

Les risques d'inondations dans la plaine agricole de Niéna-Dionkélé

Jean-Marie LAMACHÈRE *

1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La plaine de Niéna-Dionkélé se situe à l'extrême ouest du Burkina Faso, près de la frontière malienne, entre les latitudes 11° 30' et 12° de l'hémisphère nord et les longitudes 4° 30' et 5° à l'ouest du méridien international (fig. 1).

Elle appartient à la région des hauts plateaux qui bordent la partie occidentale du Burkina : des collines, peu élevées en altitude (500 à 570 mètres), entourent de vastes dépressions marécageuses en saison humide, mal drainées par des marigots aux faibles pentes. L'altitude de la plaine est légèrement supérieure à 300 mètres, le climat y est de type sud-soudanien avec une pluviométrie moyenne interannuelle comprise entre 950 millimètres dans sa partie septentrionale et 1050 millimètres dans sa partie méridionale.

Quatre marigots principaux : le Dougo, le Kuo, l'Ouzou et le Konga, drainent les collines avoisinantes. Leurs lits mineurs, bien marqués sur les collines et les piedmonts, s'effacent dans la plaine de Niéna-Dionkélé. En aval de cette plaine, un lit mineur réapparaît, matérialisant le cours de la rivière Sessé quatre à cinq kilomètres avant l'exutoire de Karamassasso. Après Karamassasso, ce lit mineur reste étroit, profond de quelques mètres, rehaussé de plusieurs seuils avec une pente longitudinale très faible (0,2 mètre par kilomètre). La rivière Sessé est un affluent du Longo, lui-même affluent du Banifing dont les eaux se mêlent à celles du Bani avant de se joindre à celles du fleuve Niger.

Sur les alluvions accumulées dans la basse plaine de Niéna-Dionkélé, se sont formés des vertisols hydromorphes ou sols d'argiles noires. Traditionnellement laissés en herbes ou boisés en raison de leur inondabilité et de leur structure lourde, difficile à travailler, ces sols constituent cependant d'excellentes terres à riz. Sur les piedmonts et les hautes terres de la plaine, se sont développés des sols ferrugineux tropicaux, cultivés en sorgho, mil, maïs ou coton.

Le potentiel cultivable dans la plaine de Niéna-Dionkélé est estimé à 46 000 hectares dont seulement 7 700 hectares étaient cultivés en 1976.

* Hydrologue ORSTOM, Centre de Ouagadougou, 01 BP 182, Burkina Faso.

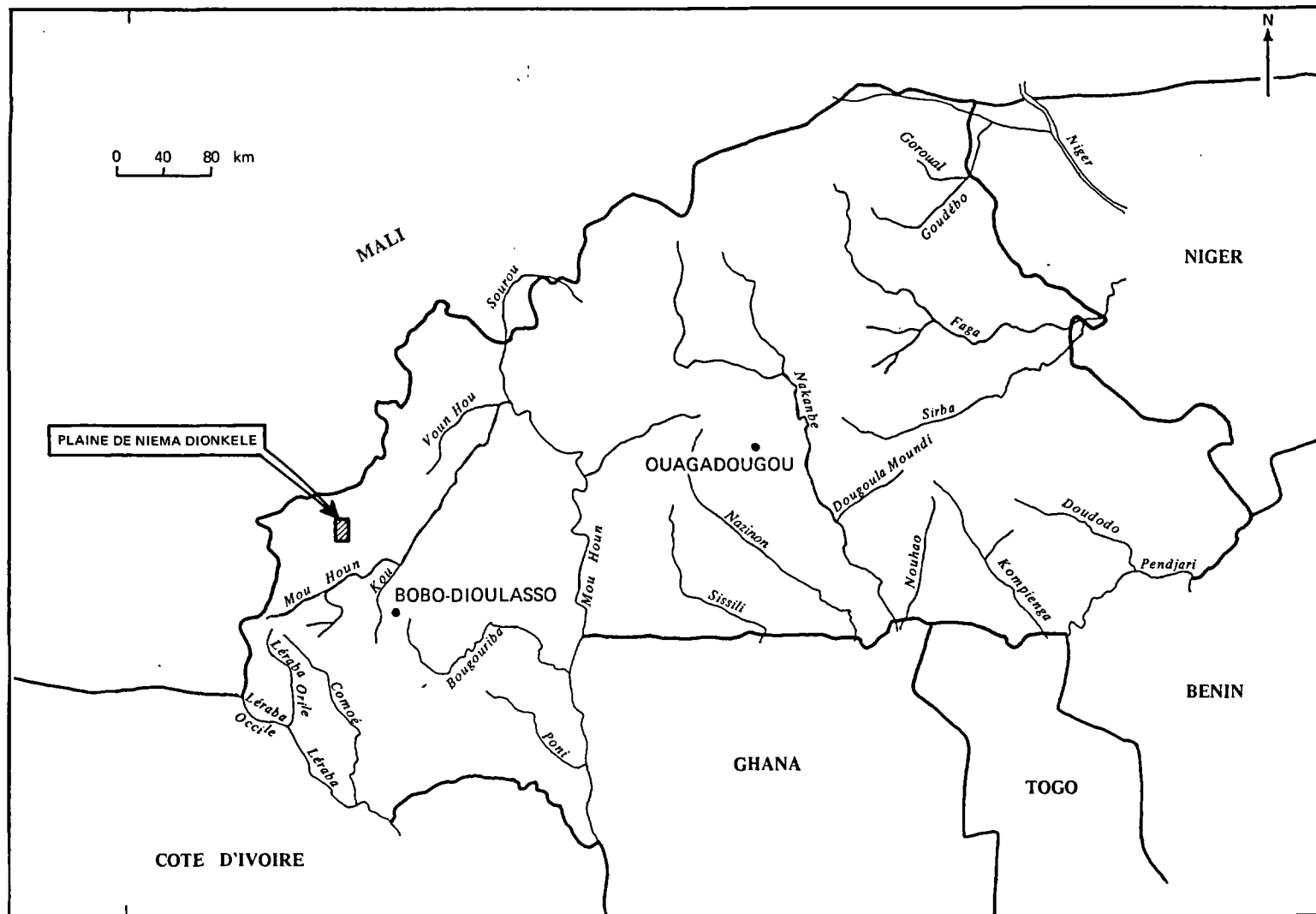


FIG. 1. — Burkina Faso, carte de situation. Dessin de A. BILGHO

2. HISTORIQUE DE L'AMÉNAGEMENT HYDROAGRICOLE

La basse plaine de Niéna-Dionkélé, d'une superficie supérieure à 7 000 hectares, aurait été cultivée en riz à une époque antérieure à 1950 sur une superficie d'environ 1500 hectares.

En 1953, les autorités administratives locales s'intéressent à la mise en valeur agricole de cette plaine, des rapports chiffrés commencent à être publiés. Les premiers essais de rendement laissent espérer une production d'environ 2 tonnes de paddy à l'hectare ; la riziculture s'étend progressivement de 130 hectares en 1953 à 500 hectares en 1956.

En 1954, année particulièrement pluvieuse, des crues exceptionnelles submergent complètement les plants de riz et anéantissent la récolte.

Parallèlement aux essais de riziculture, la Section Technique du Génie Rural entreprend, dès 1953, les études du projet d'aménagement hydroagricole de la plaine de Niéna-Dionkélé : études topographiques, pédologiques, agronomiques et hydrologiques. Dans le rapport préliminaire publié en 1957 (MATON, 1957), l'ingénieur du Génie Rural G. MATON insiste longuement sur les risques de destruction des cultures par inondation, analyse les causes d'inondation et propose des solutions techniques de protection.

En 1958, afin d'améliorer le drainage des eaux de ruissellement hors de la plaine, un ouvrage aux vannes amovibles est construit à Karamassasso, le lit de la rivière Sessé est recalibré sur une distance de 12 kilomètres en aval, vers Fanberela.

De 1959 à 1973, suit une longue période de quinze années pendant laquelle la culture du riz fut abandonnée.

En 1974, la mission économique de la Banque Mondiale estime qu'un projet de développement des bas-fonds de la plaine de Niéna-Dionkélé est susceptible d'intéresser cet organisme.

Les études de factibilité du projet sont confiées à la SCET International, les études hydrologiques à l'ORSTOM pour une période de trois ans. L'insuffisance des apports dans la plaine de Niéna-Dionkélé, qui limite la superficie des terres irriguées, ainsi que des considérations agronomiques, topographiques et hydrologiques, conduisent la SCET à proposer en mars 1976, dans le rapport général du plan d'aménagement hydroagricole (SCET, 1976), trois solutions pour l'aménagement de la plaine, avec, dans l'ordre décroissant des investissements :

- un aménagement complet avec cultures irriguées sur une superficie de 1 500 hectares et riziculture pluviale sur une superficie de 350 hectares,
- un aménagement simplifié sur une superficie de 1 800 hectares avec irrigation complémentaire,
- un aménagement pour riziculture pluviale, sans irrigation complémentaire, sur une superficie de 1500 hectares.

L'étude hydrologique, publiée par l'ORSTOM (LE BARBE, 1977), fournit au projet d'aménagement les premières données hydrologiques précises indispensables à la définition des ouvrages de protection contre les crues et au dimensionnement des réservoirs destinés à l'alimentation en eau des cultures irriguées. Exploitant en partie ces données, après une étude hydrologique rapide des risques d'inondations, la SCET préconise la protection des cultures par érection de digues arasées à la cote 331.50 pour les périmètres du Kuo et du Dougo, arasées à la cote 332.00 pour le polder.

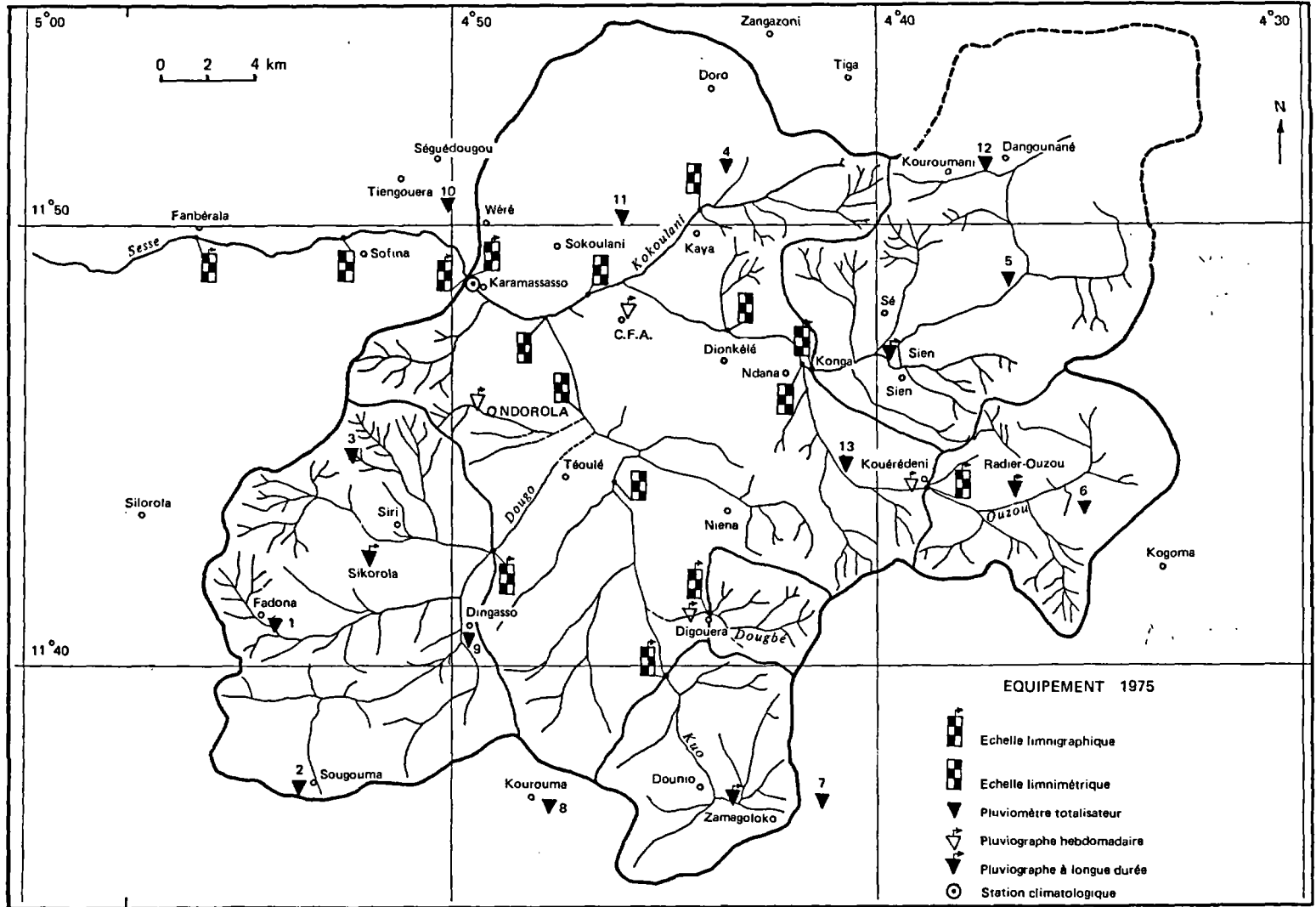


FIG. 2. — Bassin de Nien-Dionkélé. Dessin de A. BILGHO

En 1981 commencent les travaux d'aménagement comprenant le creusement de collecteurs de drainage, l'érection de digues et diguettes, les labours. Ils sont limités à un projet pilote de 400 hectares. Simultanément aux travaux d'aménagement, une seconde étude hydrologique est confiée à l'ORSTOM pour une période de trois ans. En 1983, un appel d'offres est lancé pour une étude de factibilité d'un aménagement complémentaire de 1000 hectares, *la hauteur maximale de protection contre les inondations étant fixée à la cote 331.50.*

L'étude hydrologique la plus récente (LAMACHÈRE, 1984), publiée par l'ORSTOM, effectue la synthèse des données hydrologiques recueillies en six années d'observations, de 1974 à 1976 et de 1981 à 1983, complète l'analyse des crues et des apports des principaux affluents de la rivière Sessé et réalise la première étude des bilans d'eau dans la retenue du barrage de Karamassasso. Effectuée au pas de temps journalier, l'analyse des bilans d'eau dans la retenue de Karamassasso permet de caractériser les risques d'inondation dans la basse plaine et de proposer une méthode de gestion de l'ouvrage de Karamassasso.

L'histoire de l'aménagement hydroagricole de Niéna-Dionkélé s'arrête pour nous à la publication de ce rapport.

Évolution historique de l'appréciation des risques d'inondation dans la plaine de Niéna-Dionkélé

À travers cette chronique, il est intéressant de noter le souci permanent des autorités successives, responsables du projet, d'appuyer leurs décisions techniques de protection des cultures sur une analyse hydrologique des risques d'inondation.

Cependant l'appréciation des risques a évolué avec la sensibilité des projeteurs. La période 1953-1958 est marquée par une forte sensibilité aux risques d'inondations, l'année 1954 ayant probablement joué le rôle d'un révélateur.

Par contre, la période 1973-1983 est marquée par la prédominance des critères économiques sur les choix techniques en matière d'aménagement, sans qu'apparaisse, dans les calculs économiques, une estimation des coûts liés aux risques d'inondation. À la lumière des résultats exposés dans l'étude hydrologique publiée en 1984, nous allons essayer de montrer comment peuvent être caractérisés les risques d'inondations dans la plaine de Niéna-Dionkélé et comment leur prise en compte modifie sensiblement la conception du projet d'aménagement.

3. CARACTÉRISATION DES RISQUES D'INONDATIONS DANS LA PLAINE DE NIÉNA-DIONKÉLÉ

La basse plaine de Niéna-Dionkélé est à vocation essentiellement agricole. Son inondation se traduit par une chute de rendement des cultures inondées ou la destruction complète des récoltes lorsque la submersion des cultures se prolonge.

Caractériser les risques d'inondations dans cette plaine consiste donc à effectuer l'analyse de trois types de risques : les risques hydrologiques d'inondation, les risques agronomiques de chute des rendements en relation avec la hauteur et la durée de la submersion, les risques économiques de perte consécutive à la submersion des cultures.

3.1. Étude hydrologique des risques d'inondations

La première analyse des causes d'inondations dans la plaine de Niéna-Dionkélé fut effectuée en 1957 par l'ingénieur G. MATON (MATON, 1957). Elle révèle deux causes principales à la montée des niveaux d'eau dans la plaine : d'une part les ruissellements générés par les fortes pluies qui tombent sur le bassin versant de la rivière Sessé et d'autre part l'insuffisance des écoulements à l'exutoire de Karamassasso. À ces deux causes on peut en ajouter une troisième qui se révèle importante pour la protection des périmètres cultivés sur les hautes terres de la plaine : les débordements des affluents à leur entrée dans la plaine.

À partir des observations limnimétriques et hydrométriques, diverses méthodes, associant hydrologie et statistique, permettent de caractériser chaque type de risque en associant une valeur de cote du plan d'eau, une valeur de débit ou un volume de crue à une probabilité d'occurrence choisie a priori.

3.1.1. L'ÉCOULEMENT DES EAUX À L'EXUTOIRE DE KARAMASSASSO

Les débits qui transitent par l'exutoire de Karamassasso conditionnent la vidange des eaux accumulées dans la basse plaine de Niéna-Dionkélé. Il est donc important de bien connaître ces débits et d'examiner les raisons qui en limitent la croissance.

Historique des conditions d'écoulement

Avant 1958, la piste N'Dorola-Kaya franchissait le marigot Sessé, à l'exutoire de Karamassasso, sur un pont myriapode qui constituait un obstacle sérieux à l'écoulement des eaux. Une étude topographique du lit mineur en aval de Karamassasso révélait également l'existence de plusieurs seuils dont l'influence sur les niveaux d'eau remontait jusqu'à Karamassasso.

En 1958, la construction d'un barrage aux vannes amovibles et le curage de l'émissaire Sessé éliminèrent la plupart de ces obstacles.

Observations hydrologiques et conclusion

Des mesures de débits et de cotes du plan d'eau à l'amont et à l'aval de Karamassasso ont été effectuées pendant six ans.

Les mesures de débit, effectuées sur l'émissaire Sessé, contredisent assez nettement les estimations théoriques fournies par la SCET International dans le plan d'aménagement hydroagricole (SCET 1976). Les différences sont importantes : à la cote 331.00 mètres à l'échelle amont, le débit mesuré est d'environ 10 m³/s alors que le débit théorique est estimé à 28 m³/s. Sur une période de dix jours, le volume évacué par l'exutoire de Karamassasso ne devrait pas dépasser 13 millions de mètres cubes au lieu des 26 millions de mètres cubes estimés.

Cette surestimation des volumes évacués par l'exutoire de Karamassasso est la raison principale d'une sous-estimation systématique, depuis 1976, par le projet d'aménagement, des risques d'inondation dans la basse plaine de Niéna-Dionkélé.

3.1.2. LES DÉBORDEMENTS DES AFFLUENTS DE LA RIVIÈRE SESSÉ

Les périmètres agricoles sont généralement protégés, du débordement des rivières qui les traversent, par des canaux creusés de telle sorte qu'ils puissent

évacuer un débit correspondant à une fréquence d'apparition choisie à priori. Pour la protection d'un périmètre agricole, on choisit le plus souvent la fréquence décennale ou vicésennale, c'est-à-dire que l'on accepte la submersion des cultures en moyenne une fois tous les dix ans ou une fois tous les vingt ans. On peut évidemment choisir des probabilités d'apparition plus faibles, auxquelles correspondent des coûts de protection plus élevés.

Les risques de débordement des affluents de la rivière Sessé dans la plaine de Niéna-Dionkélé seront donc caractérisés par la détermination fréquentielle des débits maximaux. Dans ce but, nous avons utilisé deux méthodes bien connues des hydrologues : l'étude statistique des débits maximaux annuels et la méthode dite de l'hydrogramme unitaire qui donnent les résultats du tableau I.

TABLEAU I
Débits maximaux à faible probabilité d'occurrence

bassin versant	Dougbé à Digouera	Ouzou à Kouérédédi	Kuo à Digouera	Dougo à D'ingasso	Konga à N'Dana
superficie en Km ²	19	65	67,8	158	186
méthode statistique, débits en m ³ /s					
fréquence décennale 1/10	3,0	4,8	10,0	14,0	4,3
fréquence vicésennale 1/20	4,0	6,7	17,0	19,0	5,5
méthode dite de l'hydrogramme unitaire					
fréquence décennale 1/10	4,9	3,4	20	17,4	4,1
fréquence vicésennale 1/20	6,7	4,7	24,0	21,3	4,9
débits maximaux retenus pour la crue de projet					
fréquence décennale 1/10	4,9	4,8	20,0	18,0	4,3

3.1.3. LA MONTÉE DU PLAN D'EAU DANS LA BASSE PLAINE DE NIÉNA-DIONKÉLÉ

Pour caractériser les risques d'inondations par montée du plan d'eau dans la basse plaine de Niéna-Dionkélé, deux approches sont possibles : l'une consiste à faire l'analyse historique et statistique des cotes observées, l'autre consiste à étudier les causes d'inondation de manière à modéliser le comportement hydrologique du bassin versant de la rivière Sessé et du plan d'eau dans la basse plaine.

La première méthode est rapide, mais elle ne permet que de caractériser très superficiellement les risques d'inondation.

La seconde méthode, très longue à mettre en œuvre, apparait beaucoup plus souple dans ses applications et beaucoup plus prometteuse.

Analyse historique et statistique des cotes maximales annuelles du plan d'eau

Le tableau II récapitule les observations maximales annuelles effectuées à la station de Sokoulani de 1954 à 1983.

TABLEAU II
Cotes maximales annuelles observées à Sokoulani

années	cotes maximales	durée de submersion	années	cotes maximales	durée de submersion
1954	332.28	43 jours	1976	331.11	-
1955	331.38	-	1981	330.76	-
1956	331.42	-	1982	331.15	-
1974	331.58	15 jours	1983	329.84	-
1975	331.89	23 jours			

Un ajustement statistique de ces hauteurs maximales conduit aux estimations suivantes :

- fréquence décennale
cote maximale : 332.00 mètres
durée de submersion au-dessus de la cote 331.50 : 30 jours
- fréquence vicésennale
cote maximale : 332.20 mètres
durée de submersion au-dessus de la cote 331.50 : 40 jours.

Analyse des crues de la rivière Sessé, modélisation

Les marigots qui affluent dans la plaine de Niéna-Dionkélé sont trop nombreux pour que nous puissions mesurer directement les apports du bassin versant de la rivière Sessé dans la basse plaine. Il est cependant possible d'estimer indirectement ces apports en analysant les termes du bilan de l'eau dans la retenue du barrage de Karamassasso.

En période pluvieuse, les apports dans la retenue sont constitués des volumes ruisselés sur le bassin versant et des volumes pluviométriques tombés sur le plan d'eau.

Les pertes en eau de la retenue sont constituées des volumes évacués par l'exutoire de Karamassasso, des volumes évaporés sur toute la surface de la retenue et des volumes infiltrés au fond de la cuvette.

La différence entre les apports et les pertes s'accumule dans la retenue ; elle provoque la montée du plan d'eau jusqu'à ce que l'accroissement du volume mis en réserve soit égal à la différence entre le volume des apports et le volume des pertes.

Connaissant les autres termes du bilan, les volumes ruisselés peuvent donc être calculés par simple addition des pertes à la variation des réserves et soustraction du volume pluviométrique tombé sur le plan d'eau.

Les volumes infiltrés au fond de la retenue sont supposés négligeables, ce que semblent confirmer les bilans effectués dans la retenue en période sèche.

L'analyse des crues de la rivière Sessé consiste ensuite à mettre en relation les volumes ruisselés et les pluies correspondantes en essayant de dégager les facteurs explicatifs du comportement hydrologique du bassin et d'explicitier les relations pluies-débits à l'aide d'opérateurs mathématiques. Deux paramètres importants paraissent déterminer les ruissellements du bassin versant de la rivière Sessé : l'indice de saturation du bassin avant l'épisode pluvieux et l'indice de précipitation de l'épisode pluvieux.

Pour une pluie de projet de fréquence décennale, les résultats sont les suivants :

- pluie de durée 10 jours 190 millimètres
- pluie journalière maximale 85 millimètres
- volume des apports en 10 jours 30 millions de m³
- volume évacué en 13 jours 14 millions de m³
- volume évaporé en 13 jours 0.5 millions de m³
- volume pluviométrique tombé sur la retenue 3.5 millions de m³
- volume accumulé dans la retenue 19 millions de m³

La cote initiale du plan d'eau avant la crue étant fixée à 330.80 mètres, la cote maximale, en l'absence de digues de protection, s'élèverait à la valeur de 331.60 mètres. Pour un aménagement complet avec polder, la cote maximale s'élèverait à 331.70 mètres.

On peut donc estimer que les digues, arasées à la cote 331.50 mètres, ne protègent les cultures, situées à des altitudes inférieures, que pour des crues de moindre importance que la fréquence décennale.

3.2. Étude agronomique des risques d'inondations

Les dégâts, causés aux cultures par les inondations, dépendent à la fois des surfaces cultivées, de la hauteur et de la durée de la submersion en liaison avec l'âge de la plante.

Les dégâts se traduisent par des chutes de rendement ou des destructions de récolte.

3.2.1. TYPES DE CULTURES ET VARIÉTÉS CULTIVÉES, RÉSISTANCE A LA SUBMERSION

Nos informations sur la résistance à la submersion des plants de riz sont extraites des ouvrages consacrés à la riziculture pratique, rédigés par J. DOBELMANN, 1976.

« D'une manière générale, le riz craint beaucoup plus l'excès d'eau que la sécheresse. Une submersion totale et prolongée entraîne la mort du riz dans des délais qui varient en fonction de son âge, le facteur variétal jouant principalement par la taille de la plante. Il suffit de quelques centimètres de feuilles restant à l'air libre pour que la plante soit à l'abri de l'asphyxie. Par contre, les panicules de fleurs immergées deviennent stériles ».

Pour un riz pluvial, la durée de résistance à l'asphyxie par submersion complète serait de 36 heures quand la plante est âgée de moins d'un mois, de 3 jours quand la plante est âgée de plus d'un mois et de moins de 2 mois, de 8 jours au-delà du deuxième mois.

Pour un riz irrigué, la durée de résistance à l'asphyxie par submersion complète serait de 48 heures à 72 heures quand la plante est âgée de moins d'un mois, de 5 jours quand la plante est âgée de plus de 2 mois.

La croissance du riz est fonction de la variété cultivée et des conditions de développement de la plante. Dans de bonnes conditions de développement, on peut estimer que les plants atteignent une taille d'au moins 20 centimètres au bout d'un mois, une taille d'au moins 80 centimètres dès la fin du deuxième mois. La phase de l'épiaison-floraison est une des plus critiques dans la vie de la plante ; elle intervient généralement après le deuxième mois de croissance.

3.2.2. SURFACES CULTIVÉES INONDABLES

Les relevés topographiques de la plaine de Niéna-Dionkélé furent effectués en 1954 et permirent le dessin de cartes à l'échelle 1/10 000°. Le tableau III résume l'analyse topographique des surfaces cultivées après aménagement agricole de la plaine en l'absence de digues de protection.

Tableau III
Hypsométrie des superficies cultivées exprimées en hectares

altitude a	périmètre du Kuo	périmètre du Dougo	polder	total	total sans polder
a ≤ 331.40	135	120	517	772	255
a ≤ 331.60	175	160	517	852	335
a ≤ 332.00	338	313	517	1 168	651
a ≤ 333.00	594	553	517	1 164	1 147
a ≤ 334.00	697	639	517	1 853	1 336

En relation avec les types d'aménagement proposés par la SCET International dans la plaine de Niéna-Dionkélé (SCET, 1976), plusieurs cas doivent être envisagés. En l'absence de digues de protection, l'altitude du plan d'eau détermine les surfaces cultivées inondables si l'on connaît la position topographique des cultures.

Pour un aménagement simplifié sans polder, les surfaces cultivées sont protégées jusqu'à ce que le plan d'eau atteigne la cote 331.50 mètres. Pour un aménagement avec polder, les surfaces cultivées hors polder sont protégées jusqu'à la cote 331.50 et les surfaces cultivées dans le polder sont protégées jusqu'à ce que le plan d'eau atteigne la cote 332.00 mètres. Les variations des surfaces cultivées inondables en fonction de la cote du plan d'eau sont dessinées sur la fig. 3.

3.2.3. SURFACES CULTIVÉES INONDÉES, HAUTEUR ET DURÉE DE SUBMERSION

À la montée des niveaux d'eau, les surfaces cultivées inondées et les hauteurs de submersion sont déterminées par la cote du plan d'eau dans la plaine et par la position topographique des surfaces mises en culture dans les zones inondables, en relation avec le type d'aménagement (fig. 3).

À la descente des niveaux d'eau, il faut, en plus, tenir compte des capacités de drainage des périmètres inondés. Dans le projet d'aménagement de la plaine de Niéna-Dionkélé, les aménagements simplifiés ne prévoient pas le drainage des périmètres agricoles.

En utilisant les opérateurs pluies-débits définis par l'analyse des crues de la rivière Sessé, il est possible de reconstituer de longues chroniques de hauteurs d'eau dans la plaine de Niéna-Dionkélé. Il est donc théoriquement possible de reconstituer, pour chaque type d'aménagement proposé, l'historique des durées et des hauteurs de submersion sur un intervalle de temps d'une trentaine d'années correspondant aux plus longues séries pluviométriques observées.

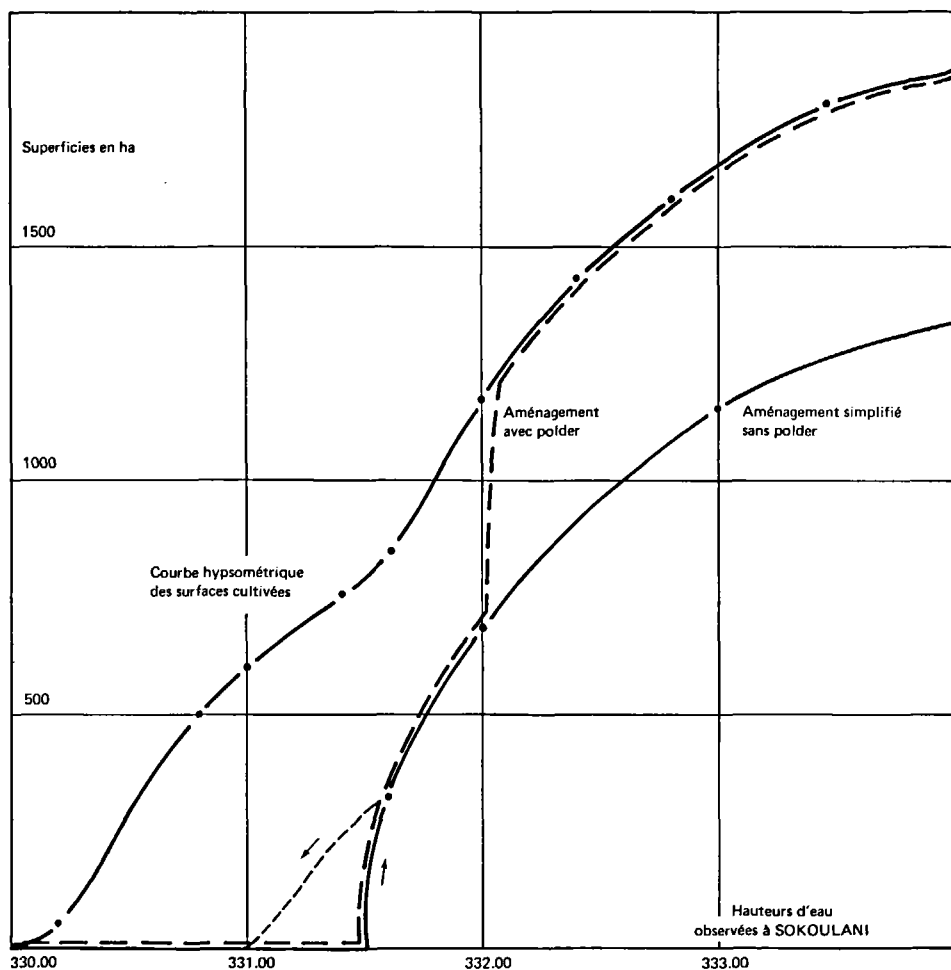


FIG. 3. — Superficies cultivées inondables

3.2.4. CARACTÉRISATION AGRONOMIQUE DES RISQUES D'INONDATION DANS LA PLAINE DE NIÉNA-DIONKÉLÉ

L'analyse hydropluviométrique des crues de la rivière Sessé montre que les risques d'inondations sont à craindre, dans la basse plaine de Niéna-Dionkélé, entre le 10 août et le 30 septembre.

En raison de leurs dates de semis différentes, qui conditionnent la taille du riz, par conséquent sa résistance à la submersion, riz irrigué et riz pluvial se comporteront de manière très différente.

Riziculture irriguée

Des apports en eau tardifs dans la plaine de Niéna-Dionkélé fixent le calage des cycles du riz irrigué entre le début du mois d'août et la fin du mois de novembre.

Entre le 10 août et le 10 septembre, la taille des plants passe de

18 centimètres à 55 centimètres et leur résistance à la submersion n'excède pas trois jours.

Vers le 20 septembre, la taille des plants est voisine de 65 centimètres et leur résistance à la submersion est de 4 jours.

Riziculture pluviale

Semé au début du mois de juillet, le riz pluvial atteindrait une hauteur d'environ 60 centimètres vers le 10 août ; sa résistance à la submersion serait alors de 4 jours.

Au début du mois de septembre, le riz pluvial entre en phase d'épiaison et de floraison, période critique du développement de la plante. À cette époque de l'année, un maintien du niveau des eaux à une cote inférieure à 60 centimètres au-dessus du sol, ne devrait provoquer aucun dégât aux cultures. Au-dessus de 60 centimètres, les dégâts varieraient en fonction de la hauteur d'immersion des panicules de riz.

Résultats, conclusions

Pour une crue décennale, l'étude des crues de la rivière Sessé a fixé à 331.70 mètres la cote maximale atteinte par les niveaux d'eau. La vitesse de descente des niveaux d'eau est de l'ordre de 2 centimètres par jour et les dégâts causés aux cultures varient de la façon indiquée par les données du tableau IV.

TABLEAU IV
Dégâts causés aux cultures par une crue de fréquence décennale

date d'occurrence de la crue	10 août		1 septembre		20 septembre	
type de culture	riz irrigué	riz pluvial	riz irrigué	riz pluvial	riz irrigué	riz pluvial
taille des plants	18 cm	60 cm	43 cm	-	65 cm	-
hauteur critique au-dessus du sol	13 cm	55 cm	38 cm	60 cm	60 cm	60 cm
cote au sol critique aux cultures	331.50	331.07	331.26	331.10	331.10	331.10
surfaces cultivées avec dégâts	295 ha	35 ha	180 ha	50 ha	50 ha	50 ha
pourcentage détruit de la récolte	16 %	2 %	10 %	4 %	3 %	4 %

En raison de son semis tardif au début du mois d'août, le riz irrigué apparaît beaucoup plus vulnérable aux inondations que le riz pluvial semé dès le début du mois de juillet. Pour une crue de fréquence décennale, les dégâts restent peu importants, sauf si l'inondation survient avant la fin du mois d'août sur une riziculture irriguée.

Les digues de protection, érigées jusqu'à la cote 331.50, paraissent peu efficaces pour lutter contre les inondations et gêneraient plutôt la descente des niveaux d'eau dans les périmètres ceints par ces digues. *Une protection efficace des cultures contre les risques d'inondation dans la plaine de Niéna-Dionkélé exigerait l'élévation des digues à la cote 332.00 mètres.*

Pour parfaire l'étude agronomique des risques d'inondation dans la plaine de Niéna-Dionkélé, il faudrait reconstituer de longues chroniques de hauteurs d'eau et en analyser les effets sur les rendements des cultures et sur les productions agricoles.

On pourrait ensuite proposer différentes stratégies culturales ou différents aménagements susceptibles d'augmenter la production ou les rendements.

3.3. Étude économique des risques d'inondation

L'étude économique des risques d'inondation dans la plaine de Niéna-Dionkélé n'a pas encore été réalisée. Pour effectuer une étude économique des dégâts, la meilleure solution serait de simuler le fonctionnement de plusieurs types d'aménagements et de comparer les gains réalisés sur de longues périodes. Il est malheureusement, en l'état actuel des connaissances, impossible de prévoir l'importance de la crue qui surviendrait sur un intervalle de temps fixé a priori. Le calcul des probabilités permet cependant de répondre à la question suivante : quel est le volume de crue ou la cote ayant la probabilité P d'apparaître au moins une fois dans les années à venir ?

T étant la période de retour, P la probabilité d'occurrence de l'évènement, P' la probabilité de non occurrence de l'évènement, n le nombre d'années, la formule de Poisson donne :

$$P' = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

La probabilité de voir une crue centennale (T = 100) en 10 ans (n = 10) est de 9,56 % ; sur une période de 25 ans, la probabilité de voir une crue centennale est de 22,2 %.

Si une crue centennale survenait dans la plaine de Niéna-Dionkélé, elle détruirait certainement la majeure partie de la récolte.

En reprenant les données économiques du projet de mise en valeur agricole de la plaine de Niéna-Dionkélé (SCET, 1976), sur une période de 25 ans, en l'absence de barrages sur les rivières Kuo et Dougo et dans les conditions définies par le projet d'aménagement, on peut estimer que les inondations font perdre environ la moitié d'une récolte annuelle moyenne, soit environ 20 % des bénéfices réalisés dans les 25 premières années de l'aménagement et 10 % des bénéfices pour les années suivantes.

Avec la construction de barrages sur les rivières Kuo et Dougo, sous réserve d'une gestion correcte de ces deux ouvrages, ceux-ci devraient pouvoir tamponner environ 6 millions de mètres cubes, c'est-à-dire que pour une crue décennale, les apports dans la cuvette de Karamassasso seraient provisoirement réduits à 13 millions de mètres cubes et le plan d'eau ne s'élèverait qu'à la cote 331.50 au lieu de 331.70. La construction de barrages en amont de la plaine de Niéna-Dionkélé, en partie destinés à écrêter les fortes crues, procure donc au projet d'aménagement une plus grande sécurité contre les risques d'inondation.

Toutefois, le coût de ces ouvrages est assez élevé, il a été estimé en 1976 à 460 millions de francs CFA pour le barrage du Kuo.

En reprenant les calculs, effectués en 1976 par la SCET International, sur les vingt cinq premières années de fonctionnement de l'aménagement, nous obtenons les résultats du tableau V exprimés en millions de francs CFA.

Ces calculs sont évidemment tout à fait théoriques, mais ils résument assez bien les choix économiques qui doivent être faits en matière d'aménagement de la plaine de Niéna-Dionkélé.

TABLEAU V
Investissements, pertes et bénéfices en millions de francs CFA

	aménagement complet barrages-polder	aménagement simplifié polder	aménagement simplifié sans polder
investissements hydroagricoles	2 598	1 416	886
bénéfices sans inondations	2 126	2 273	2 016
pertes dues aux inondations	290	425	310
bénéfices réels sur les 25 ères années	1 836	1 848	1 706
bénéfices annuels suivants	230	170	124

Compte tenu des gros investissements nécessités par la construction des barrages, il apparait nettement que les effets favorables dus à leur construction ne se font réellement sentir qu'après les vingt cinq premières années de fonctionnement de l'aménagement.

Pour la protection des cultures contre les inondations, *le coût de l'érection de digues arasées à la cote 332.00 mètres*, qui protégeraient une superficie de 600 hectares, *a été estimé à 200 millions de francs CFA, soit trois fois moins que le coût de construction des barrages. Ces digues seraient d'une efficacité nettement supérieure à celle des barrages puisqu'elles permettraient d'accumuler un supplément de 13 millions de mètres cubes dans la basse plaine, sans dommages pour les cultures.*

4. MOYENS ET PERSPECTIVES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LA PLAINE DE NIÉNA-DIONKÉLÉ

Les moyens de lutte contre les inondations dans la plaine de Niéna-Dionkélé relèvent de deux stratégies complémentaires, hydrologique et agronomique, visant à éliminer ou à limiter les dégâts causés aux cultures par les inondations. L'étude économique permet de choisir les solutions les moins coûteuses qui satisfont au mieux des objectifs fixés.

4.1. Stratégies hydrologiques

Dès 1957, l'ingénieur du Génie Rural G. MATON avait parfaitement défini les moyens hydrologiques de lutte contre les inondations dans la plaine de Niéna-Dionkélé : la maîtrise de l'eau à l'amont de la plaine en construisant des barrages écrêteurs de crues, la maîtrise de l'eau en aval de la plaine en améliorant l'écoulement des eaux dans l'émissaire Sessé, la maîtrise de l'eau dans la plaine même de Niéna-Dionkélé en érigeant des digues de protection des cultures et en controlant les débits par un ouvrage hydraulique à l'exutoire de la plaine.

Dans le meilleur des cas, en l'état actuel des aménagements, les cultures, situées dans l'enceinte des digues élevées à l'altitude 331.50 mètres, ne sont protégées que pour des évènements pluviométriques inférieurs à la fréquence décennale.

Afin de mieux protéger les cultures, nous avons montré précédemment que la solution la moins coûteuse et la plus efficace serait de surélever les digues jusqu'à la cote 332.00 mètres.

Outre cette stratégie curative de lutte contre les inondations, de loin la plus efficace, il existe également une autre stratégie de type préventif, susceptible de limiter les dégâts provoqués par les crues en limitant la montée des niveaux d'eau.

Elle consiste à mieux gérer l'ouvrage hydraulique de Karamassasso et elle se fonde sur l'étude des crues de la rivière Sessé (LAMACHÈRE, 1984) qui permet de prédéterminer les crues à partir de l'observation des pluviométries et de leur probabilité d'occurrence. Ainsi, pour l'année 1975, une ouverture permanente des vannes à partir du 30 juillet aurait maintenu le niveau maximum, de la crue la plus dangereuse pour les cultures, 20 centimètres au-dessous de la cote réelle atteinte cette année là.

On se reportera à la fig. 4 pour apprécier l'importance d'une gestion rationnelle de l'ouverture et de la fermeture des vannes du barrage de Karamassasso.

4.2. Stratégie agronomiques

Face aux risques d'inondation dans la plaine de Niéna-Dionkélé, plusieurs stratégies agricoles ont été appliquées.

Elles relèvent d'attitudes psychologiques différentes de l'homme face à un risque : la fuite, l'inconscience, l'acceptation prudente et raisonnée.

L'absence de cultures, puis l'abandon des cultures dans la basse plaine après inondation et destruction, témoignent d'une stratégie de fuite devant les risques d'inondations. Pour un paysan vivant en autarcie, c'est probablement la stratégie qui lui convient le mieux et minimise les risques.

La mise en culture de la basse plaine avant 1950 puis l'existence du projet d'aménagement témoignent d'une acceptation des risques d'inondation que les études préliminaires hydrologiques ont essayé de quantifier. Le choix agronomique de mise en culture d'un riz pluvial au-dessous de l'altitude 331.50 s'apparente à l'acceptation raisonnée des risques.

En l'état actuel des aménagements, cette stratégie culturelle semble être la plus efficace pour limiter les dégâts causés aux cultures par les inondations sur les sols les plus exposés. Elle supprime évidemment les gains d'un rendement plus élevé de la riziculture irriguée par inondation contrôlée des basses terres de la plaine.

Le choix économique entre les deux solutions de riziculture pluviale ou de riziculture irriguée sur les plus basses terres exposées aux risques d'inondations n'est pas évident et nécessiterait une étude plus approfondie.

5. CONCLUSION

Environ trente années après les premières études hydrologiques menées par l'ingénieur du Génie Rural G. MATON dans la plaine de Niéna-Dionkélé, les problèmes liés à l'aménagement agricole de cette plaine restent posés en termes à peu près identiques.

Des études hydrologiques intensives menées par l'ORSTOM sur une période de six ans (1974-76 et 1981-83), on peut maintenant extraire les paramètres hydrologiques permettant de quantifier les risques d'inondation et d'orienter les choix en matière d'aménagement. Sans remettre en cause les

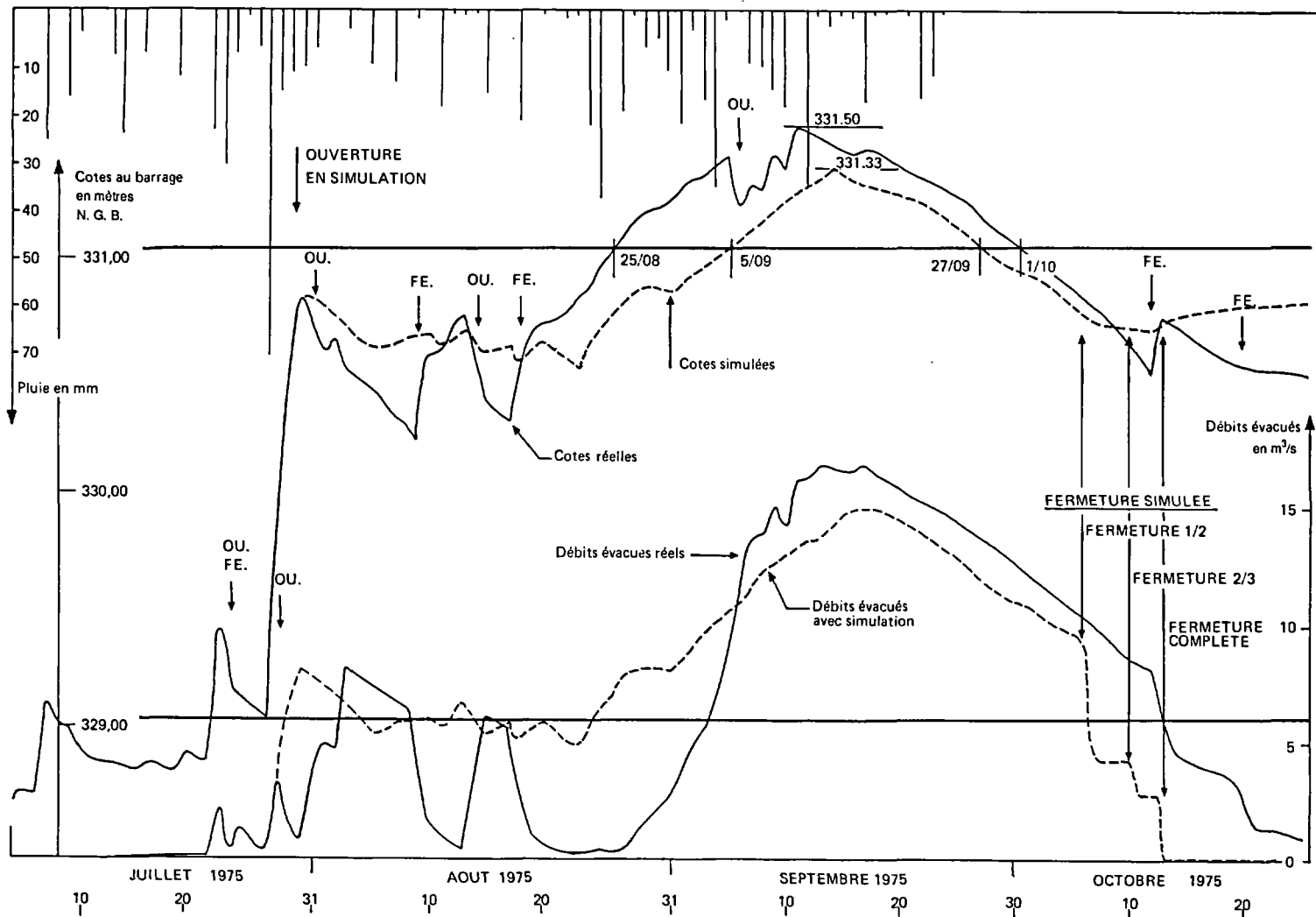


FIG. 4. — Sesse à Karamassasso, année 1975

choix effectués par le projet d'aménagement de la plaine de Niéna-Dionkélé, qui se fondent sur des critères économiques, l'analyse hydrologique et agronomique des risques d'inondations montre que l'érection de digues à la cote 331.50 mètres constitue une protection insuffisante et illusoire, elle montre également que les choix culturels peuvent être adaptés aux risques d'inondation qui varient avec la stratégie hydraulique adoptée pour la protection des cultures.

Il ne faudrait cependant pas croire que ces résultats sont acquis de façon définitive. Que survienne une déforestation des collines qui entourent la plaine de Niéna-Dionkélé, ou que survienne une dégradation importante du couvert herbacé, et les relations pluies-débits, définies sur le bassin versant de la rivière Sessé, s'en trouveraient modifiées dans le sens d'une aggravation des risques d'inondation. Un changement des conditions climatiques, dans le sens d'une plus grande sécheresse ou d'une plus grande pluviosité, est également susceptible d'atténuer ou d'aggraver les risques d'inondations.

La protection des cultures, contre les risques d'inondations dans la plaine de Niéna-Dionkélé, requiert donc une vigilance continue et une surveillance des paramètres hydrologiques qui conditionnent le ruissellement des eaux sur le bassin versant de la rivière Sessé et la montée du plan d'eau dans la basse plaine.

À court terme, une gestion pratique et rationnelle du barrage de Karamassasso est déjà susceptible de limiter de façon significative les risques d'inondation.

BIBLIOGRAPHIE

- MATON (G.), 1957. — Rapport préliminaire sur les études entreprises en vue de l'aménagement hydroagricole de la plaine de Niéna-Dionkélé, Service de l'Agriculture de Haute Volta, Section Technique du Génie Rural, rapport n° 271/AGRO/GR, 34 pages.
- SCET international, 1976. — Projet de mise en valeur agricole de la plaine de Niéna-Dionkélé, Plan d'aménagement hydroagricole, Direction de l'Hydraulique et de l'Aménagement de l'Espace Rural de Haute Volta, Ministère de la coopération française, Direction de l'Aide au Développement,
— rapport général, 101 pages,
— étude pédologique, 99 pages,
— étude de la rivière Sessé, 11 pages,
— plans et cartes de l'aménagement.
- LE BARBE (L.), 1977. — Étude hydrologique de la plaine de Niéna-Dionkélé, rapport définitif, République de Haute Volta, centre ORSTOM de Ouagadougou.
- LAMACHÈRE (J. M.), 1984. — Étude hydrologique des plaines de Niéna-Dionkélé et Foullasso-Lelasso, tomes 7 et 8, rapport définitif, République Démocratique et Populaire du Burkina Faso, centre ORSTOM de Ouagadougou, 387 pages.
- RODIER (J.) et AUVRAY (C.), 1965. — Estimation des débits de crues décennales pour des bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Afrique Occidentale, ORSTOM, CIEH, 30 pages et 13 figures.
- DOBELMANN (J. P.), 1976. — Riziculture pratique, tome 1 riz irrigué, tome 2 riz pluvial, Presses Universitaires de France, collection « techniques vivantes » publiée par l'Agence de coopération culturelle et technique.