
1979	10,8	41,1	322	13,0
1980	17,1	65,0	308	21,0
1981	19,6	74,5	337	22,1
1982	19,4	73,8	382	16,3
1983	7,3	27,8	204	13,6

Le remplissage et les pertes par évaporation de la Mare d'Oursi ont fait d'une modélisation à partir de trois années d'observation (1978 à 1980). Cette modélisation, relativement sophistiquée, utilise une cartographie des unités d'états de surface réalisée à partir d'un traitement d'image satellitaire et des fonctions de production établies sur des parcelles caractéristiques de 1m² par simulation de pluies (Chevallier, 1982 ; Chevallier et al., 1985b). Une simulation de situations extrêmes a été réalisée à partir d'un échantillon pluviométrique de trois années très sèches consécutives, puis de trois années très humides consécutives. Le résultat de la simulation montre que, dans le premier cas, la Mare est susceptible de ne stocker de l'eau que pendant quelques semaines par an, et que, dans l'autre, il n'est pas interdit d'imaginer un débordement au dessus du cordon dunaire.

Dynamique de l'eau dans les sols

La part du bilan hydrique qui s'infiltré dans le sol est d'abord retenue dans la matrice pédologique ; elle est susceptible, à partir de là, d'une reprise par évapotranspiration, d'un stockage plus long dans la zone non saturée du sol, ou

d'un drainage profond, éventuellement vers une zone saturée (nappe dans le réservoir poreux ou fissure géologique).

Les observations réalisées permettent de distinguer quatre types de comportements liés à trois des quatre grands types de paysages proposés (les talwegs et la cuvette de la Mare constituant un milieu de stockage et de transfert superficiel des eaux de ruissellement) (Sicot, 1982).

- *Milieux dunaires et placages sableux*

Les pluies s'infiltrent facilement, mais les faibles réserves de la matrice sableuse sont rapidement reprises par évapotranspiration. La part de la pluie susceptible de s'infiltrer profondément est estimée à environ 25 mm une pour précipitation annuelle de 400 mm.

- *Glacis sur roches basiques.*

La composition de la matrice montre une microporosité très importante qui décroît peu en profondeur. Les possibilités de drainage sont faibles. Les stockages actifs sont limités aux horizons proches de la surface et soumis intensivement aux effets évapotranspiratoires. Le drainage profond pour une pluviométrie annuelle de 400 mm est estimé inférieur à 10 mm.

- *Glacis sur roches cristallines acides.*

L'aptitude à l'infiltration est médiocre ; elle se fait à travers une matrice grossière qui alimente les nappes perchées dans les dépressions de la surface de la roche-mère. Cette dernière, faiblement fissurée, empêche pratiquement tout drainage profond.

- *Les buttes et les collines rocheuses ou cuirassées.*

On ne peut plus parler de sol puisqu'on ne trouve pas de véritable matrice plasmique. Les possibilités d'infiltration sont d'autant plus importantes que les altérites sont profondes (Pioñ, 1979). Les réserves utiles sont extrêmement limitées. Il est probable qu'une part importante de l'infiltration est restituée latéralement dans les ensembles adjacents, souvent constitués par des piémonts sableux ou des glacis sur roches basiques (Collinet, 1988).

Dans tous ces milieux, il faut garder à l'esprit que l'influence évapotranspiratoire est prépondérante (7 à 8 mm/jour en saison des pluies) et c'est la nature des horizons superficiels qui va définir prioritairement les capacités de stockage. Cette caractéristique est à relier avec l'importance primordiale, voire exclusive, de l'état de surface du sol pour son aptitude au ruissellement.

Les mesures de variations des profils hydriques de divers types de sols effectués à la sonde à ventous sur 30 à 40 sites, ont servi à estimer les bilans hydriques de ces sols, en année moyenne.

Tableau 8. Bilans hydriques annuels estimés pour différents milieux

	Ps	R	I	D	ETR
Milieux sableux	498	0	498	66	432
Milieux argileux	505	138	367	3	364
Milieux sablo-argileux	475	80	395	19	376
Milieux à concrétions	475	92	383	6	377

3.2. La Production végétale

Plusieurs niveaux d'étude ont été adoptés pour exprimer la diversité aussi bien dans l'espace que dans le temps. Nous en retiendrons deux :

- la station définie comme "une surface où les conditions écologiques sont homogènes, caractérisée par une végétation uniforme" (Godron et al., 1983) ;
- la région constituée de "grandes étendues de pays sur lesquelles règne le même climat, qu'occupe une même végétation" (Manil, 1963).

Approche stationnelle

Six unités ont été retenues appartenant à trois des quatre grands types de paysages, la végétation des buttes et reliefs, très pauvre, n'étant pas réellement significative.

- Pour les grands glacis
 - * liés aux affleurements de roches basiques Kodel glacis et Kouni Kouni
 - * liés aux affleurements de roches cristallines acides : Gountouré
- Pour le système dunaire
 - * Kodel piémont et Oursi
- Pour les talwegs et dépressions
 - * Windé

La strate herbacée

Les variations saisonnières du poids de matière sèche des différents compartiments végétaux ont été mesurées sur les parcelles protégées. On distingue différentes phases.

- Une période d'établissement qui s'étale de la première pluie occasionnant une levée jusqu'à l'installation des pluies régulières.
- Une période de croissance rapide qui correspond à l'élaboration active de la matière vivante, rendue possible par les conditions pluviométriques (Cornet, 1981).
- Une phase de stabilisation relativement courte qui correspond à la maturation de la communauté végétale et à la phytomasse optimale. On utilise cette valeur pour estimer la production annuelle.
- Une phase de décroissance, lente ; les pertes correspondent à la consommation primaire (termite), à l'enfouissement, à des transferts éoliens et aux prélèvements des animaux.

Cette description peut être considérée comme représentative d'une situation moyenne. En fait, on observe une grande variabilité des cycles de production, due notamment à la répartition des précipitations, à la nature du substrat édaphique et à l'hétérogénéité de la structure spatiale de la végétation. Pour avoir une illustration de cette variabilité, le tableau 9 présente les valeurs de production obtenues dans les stations protégées entre 1977 et 1981.

Tableau 9 : variation interannuelle de la production de matière sèche de la strate herbacée pour les différentes stations protégées en gMS/m²

Unité	1977	1978	1979	1980	1981
Kodel piém.	187,7	170,7	135,8	134,1	166,4
Gountouré	157,2	88,1	177,3	102,6	206,8
Kouni Kouni	66,1	46,2	96,6	44,2	
Kodel glacis	104,0	132,4	262,9	70,3	119,8
Windé	340,2	126,3	227,8	364,7	308,2

La qualité fourragère des principaux types de pâturages a été suivie au cours de l'année 1980, considérée comme faiblement déficitaire en pluviométrie. On note que l'évolution saisonnière de la composition en azote et en phosphore dépend de trois facteurs : le stade phénologique (appauvrissement avec l'âge), la nature des espèces dominantes et les conditions édaphiques (fertilité du sol). L'étude de la valeur

énergétique de ces pâturages montre qu'ils sont riches en valeurs énergétiques et en matière azotée digestible au début du cycle, permettant de les classer comme d'excellente qualité. Mais ces propriétés faiblissent rapidement avec l'âge, d'abord dans les bas-fonds (dominante de *Panicum laetum* et *Eragrostis pilosa*), puis sur les glacis (dominante de *Schoenfeldia gracilis*), enfin sur les systèmes dunaires. En saison sèche on admet que les fourrages ligneux doivent compléter la ration alimentaire des animaux. La complémentarité de ces trois types de parcours est bien connue des pasteurs.

La Strate ligneuse

Chez les ligneux, on observe une très grande variabilité interannuelle entre les dates d'apparition, les durées, et les amplitudes de la floraison d'une année (tableau 9).

Ces différences interannuelles s'expliquent en grande partie par les conditions écologiques (principalement la variation de la réserve hydrique du sol, accessoirement l'humidité de l'air ; la pluviométrie intervient peu directement).

Approche régionale de la production annuelle

Le tableau 10 donne les valeurs moyennes de productivité pondérée par la surface pour les trois grands types de paysages, ainsi que la capacité de charge de bétail. Ces valeurs sont établies selon les normes habituellement admises : la ration quotidienne d'un UBT (Unité Bovin Tropical de 250 kg) est de 6,25kg de matière sèche par jour et le coefficient d'utilisation du parcours est de 4% (Boudet, 1978; Toutain et Lhoste, 1978).

Tableau 10 : productivités et capacités de charge de bétail

Type de passage	Productivité 1976-80 (t/ha . an)	Capacité de charge (ha/UBT an)
Système dunaire	1,13	5,1
Talweges et dépressions	2,83	2,1
Grands glacis	0,64	9,0

On note que la production des périmètres cultivés surtout en mil (*Pennisetum americanum*) atteint une valeur moyenne de 1,13 t/ha an, soit une valeur équivalente à celle de la végétation naturelle sur le système dunaire.

Une analyse fréquentielle de cette production a été réalisée sur la base d'une corrélation établie entre la phytomasse herbacée moyenne et la pluie annuelle sur le bassin versant de la Mare d'Oursi (tableau 11) pour une surface de pâturage de 64 000 ha correspondant à la zone d'endodromie.

Tableau 11 : phytomasse herbacée et charges fréquentielles (Mare d'Oursi, calcul

	sec					humide	
Période de retour	50	20	10	5	2	5	10
(année)							
(probabilité au non-dépassement	0,98	0,95	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1
phytomasse	63,8	70,1	76,0	83,5	100,7	121,7	135,2
(gMS/m ²)							
charge	7 160	7 867	8 529	9 371	11	13	15 174
(UBT)					3021	658	

3.3. Les systèmes de production

La faculté d'utiliser les terres repose sur un consensus coutumier ancien de séparation entre zones de cultures et pâturages : mise en culture exclusive des dunes de l'erg ancien et des piémonts, mise en réserve pastorale des zones non-cultivées. Par ailleurs, la distinction entre agriculteurs et éleveurs n'est pas tranchée ; si en général les personnes s'affirment de l'une ou l'autre appartenance, dans la plupart des unités domestiques les deux activités coexistent avec équilibre. Une telle situation doit être comprise en référence au passé, déjà évoqué précédemment. Enfin, il faut noter qu'aux activités locales principales (agriculture et élevage) ou secondaires (cueillette, artisanat, petit commerce...) s'ajoute la migration masculine vers les villes (Abidjan tout particulièrement) qui tient une place prépondérante dans certains groupes ethniques et dans l'économie familiale.

Les systèmes de culture

Localisation des cultures et surfaces cultivées.

La quasi-totalité des surfaces correspondant au système dunaire est exploitée, gagnant parfois les rebords du glacis. Cela convient bien à la principale culture de la zone, le mil (*Pennisetum tiphoides*) qui doit être pratiquée sur sol léger. On doit

cependant noter l'apparition récente, après 1955, de cultures de sorgho dans les sols argileux de bas-fond, traditionnellement réservés à l'élevage.

La surface cultivée par habitant varie de 0,15 à 1,98 ha pour une moyenne de 0,73 ha. On observe une extension des surfaces cultivées progressant approximativement au même rythme que la population depuis 20 ans. Cette pression croissante de l'agriculture s'exerce à travers une extension des domaines exploités et par une réduction des surfaces de jachère des terroirs cultivés.

Les techniques agricoles

Elles sont toutes réalisées manuellement et passent par les étapes suivantes :

- une préparation du champ (destruction des repousses et de la strate herbacée), sur les nouvelles terres et particulièrement les bas-fonds, les ligneux arrachés servent de clôtures aux champs qui doivent être impérativement protégés des troupeaux ;
- une fumure presque exclusivement animale, fournie par l'ouverture des champs au bétail dès la fin de la récolte ;
- le semis, qui se fait en deux opérations : creusement des trous (ou poquets), semis et rebouchage simultanément ;
- le démariage (exclusivement pour le mil), consiste à arracher les pieds en excès de façon à ne garder que les pieds les plus vigoureux ;
- le sarclage pour détruire les adventices qui constitue le travail le plus lourd. Il est réalisé à l'aide d'une lame courbe (iler) travaillant à très faible profondeur qui coupe les adventices, et peut détruire le cas échéant les organisations pelliculaires de surface ;
- le gardiennage, pour protéger le mil contre les dégâts des oiseaux qui peuvent être extrêmement importants ;
- la récolte, réalisée sur une période assez longue d'une façon non systématique qui peut paraître anarchique.

Efficiences des systèmes de culture

Les rendements sont très médiocres (entre 150 et 250kg/ha pour le mil) alors que les capacités agronomiques de ces cultures sont bien supérieures (sous 400 à 500 mm

de pluie, on a mesuré sur dune des rendements supérieurs à 1000kg/ha en essais expérimentaux ; Rondot, 1987).

Ces systèmes de cultures apparaissent de plus en plus bloqués, dans la mesure où l'espace agricole utile par habitant se raréfie. Leur capacité à s'adapter à des situations nouvelles face à la pression démographique est extrêmement faible.

3.4. Les systèmes d'élevage

Conduite et déplacement des troupeaux : la quête alimentaire.

La satisfaction des besoins alimentaires du bétail dépend directement de l'existence de pâturages accessibles par les troupeaux. Une des tâches essentielles de l'éleveur est de rendre possible cet accès durant toute l'année, grâce à des modes de conduite : le nombre limité de points d'eau qui diminuent avec l'avancement de la saison sèche et des ressources fourragères très inégalement réparties dans l'espace. Cela conduit à une mobilité des troupeaux caractéristique de l'élevage en milieu sahélien. Ces mouvements se révèlent très diversifiés quant à leur durée, leur amplitude et leur périodicité.

En début de saison des pluies, avec l'émergence de nouveaux points d'eau, il est possible de gagner de nouveaux pâturages, en général assez éloignés de la base familiale, inexploités pendant la saison sèche à cause de la distance des points d'abreuvement. Le bétail a des mouvements quotidiens limités et une meilleure qualité d'alimentation. Il peut s'abreuver tous les jours.

En saison des pluies, le domaine pâturable s'ouvre encore et la qualité s'améliore. Les formations végétales les plus utilisées sont les bas-fonds et les glacis. Le domaine sableux est exclu pour deux raisons : les herbacées y sont moins précoces et il est impératif d'éloigner les troupeaux des cultures.

En saison sèche s'opère un repli sur les champs où les résidus de culture peuvent participer à l'alimentation et où le bétail apporte la fumure nécessaire. Au fur et à mesure de l'avancement de la saison, le nombre de points d'eau diminue et les pâturages disponibles en sont de plus en plus éloignés. L'abreuvement n'est plus quotidien et de longs et épuisants parcours, durant jusqu'à quatre jours et s'étalant sur près de 30 km entre points d'eau et pâturages, sont alors nécessaires.

Production laitière, croissance des veaux

La production de lait constitue une fonction essentielle de l'élevage bovin au Sahel. Les produits lactés rentrent régulièrement dans la ration alimentaire humaine en complément du mil. La production laitière d'une vache est extrêmement variable et

dépend de facteurs à la fois liés à l'animal et à son alimentation. On observe en moyenne sur un troupeau étudié en 1980-81 une production de 440 kg de lait par an et par vache. Les veaux sont sevrés en général avec une nouvelle gestation de la vache ; ils commencent à consommer du fourrage dès l'âge de un à deux mois, s'ils naissent en saison des pluies.

Sélection et soin au bétail

La sélection n'est opérée que sur les mâles, les femelles étant conservées jusqu'à l'âge de leur réforme ou de leur mort. Seuls quelques mâles sont conservés comme géniteurs. Traditionnellement, les animaux sont conduits à des "cures salées" en saison des pluies. Il s'agit de pâturage en général éloignés, dans l'Oudalan ou au Mali, possédant des sols riches en éléments minéraux et en oligo-éléments que l'animal lèche. Cette pratique est en cours d'abandon et le recours au sel acheté sur les marchés semble se généraliser.

Structure et dynamique des troupeaux

Le troupeau moyen rassemble une quarantaine de têtes, parmi lesquelles se trouve 30% de mâles. 70% des naissances surviennent à la fin de la saison sèche entre mars et juin. La précocité des femelles est faible, en moyenne 5 ans au premier vêlage. Les taux de mortalité sont très dépendants des conditions du milieu (qualité des pâturages) et de grandes disparités se manifestent. Lors de la saison sèche de 1973, on peut estimer le taux moyen de pertes dans l'Oudalan à 35-40%, mais ce chiffre masque des situations particulières extrêmement différenciées. Entre 1976 et 1977, on a noté des pertes moyennes inférieures à 5% et en 1980, sur un troupeau suivi par le projet, elles étaient de 9%... Les plus grosses pertes sont observées chez les jeunes de moins d'un an (près de 80% noté sur un troupeau en 1980).

3.5: Ressources naturelles et état nutritionnel

Les résultats de prévalence de l'anémie, présentés dans l'article précédent, sont inquiétants en raison de leur retentissement fonctionnel. Les causes en sont multiples, infectieuses d'une part (hémolyse du paludisme, hématurie de la bilharziose, pertes digestives des helminthiases intestinales) telles qu'elles ont été discutées dans l'article précédent, nutritionnelles d'autre part, par carence d'apport en fer ou en folates. Dans ce chapitre sera donc évoquée la satisfaction des besoins, résultant des stratégies d'exploitation de l'environnement choisies par les populations selon l'importance respective de l'élevage et de l'agriculture.

En 1973, dans les 10 000 km² de l'Oudalan, BARRAL (1977) recensait 65 000 habitants dont 50 000 nomades. La région frontière du Mali avec 350 mm de

précipitations, marquait à l'époque la limite de la culture extensive du mil. A l'époque de l'arrivée des Tuareg, au VIII^e siècle, cette région était pour eux, d'après BARRAL, une véritable terre promise. La grande famine de 1972-73, venant après bien d'autres, a évidemment effacé cette image, et l'évolution depuis 15 ans n'est pas optimiste. Comment dès lors mettre en relation les ressources alimentaires avec les besoins des habitants ?

Rappelons qu'aucune enquête de consommation alimentaire n'a été conduite dans le cadre du projet à Oursi. Cependant, le Dr Gérard PARENT, actuellement chercheur ORSTOM, travaillait en 1975 à Gorom-Gorom pour "Save the Children" et a bien voulu nous confier les résultats d'une enquête conduite par le CIDR (le Centre international de développement rural du Canada) dans le département de l'Oudalan. Les chiffres de cette enquête ont aussi partiellement été repris par Langlois dans la synthèse (CLAUDE et al., 1991, p. 193-195). Par ailleurs, P. MILLEVILLE (ibidem p. 154) a obtenu des résultats chiffrés sur la production agro-pastorale dans le Bassin d'Oursi : il estime qu'en raison des faibles rendements, sur la base de 200 kg de céréales par an et par personne, 70 à 75 % seulement des besoins alimentaires sont couverts dans les années où un déficit pluviométrique a été observé (1978, 1981) alors qu'en 1976 la satisfaction était convenable.

La consommation alimentaire

L'aliment de base est la farine de mil (accessoirement de sorgho) préparée sous forme de bouillie pâteuse cuite à l'eau et consommée avec une sauce à base de feuilles (baobab, oseille de Guinée, gombo...), et parfois avec du lait ou du beurre chez les éleveurs. En saison humide, la farine, délayée dans de l'eau ou du lait caillé sucré, se consomme froide. Chez les éleveurs, d'après les observations de MILLEVILLE, chaque personne dispose d'un litre de lait par jour à cette saison. Les différences ethniques de cheptel sont considérables puisque chez les sédentaires, on ne compte qu'un bovin par personne, contre 2.5. chez les Bellah, 5.1. chez les Peul GaoBé et 7.3 chez les DjelgoBé. Les légumineuses (haricot niébé), les fruits et légumes (oignons, tomates) disponibles sur le marché d'Oursi, sont assez peu employés. En période de soudure, des aliments de cueillette, de type graminées sauvages (*Panicum laetum* ou fonio, *Cenchrus biflorus* ou cram-cram), feuilles d'arbres ou bulbes de *Nymphaea lotus*, sont un complément appréciable. Le thé, bu très sucré selon le rituel des trois verres, est un élément de prestige particulièrement prisé.

Les chiffres des tableaux ci-dessous sont tirés de l'enquête CIDR. Le premier compare les éleveurs et les cultivateurs, pour ce qui est de la couverture en nutriments principaux. Les besoins énergétiques sont convenablement couverts, avec en moyenne 2, 288 K calories par personne et par jour ; 23% des familles sont cependant au-dessous du seuil de 80% de la norme. L'apport protéique est de 59 g/j (norme=56

g) mais le tiers du groupe est, là encore, au dessous de 80% de ce taux. Les minéraux sont convenablement fournis par le régime, mais les vitamines accusent un déficit (tableau 1) :

	CALORIES	PROTEINES	CALCIUM	FER	RETINOL	VIT. B12	ZINC
Cultivateurs (32 familles)	108 %	93 %	113 %	313 %	28 %	35 %	53 %
Eleveurs (20 familles)	118 %	134 %	174 %	239%	45%	110%	110%

Tableau 1 : Couverture des besoins (en % de la norme recommandée) selon la préférence pour l'élevage ou l'agriculture.

Le tableau 2 suivant donne le détail de ces taux de couverture en fonction de l'ethnie ; on constate que les Rimaïbé, anciens vassaux des Peul, ont les moins bonnes performances, et les Peul, les meilleures, en raison de leur consommation de lait et parfois, de viande, comme on le voit au tableau 3.

NUTRI-MENT	CALORIE	PROTEINES	CALCIUM	FER	RETINOL	VIT. C	FOLATES	V. B12	ZINC
BELLAH (12 familles)	117 %	112 %	154 %	443 %	41 %	10 %	53 %	53 %	63 %
PEUL (6 fam.)	139 %	184 %	191 %	237 %	57 %	21 %	57 %	171 %	93 %
RIMAIBE (11 fam.)	100 %	79 %	93 %	270 %	25 %	23 %	48 %	19 %	45 %
MALIEBE (11 fam.)	100 %	98 %	102 %	315 %	21 %	21 %	58 %	24	53 %

Tableau 2 : couverture des besoins (en % de la norme recommandée) selon le groupe ethnique.

ALIMENTS	CEREALES MIL/SORGHO	VIANDES	LAIT	BEURRE	GRAINES OSEILLE	FEUILLES BAOBAB
BELLAH	690	0	236	0,7	3,2	8,8
PEUL	638	27	500	2,8	3,5	3,4
RIMAIBE	603	0,4	89	1,1	9,3	6,3
MALLEBE	715	3,4	104	0,2	12	4,2

Tableau 3 : Consommation (en grammes) par type d'aliment selon le groupe ethnique.

La production alimentaire et partant la consommation, est marquée en zone sahélienne par de très fortes variations saisonnières (tableau 4) :

DISPONIBLE	MAI	JUILLET	OCTOBRE	DECEMBRE	MARS	ALIMENTS
PEUL	100 g	1 800g	1 970 g	1 630 G	1 400 g	Lait de vache
RIMAIBE	30 g	970 g	2 030 g	700 g	580 g	Lait de chèvre
PEUL	3 630 g	5 300 g	7 900 g	5 600 g	5 600 g	Mil et sorghos
RIMAIBE	4 430 g	3 070 g	6 470 g	4 700g	5 300 g	Mil et sorghos

Tableau 4 : Disponibilité en lait et en céréales selon les saisons, chez les Peul semi-nomades, et les Rimaïbé sédentaires.

Celles-ci se traduisent par des oscillations marquées du poids corporel des adultes et du rythme de croissance des enfants. Chez les adultes l'amaigrissement est dû non seulement aux diminutions d'apports mais aussi à l'augmentation des dépenses énergétiques en période de soudure : les deux ressources principales, lait et céréales, ont une courbe de production inverse : la disponibilité laitière correspond presque exclusivement à l'hivernage, alors que le mil ne devient abondant qu'à la fin de la saison des pluies ; en raison des faibles rendements observés depuis les années de sécheresse, les greniers se vident avant que la prochaine récolte ne soit disponible, les mois de Mai et Juin étant les plus déficitaires : c'est précisément à cette période que les travaux des champs mobilisent les paysans, d'où un déficit de la balance énergétique et une perte de poids de l'ordre de 3 à 4 kgs qui prend l'allure d'un jeûne saisonnier (figure1) :

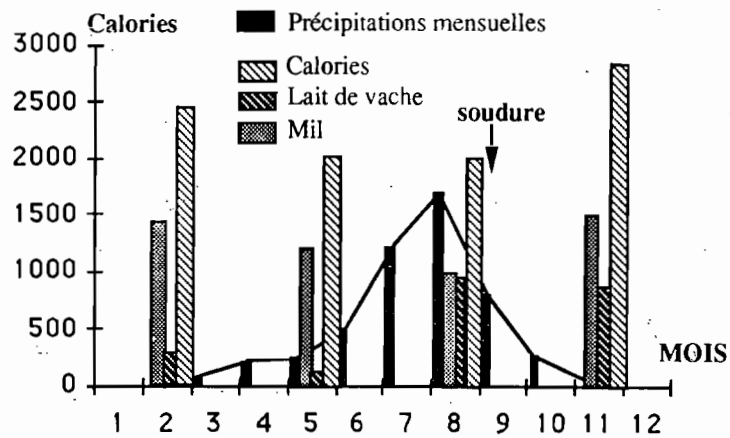


Figure 1 : Variations mensuelles de pluviométrie comparée aux disponibilités alimentaires (par trimestre) : il y a parallélisme pour le lait et antagonisme pour le mil.

Etat nutritionnel

a) Croissance des enfants

La courbe de croissance a été comparée au standard international NCHHHS; il apparaît un retard portant à la fois sur la taille et le poids : à 12 ans le décalage est d'environ 1 écart-type pour la taille, un peu plus pour le poids ; à 15 ans l'écart a doublé, ce qui signifie que la poussée de croissance pubertaire est tardive, décalée d'environ 3 ans par rapport aux adolescents occidentaux. Cependant, la taille adulte est convenable, identique à celle des pays développés, bien qu'atteinte après un plus long délai. Les nutritionnistes utilisent le retard de taille comme un signe de malnutrition chronique (stunting ou "rabougrissement"), par rapport aux baisses de poids, lesquelles traduisent une malnutrition aigüe (wasting ; WATERLOW 1972) ; le fait que la taille finale soit assez élevée (1m 70 pour les hommes, 1m 59 pour les femmes) démontre que des mécanismes de rattrapage existent, et que les conséquences des carences ne sont pas irréversibles.

Les troubles de croissance ne sauraient avoir pour seule cause des insuffisances alimentaires ; bien souvent, une pathologie microbienne entraîne un déficit de la balance énergétique. Des observations longitudinales faites en Gambie (WHITEHEAD et al. 1976) ont montré des paliers de croissance à la raison de soudure, en saison certes d'une diminution des apports mais aussi et surtout, d'une recrudescence des endémies parasitaires (paludisme, helminthiases) et des diarrhées infectieuses. Aussi avons-nous recherché dans le sang, au cours de cette enquête transversale, les signes d'infection révélés par les taux de quelques protéines de sérum, comme le montre le tableau 5 ci-dessous :

PROTEINE DU SERUM (mg / 100 ml)	BURKINA	FRANCE
Immunoglobuline G	2 136	900 à 1 500
Haptoglobine	43,5	100 à 200
a2 Macroglobuline	365	275
a1 Antitrypsine	324	275
Préalbumine	11	25

Tableau 5 : Taux de quelques protéines du sérum de l'enfant burkinabè (zone sahélienne et soudanienne confondues) de 1 à 5 ans, comparé à l'enfant français.

On observe des taux élevés d'anticorps (augmentation des immunoglobulines) et d'inflammation (élévation de la macroglobuline est liée au paludisme (par complexation avec l'hémoglobine libérée par l'hémolyse palustre), et celle de la préalbumine à un régime déficitaire en protéine animales. Ces résultats confirment la qualité médiocre de la santé infantile, à la fois par un manque d'apports alimentaires de qualité, et surtout par un fardeau pathologique lourd ; cependant, il n'y a aucune corrélation entre le taux de protéines observés et les signes sensibles aux apports en protéines observés et les signes anthropométriques d'amaigrissement : la préalbumine, qui est sensible aux apports en protéines animales (avec un turn-over, il est vrai, rapide, qui fait que ce taux ne reflète la consommation que des 48 dernières heures), ne différerait pas entre enfants malnutris et témoins. Il faut ajouter que certaines infections, telles que la méningite, survenant par épidémies de saison sèche quasi-annuelles, ou le choléra signalé pour la première fois dans la région en 1971, constituent des menaces permanentes, pouvant se déclencher à l'improviste et difficilement contrôlables par la vaccination, car elles ne sont pas incluses dans le programme élargi de vaccination (PEV) et devraient s'effectuer au coup par coup.

b) Etat nutritionnel des adultes et adaptation morphologique au milieu

Les plis cutanés sont constamment inférieurs de 40% mais de façon parallèle et harmonieuse, à l'évolution des standards européens dans tous les groupes d'âge et dans les deux sexes ; ce caractère a une composante génétique importante (EVELETH & TANNER 1976) et peut s'expliquer, encore, par une adaptation au climat chaud, car une couche de graisse sous-cutanée épaisse, de part ses propriétés isolantes, générerait une élimination efficace de la chaleur endogène. A cet égard, la différence d'apiposité,

déterminée par l'indice de Quételet (Boy Mass Index, obtenu en divisant le poids en kilos par le carré de la taille en mètres), entre les sexes est très intéressante à considérer :

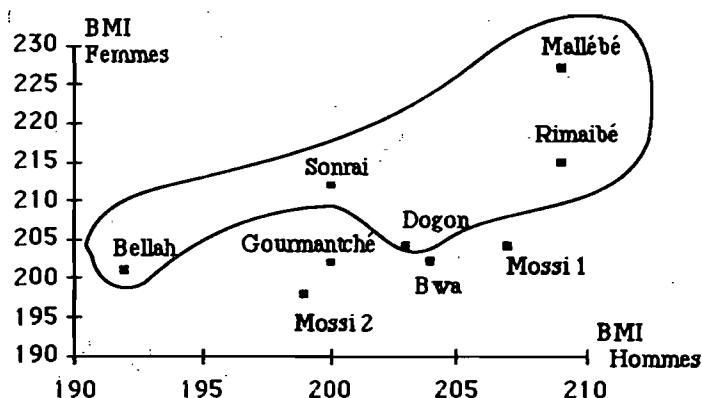


Figure 2 : Indice de corpulence (BMI, Body Mass Index) des femmes comparé à celui des hommes ; dans le Sahel (zone encerclée) les femmes sont plus grasses.

Les habitants du Bassin d'Oursi ont la même composition corporelle que ceux habitant les régions méridionales, la masse étant estimée par le pli cutané tricipital, la masse maigre par les périmètres musculaires et la corpulence par le BMI ; les différences, quoique non significatives, sont en faveur des gens du Nord (tableau 6) :

	SAHELIENS		SOUDANIENS
BMI	20,4	21,0	21,1
Périmètre bras	27,6 ± 0,8	27,8 ± 1,1	26,5 ± 0,5
Périmètre mollet	32,5 ± 1,2	31,3 ± 0,9	31,2 ± 0,7
Pli tricipital	5,2 ± 0,6	11,2 ± 1,5	8,9 ± 0,4

Tableau 6 : Composition corporelle des adultes dans la zone septentrionale (sahélienne) et centrale (soudanienne) du Burkina Faso ; mêmes populations qu'à la figure 2. Les différences régionales ne sont pas significatives mais penchent pour un bon état nutritionnel au Sahel.

La taille des sahéliens est assez forte par rapport aux moyennes mondiales (HIERNAUX, 1968) ; certains y voient un phénomène d'adaptation au climat : les contraintes d'homéostasie du milieu intérieur obligent à maintenir la température corporelle autour de 37° C, même si l'air ambiant est beaucoup plus chaud et/ou que le

travail musculaire dégage des calories. Le moyen le plus efficace est la transpiration, fonctionnant la masse corporelle faible (SCHREIDER 1975). L'exemple le plus classique est celui des Nilotiques, très longilignes et possédant les statures les plus hautes du monde (1m80 à 1m90 en moyenne), avec des extrémités étirées et un poids faible. Cette règle est cependant surtout valable dans le sexe masculin (HIERNAUX et al. 1975) car, en ce qui concerne les femmes, on peut penser que la nécessité de mener à bien des grossesses dans un milieu à haute insécurité alimentaire, a sélectionné la faculté de stocker des réserves de graisse (voir la stéatopygie des femmes kloiSan du Kalahari) ; dans plusieurs sociétés de cette zone (Maures, Tuareg), le gavage des jeunes filles y est du reste encouragé.

En zone de savane sèche, les femmes ont beaucoup moins d'activités agricoles pénibles que dans les autres régions d'Afrique, d'abord parce que l'élevage occupe une plus grande place, ensuite parce que les tâches les plus dures aux champs, telles le sarclage à l'iler, sont exclusivement masculines. La priorité biologique irait donc, comme évoqué plus haut, à la fonction de reproduction, au détriment du confort thermique, mais la société aurait, on peut du moins le suggérer, aménagé la répartition du travail dans le sens d'une meilleure adéquation physiologique.

Conclusion

Il est difficile de demander à une région marginale sur le plan climatique d'être autosuffisante sur le plan céréaliier ; sa vocation d'élevage (20% du cheptel pour 6% de la population) en fait un exportateur privilégié puisque les conditions de l'écosystème ne permettent pas le maintien d'une telle quantité de bétail sur place ; une vache mobilise 3 à 11 hectares de pâturage, selon la qualité de celui-ci pour se nourrir, il y a donc compétition entre mode de vie pastoral et agricole, et, comme l'ont montré les agronomes et les écologues du projet, les limites du système sont actuellement atteintes. Un peu paradoxalement, la croissance démographique est forte, ce qui constitue une preuve de succès biologique ; du reste, l'état nutritionnel des populations, quoique médiocre chez l'enfant, est convenable chez l'adulte. En dehors des spécialisations culturelles qui rendent le pays très vivable, des adaptations physiologiques ont été mises en évidence. L'importance est à présent, en prenant pour référence les études faites sur la consommation alimentaire et l'état nutritionnel il y a une quinzaine d'années, de voir si la dégradation écologique du Bassin d'Oursi observée depuis lors a des effets sur la santé de la population. A cet égard, l'anthropométrie nutritionnelle la plus simple (poids, taille, périmètre du bras et éventuellement pli cutané tricipital) est l'indicateur de choix (FROMENT & KOPPERT 1991), et doit être recommandée comme outil de surveillance fiable et peu coûteux, dans toute la zone sahélienne.