

CHAPITRE X

LES MILIEUX ET LEUR DYNAMIQUE

Jean-François RICHARD
Albert DIAGNE

1. LES ÉTATS DU MILIEU : TYPOLOGIES, SUCCESSIONS ET CARACTÉRISATIONS

A la fois dans l'espace et au cours de l'année, les contrastes sont très forts. Les milieux se présentent sous neuf états très différents : une première analyse factorielle des correspondances, portant sur l'ensemble des observations stationnelles effectuées dans la Moyenne Vallée, donne la typologie suivante (fig. 38 et annexe 4).

Etat n° 1 = s'individualisant par la déflation éolienne.

Type n° 13 = état de simplicité maximale, exclusivement caractérisé par le phénomène de déflation éolienne.

Type n° 12 = état simple, marqué par la déflation à laquelle s'associent des phénomènes de dénudation et de mobilisation éoliennes, parfois aussi d'érosion hydrique.

Type n° 11 = état plus complexe, associant un encroûtement de la surface du sol aux processus physiques précédents.

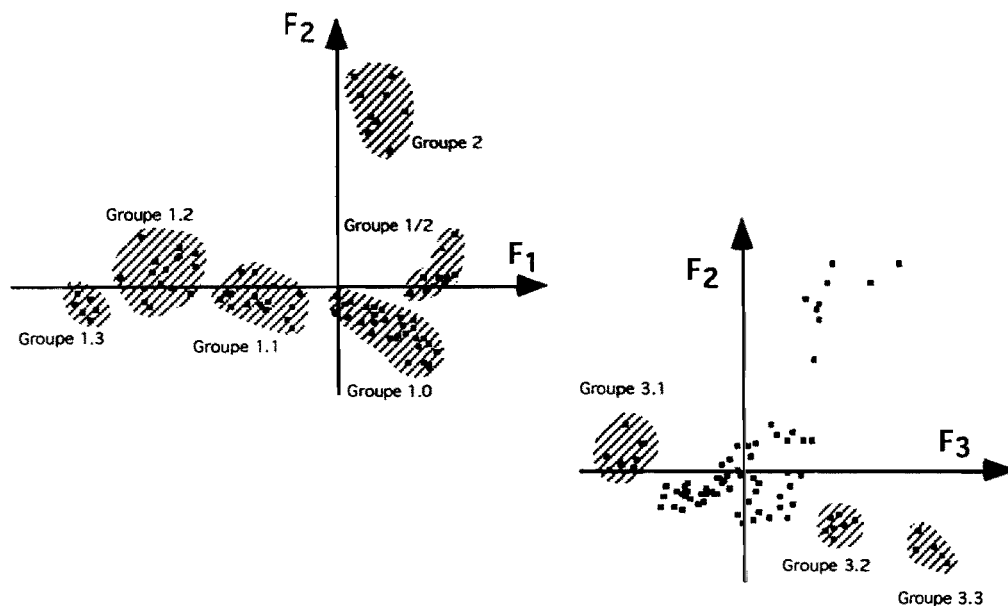


Fig. 38 Typologie des états du milieu par différenciation sur les trois premiers facteurs (ensemble de la Moyenne Vallée - Analyse factorielle des correspondances)

Type n° 10 = état de complexité maximale, marqué par l'interférence de trois séries de processus : déflation plus érosion et encroûtement de la surface du sol comme précédemment mais aussi accumulations organique et minérale fine liées à l'apparition d'un couvert végétal ligneux.

Etat n° 1/2 = état complexe — de "transition" — caractérisé par l'importance et la persistance du couvert végétal ligneux, expliquant des phénomènes d'accumulations organique et minérale fine eux aussi très importants, auxquels s'ajoutent cependant des phénomènes de déflation et d'encroûtement fréquents.

Etat n° 2 = état de complexité moyenne, mais hétérogène et très particulier, caractérisé par l'intensité et la variété des processus liés au vent et à l'eau.

Etat n° 3 = s'individualisant par l'encroûtement de la surface du sol.

Type n° 33 = état complexe, marquant le passage du phénomène de "battance" (réorganisation et tassements de surface sous l'impact de la pluie) au phénomène d'"encroûtement" (durcissement puis décolllement de cette surface dus à la dessiccation) et correspondant, par ailleurs, au maximum de développement de la végétation herbacée.

Type n° 32 = état complexe, marqué par l'"encroûtement" de la surface du sol, par la fin (ou le début) du phénomène de "battance" et par l'apparition (ou la disparition) du phénomène de déflation.

Type n° 31 = état complexe, mal défini, toujours marqué par l'"encroûtement" de la surface du sol mais aussi par une déflation plus importante que dans l'état précédent. Il peut être aussi caractérisé par une végétation herbacée abondante mais totalement desséchée.

Au cours de l'année, en réponse pourtant aux mêmes variations climatiques saisonnières, les milieux ne réagissent donc pas tous de la même façon. Abstraction faite de la sécheresse et des interventions humaines, et en essayant de regrouper les stations ayant les mêmes réactions, on peut distinguer six successions d'états, différentes à la fois par la récurrence, les dates d'apparition et la durée des types d'états précédents (fig. 39).

"Diéri": sommet et versant de dune (NDM I / II)

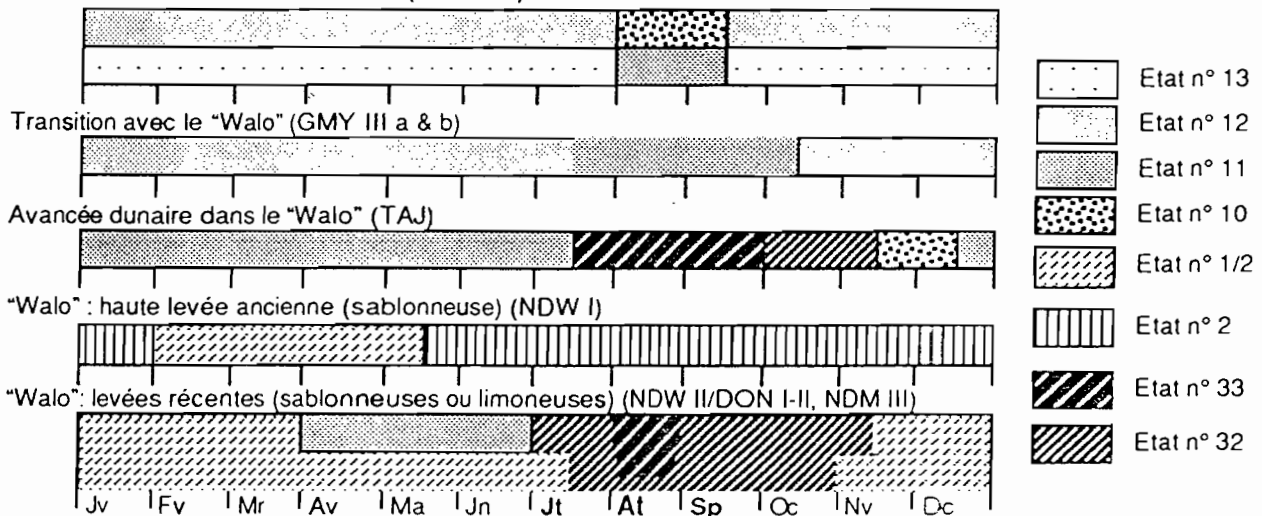


Fig. 39 "Comportement" des milieux au cours de l'année
(Successions des types d'état du milieu)

Ces «comportements» ont une signification très générale, en particulier liée à l'opposition saison sèche - saison des pluies. Mais la structure de chacun des états dépend aussi, évidemment, de l'état originel du milieu considéré.

Dans l'espace cette fois, d'autres typologies ont donc été effectuées cas par cas, station par station (*annexe 5*). Elles ont permis d'individualiser et de sélectionner quatorze «états types», à la fois représentatifs des états statistiques "moyens" qui viennent d'être analysés et tels qu'on peut les voir sur le terrain (*annexe 6* et fig. 40).

• Dans le *diéri*, la dune de Ndioum a un comportement hiératique, limité à la succession de deux états. Sur le sommet, un très bref état de type 10 correspond au maximum pluviométrique et un très long état de type 12 correspond au reste de l'année : au mois d'août, les états de surface du sol sont relativement différenciés,

protégés par une végétation herbacée vite desséchée, alors que tout le reste de l'année ils sont effacés ou noyés sous un important recouvrement sableux. Le versant de la dune a un comportement identique, mais avec des états de structure encore plus simples (respectivement, un état de type 11 en août et un état de type 13 le reste de l'année)! La croûte de surface du sol, peu consistante, se désagrège rapidement après la saison des pluies et laisse vite la place aux sables en mouvement.

• La transition directe avec le *walo* a un comportement comparable, à la fois simple et bien réglé, mais les effets de la saison des pluies se font sentir plus longtemps (sur trois mois, entre juillet et octobre). Cet état de saison des pluies (de type 11) laisse ensuite la place à un état de saison sèche (de type 12) marqué par la déflation et la dénudation de la surface du sol. Beaucoup plus complexe et original est le comportement de l'avancée dunaire étudiée à Tarédji. Cette station, relativement boisée, se caractérise par la succession de quatre états très caractéristiques :

- pendant la saison des pluies (de mi-juillet à fin-septembre), l'état du milieu est de type 33 : une pellicule de "battance" plus importante que les sables en transit et une végétation herbacée en pleine croissance (mais aussi une végétation ligneuse au minimum de son recouvrement) en sont les principales composantes,

- à la fin de la saison des pluies (de début octobre à mi-novembre), un état de type 32 se traduit par une structure de complexité "maximale" : la végétation herbacée est au maximum de son développement en hauteur, la végétation ligneuse au maximum de sa densité, la surface du sol au maximum de sa stabilité.

- au début de la saison sèche (de mi-novembre à mi-décembre), un état de type 10 est comparable à l'état précédent avec cependant deux différences notables : le dessèchement de la végétation herbacée (sur pied ou sous forme de litière) bien sûr, mais aussi l'apparition de larges plages de sol mis à nu.

- le reste de l'année (de mi-décembre à mi-juillet), le milieu conserve une structure relativement complexe de type 11, avec une litière végétale fréquente mais aussi avec des phénomènes de déflation et d'érosion.

A noter, dans cette succession, des phénomènes de retard (comme celui du développement de la végétation ligneuse intervenant plus d'un mois après les pluies), des phénomènes de persistance (comme celui du dessèchement de la végétation herbacée.) ou encore des phénomènes de latence (comme la permanence, plus ou moins masquée, des transits minéraux à la surface du sol.).

Dans le *walo*, les comportements du milieu sont moins réguliers. Il est difficile de faire abstraction, ici, d'activités humaines presque partout présentes. Sur les levées fluviales récentes, le comportement de la station de Ndiawara II, encore peu dégradée en 1989, rappelle le précédent : de longs états de saison des pluies et des états de saison sèche différenciés. Au contraire, le comportement des stations de Donaye I-II et de Ndioum III, beaucoup plus dégradées, est à nouveau bipolaire : un état de saison des pluies (début août à fin octobre) et un état de saison sèche (de novembre à juillet). Sur la levée fluviale ancienne, c'est surtout la station de Ndiawara I qui semble avoir eu un comportement aberrant, dominé par un état de type 2 pendant toute l'année (sauf au cœur de la saison sèche). Malgré ces interventions humaines, y compris sur les stations choisies dans des "forêts classées", on notera que le *walo* s'individualise (toujours ou encore ?) par la fréquence des phénomènes d'accumulation organo-minérale de saison sèche (état de type 1/2).

2. LES CHANGEMENTS D'ÉTATS DU MILIEU

Les successions d'états et les états précédents dépendent évidemment, en premier lieu, des variations climatiques saisonnières. Toutes les analyses de données opposent, ici, processus de saison des pluies et processus de saison sèche.

C'est ainsi que sur l'ensemble des stations, les phénomènes de fixation de la surface du sol en saison des pluies, notamment la formation d'une pellicule bio-organique, sont très significatifs et s'opposent à des processus de saison sèche (mobilisation des sables et déflation) qui aboutissent, eux, à la dénudation de cette surface (fig. 41).

Station par station, au cours de l'année, à ces oppositions saison des pluies-saison sèche s'ajoutent des associations voire des ordres de processus (fig. 42).

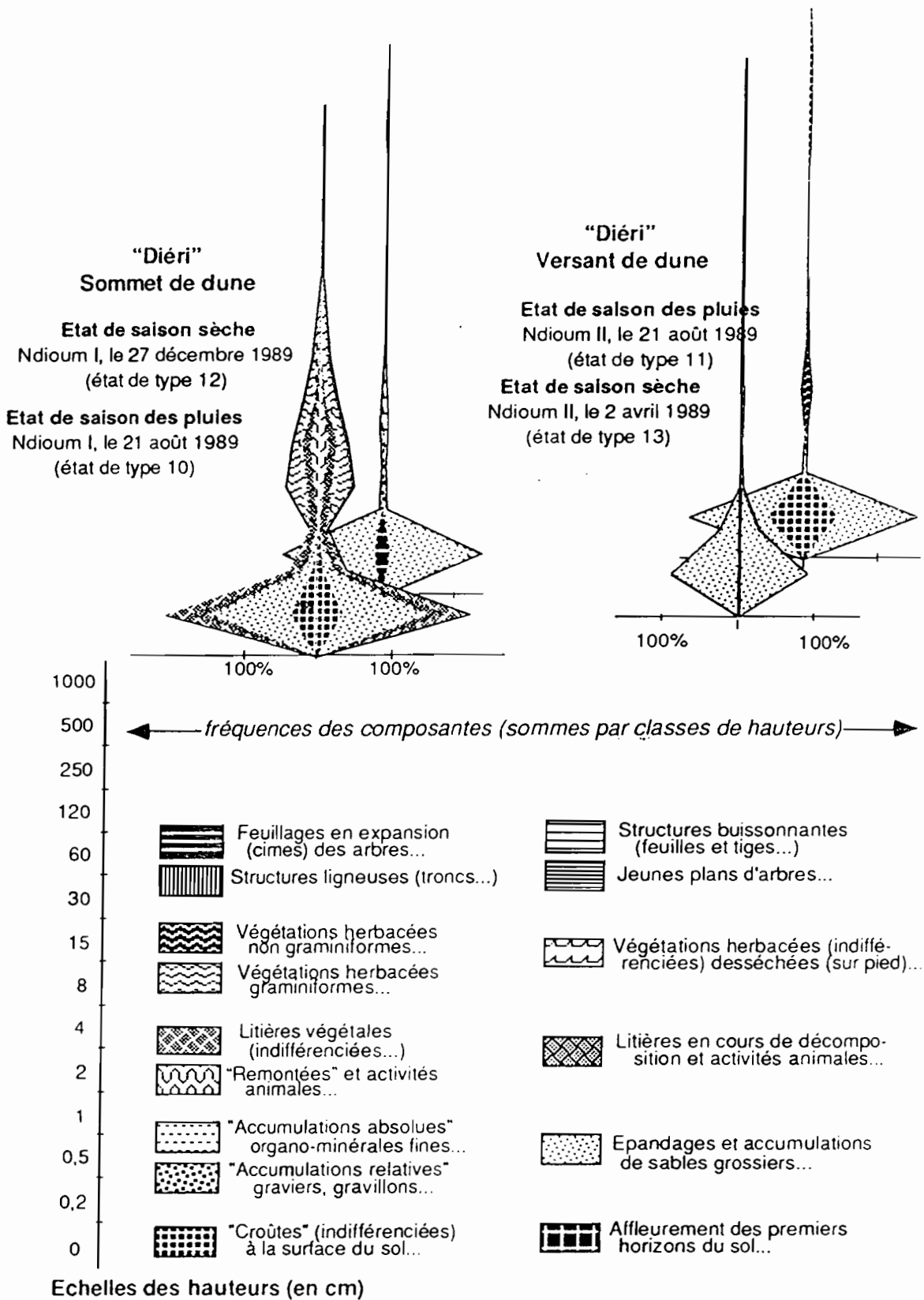


Fig. 40 a et b Structure des états du milieu dans le *diéri*
(et légende des figures 40 et 46)

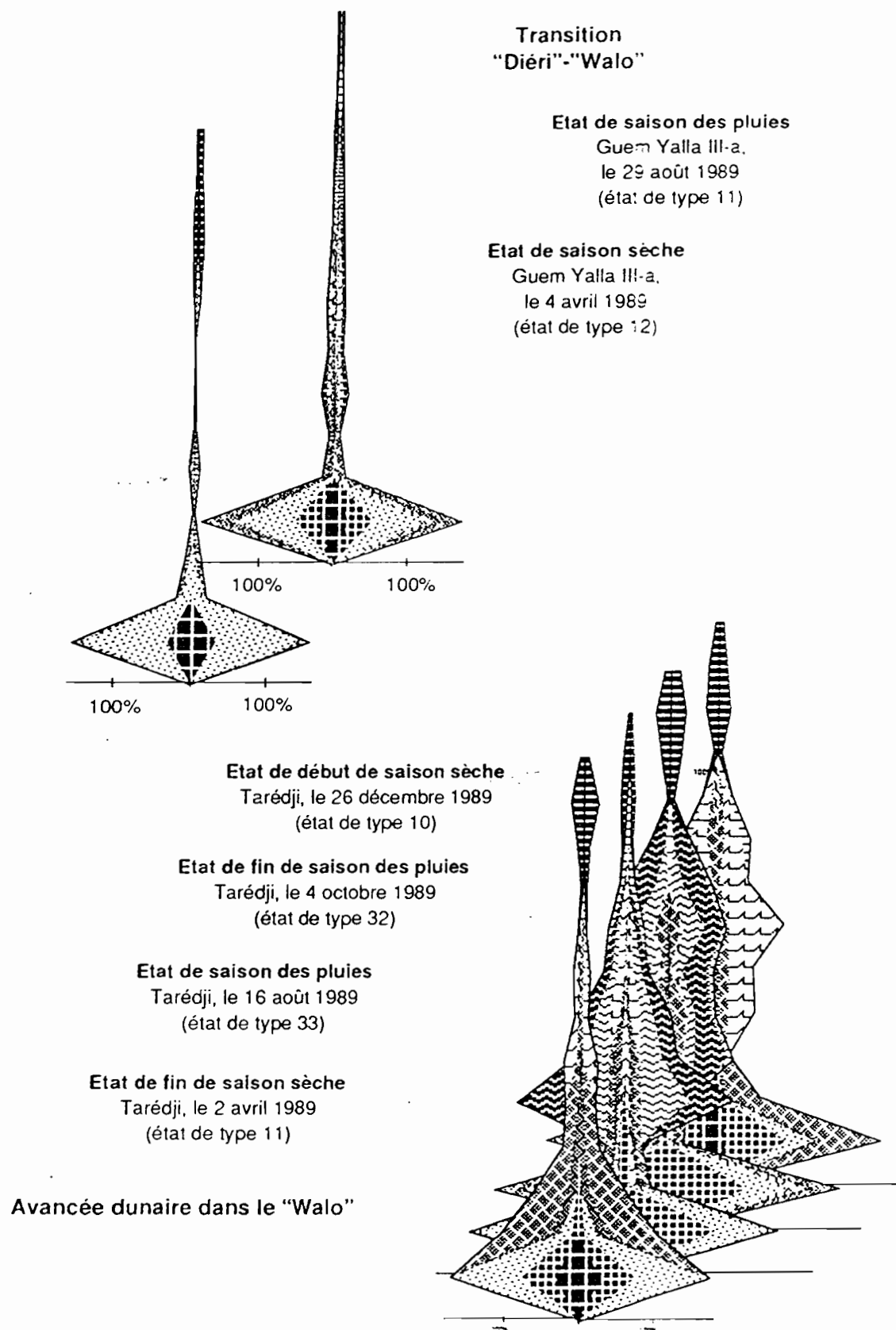


Fig. 40c et d Structure des états du milieu à la transition *diéri - walo*

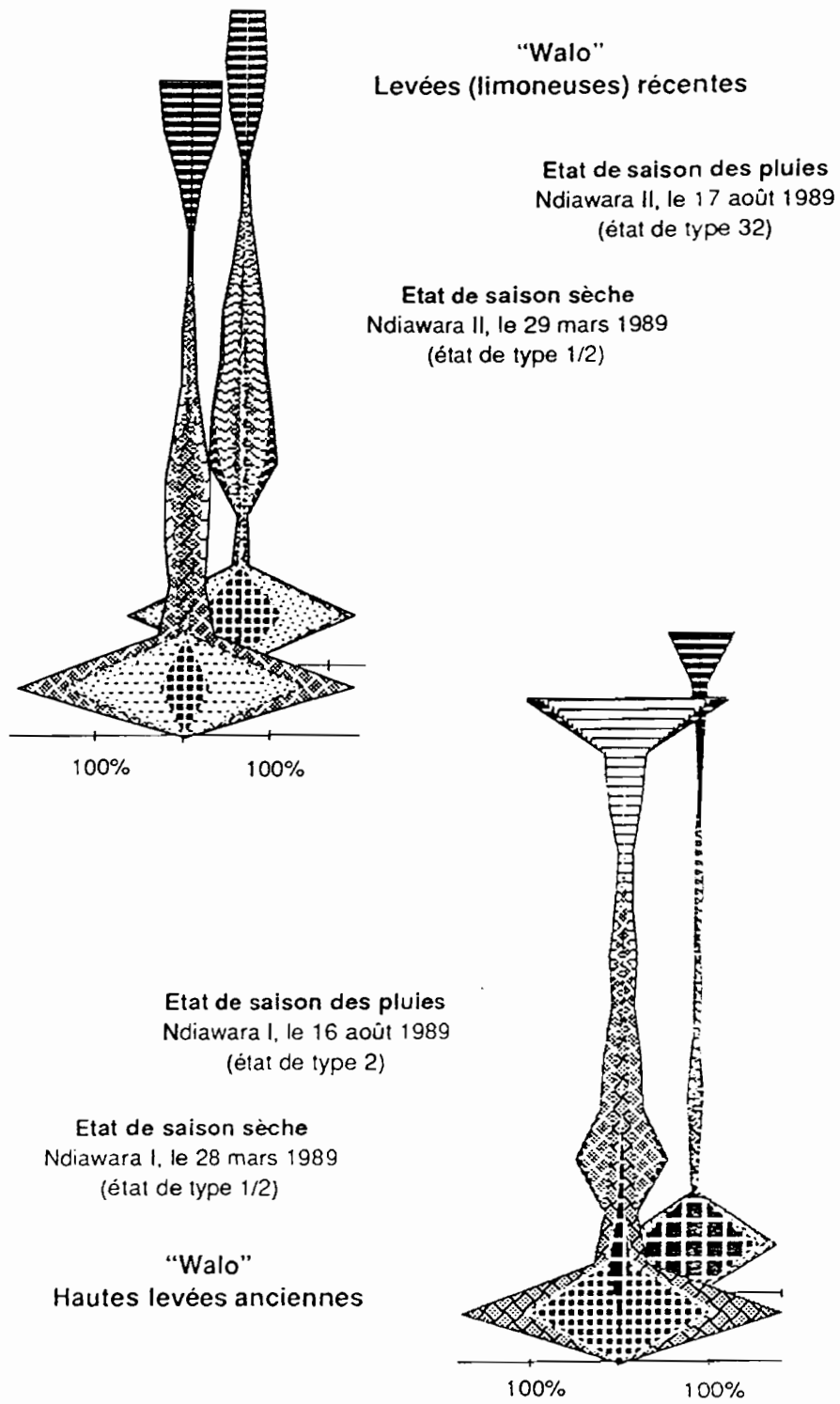


Fig. 40 e et f Structure des états du milieu dans le *walo*

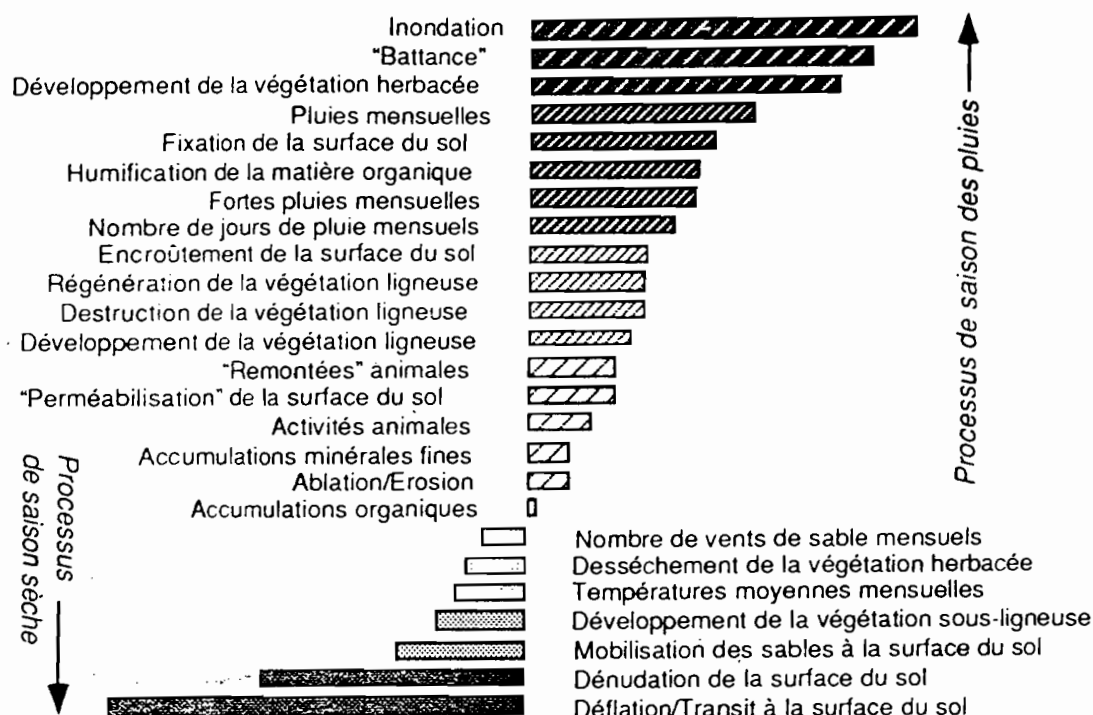


Fig. 41 : Différenciation des processus de saison sèche et de saison des pluies
(sur le premier facteur de l'AFC "ensemble des états")

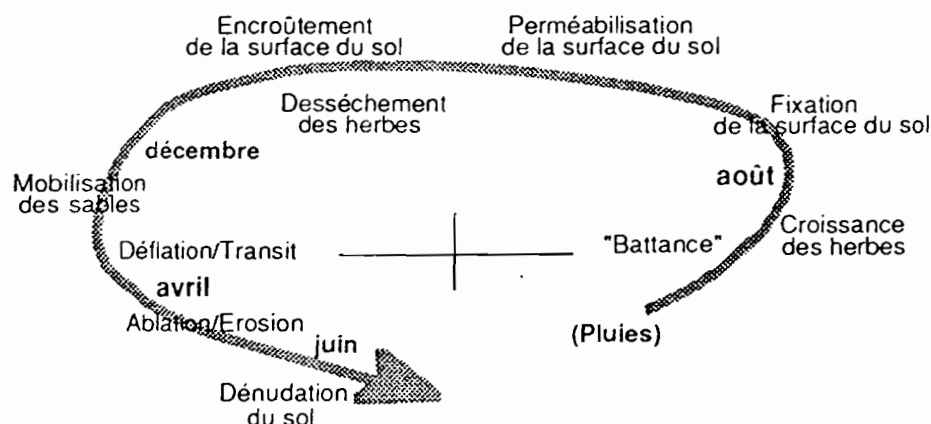


Fig. 42 : Transition *diéri-walo* : un "cycle" annuel à la surface du sol
(sur les deux premiers facteurs de l'AFC "Guem Yalla III-a")

2.1. CYCLES SAISONNIERS

Dans l'exemple précédent, pris dans un milieu au comportement simple et régulier, la séquence «Battance → Dénudation» ne correspond pas seulement à un ordre d'apparition des processus d'érosion à la surface du sol. Sur le graphique factoriel, cette séquence de processus dessine aussi un véritable cycle annuel.

Ces cycles saisonniers - qui se trouvent à l'origine de changements d'état apparemment réversibles - sont représentés sur les figures 43 : les courbes montrent les variations relatives de tous les processus observés à Ndioum I et Tarédji, deux milieux relativement peu perturbés par les activités humaines actuelles, que l'on pourra comparer au milieu en cours de dégradation de Ndiawara II et au milieu déjà très dégradé de Donaye II.

Sur le sommet de la dune de Ndioum, les effets de la saison des pluies sont strictement concentrés sur le mois d'août, il n'y a pas d'arrière-saison. Le milieu ne "vit" qu'un mois dans l'année : le reste du temps interviennent des mécanismes d'érosion physique sans récurrence prévisible! On notera que la dynamique de la végétation ligneuse ne dépend qu'en partie de ce cycle saisonnier. Et l'on remarquera surtout que la sécheresse de 1990 a eu des conséquences nettement perceptibles : elle s'est traduite par une baisse de l'intensité des processus bio-organiques de surface, relayée par une augmentation de la macro-porosité et de la dénudation du sol.

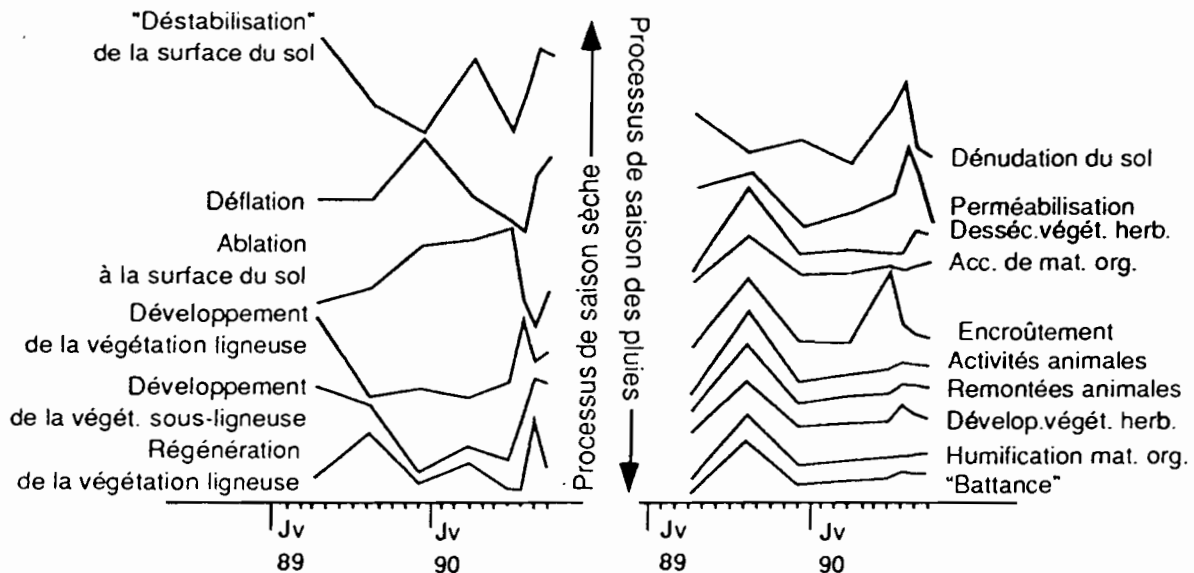


Fig. 43 a Cycles saisonniers sur le sommet de dune de Ndioum I (*diéri*)
(résidus des régressions linéaires des diagnostics avec le temps)

A Taréджи, sur l'avancée dunaire dans le *walo*, les conséquences directes de cette sécheresse sont moins sensibles (elles sont cependant visibles dans une augmentation de la macro-porosité et dans une diminution de la stabilité du sol en surface). Ce qui est plus remarquable entre 1989 et 1990, c'est la durée de fonctionnement plus brève et plus tardive des processus bio-organiques liés aux pluies. Comme précédemment, la dynamique de la végétation ligneuse reste imprévisible et dépend, au moins en partie ici, des activités humaines (on notera qu'en réponse au phénomène de nécrose naturelle ou anthropique, le pouvoir de régénération de cette végétation ligneuse est à la fois immédiat et important). Dernière remarque, expliquant la succession d'états nettement différenciés observée à Taréджи : les processus de saison des pluies sont progressivement décalés dans le temps, depuis les phénomènes de restructuration précoce de la surface du sol jusqu'aux activités animales les plus tardives.

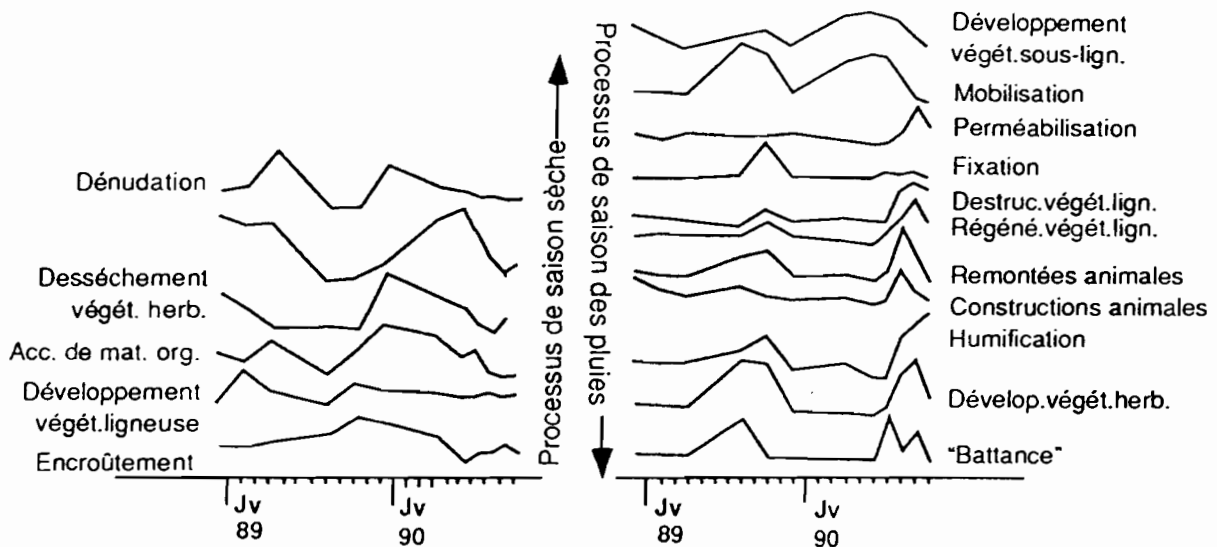


Fig. 43 b Cycles saisonniers sur l'avancée dunaire de Taréджи (*diéri-walo*)
(résidus des régressions linéaires des diagnostics avec le temps)

Alors que les milieux précédents de Ndioum et Taréджи (sur sols sableux) se définissent surtout par l'importance des changements intervenant en saison des pluies, les deux milieux suivants (sur sols limoneux) s'individualisent aussi par des processus et des composantes qui n'apparaissent qu'au cœur de la saison sèche : l'accumulation de matière organique et le "piégeage" de la matière minérale fine, le dessèchement et la persistance de la couverture herbacée, le transit et la déflation des sables à la surface du sol.

C'est ainsi qu'à Ndiawara II, il y a autant de phénomènes spécifiques à la saison sèche que de phénomènes spécifiques à la saison des pluies. On notera aussi deux associations de processus intervenant de

manière assez surprenante : l'activité animale en saison sèche, l'érosion éolienne en saison des pluies. Sans doute faut-il voir dans ce dernier phénomène le résultat immédiat de l'intervention humaine et de la destruction de la couverture végétale.

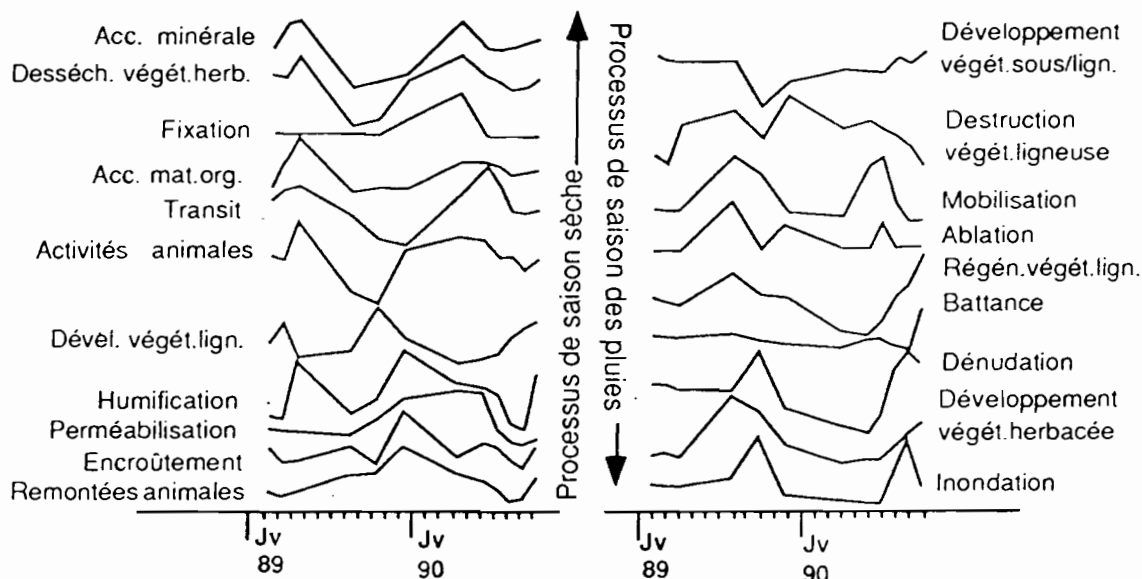


Fig. 43c : Cycles saisonniers sur la levée subactuelle de Ndiawara II (walo)
(résidus des régressions linéaires des diagnostics avec le temps)

Les changements d'état saisonniers de la levée fluviale de Donaye II sont tout à fait comparables à ceux de Ndiawara II (en particulier, on notera le dédoublement des activités animales au cours de l'année et le "piégeage" des poussières minérales dans les fentes de retrait du sol en saison sèche), mais ils apportent une précision supplémentaire : la baisse des précipitations et la faiblesse du couvert végétal herbacé en 1990 apparaissent comme relayées par les processus de tassement et d'encroûtement de la surface du sol. Des mécanismes qui semblent ainsi autant, sinon plus, liés à la sécheresse qu'à la pluie.

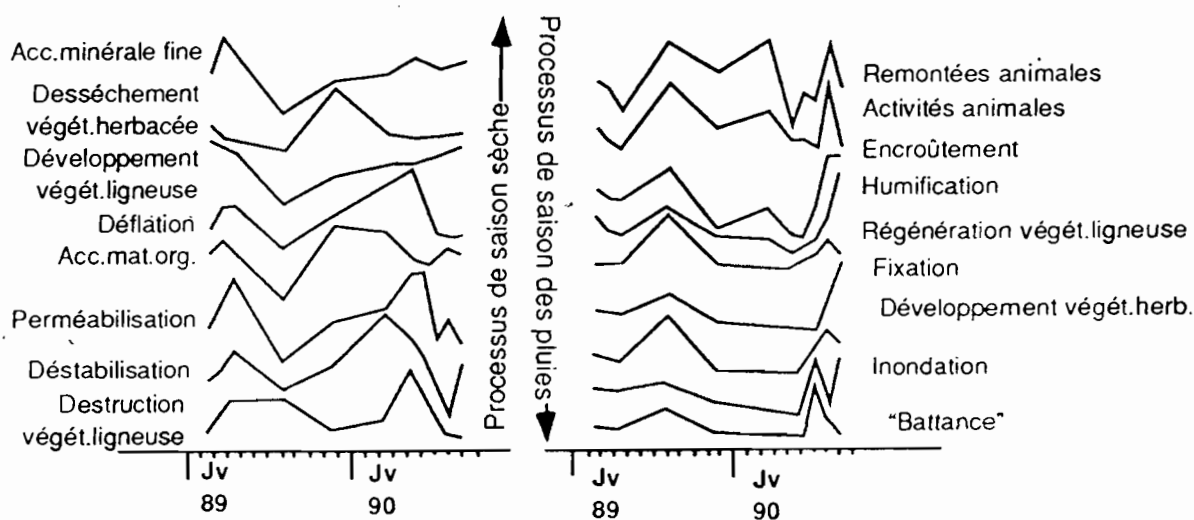


Fig. 43d Cycles saisonniers sur la levée fluviale récente de Donaye II (walo)
(résidus des régressions linéaires des diagnostics avec le temps)

2.2. TENDANCES ÉVOLUTIVES

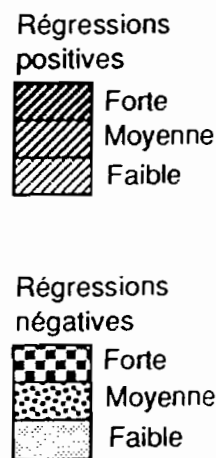
A l'échelle de la Moyenne Vallée, aucune évolution générale significative n'a été mise en évidence entre les années 1989 et 1990. Tout au plus peut-on soupçonner une tendance à la baisse des processus d'accumulation (recouvrements végétaux, activités animales, accumulations organiques et minérales fines) et une très légère tendance à la hausse de quelques processus d'érosion ("pavages" grossiers, dénudation du sol). Malgré la sécheresse de 1990 (60% de pluies en moins qu'en 1989), et des activités humaines qui n'ont pas diminué pour autant, le paysage naturel ne semble évoluer et réagir que très lentement.

C'est à l'échelle de chaque station que ces évolutions deviennent vraiment significatives et qu'il se confirme qu'elles sont pratiquement toujours allées dans un sens péjoratif (tabl. 28).

- Les milieux du *diéri* n'ont guère changé car, à vrai dire, ils avaient peu à offrir au changement! Le sommet de la dune de Ndioum présente même des signes d'agradation (liés à la croissance naturelle de la végétation ligneuse). C'est surtout le versant qui montre les signes d'une dégradation d'ailleurs assez faible (liés, eux, à la destruction de cette végétation par l'homme) : diminution de la litière végétale, augmentation de l'érosion éolienne.

- Ce sont les milieux de transition entre le *diéri* et le *walo* qui sont apparemment restés les plus stables. A Guem Yalla toutefois, ce milieu de contact a été marqué par une forte augmentation de la dénudation du sol (surtout dans le cas de la station III-b qui subit une pression anthropique, parfaitement visible sur le terrain). A Tarédji, les conséquences d'un déboisement relativement intense ne se sont pas (encore ?) fait sentir sur l'évolution des autres composantes du milieu. On remarquera même, au contraire, que la réaction positive de la végétation ligneuse - cette capacité de régénération déjà perçue à l'échelle de la saison - s'est maintenue pendant les deux années d'observation.

	Diéri		Diéri-Walo			Walo				
	NDM I	NDM II	GY IIIa	GY IIIb	TAJ	NDW I	NDW II	DON II	DON I	NDM III
Dénudation				5						
Battance										
Encroûtement									30	
Fixation										
Mobilisation	27		31							24
Transit										34
Ablation		9								
Accum. minérale							15	21	24	
Accum. organique		17					22	30	23	
Humification										
Activités bio.						12	25			18
Remontées bio.										23
Dével. herbacées										
Desséch. herb.							19		28	
Dév. sous-ligneux							7			
Régén. ligneux			33		6					
Développ. ligneux	10					21		14		
Destruc. ligneux		8								



Tabl. 28 Tendances évolutives des milieux naturels dans la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal (1989 - 1990)
(régressions linéaires des composantes du milieu avec le temps)

Ce sont bien sûr les milieux du *walo*, les plus directement soumis aux activités humaines, qui se sont révélés les plus instables : plus de 20% de leurs composantes ont radicalement changé entre 1989 et 1990 !

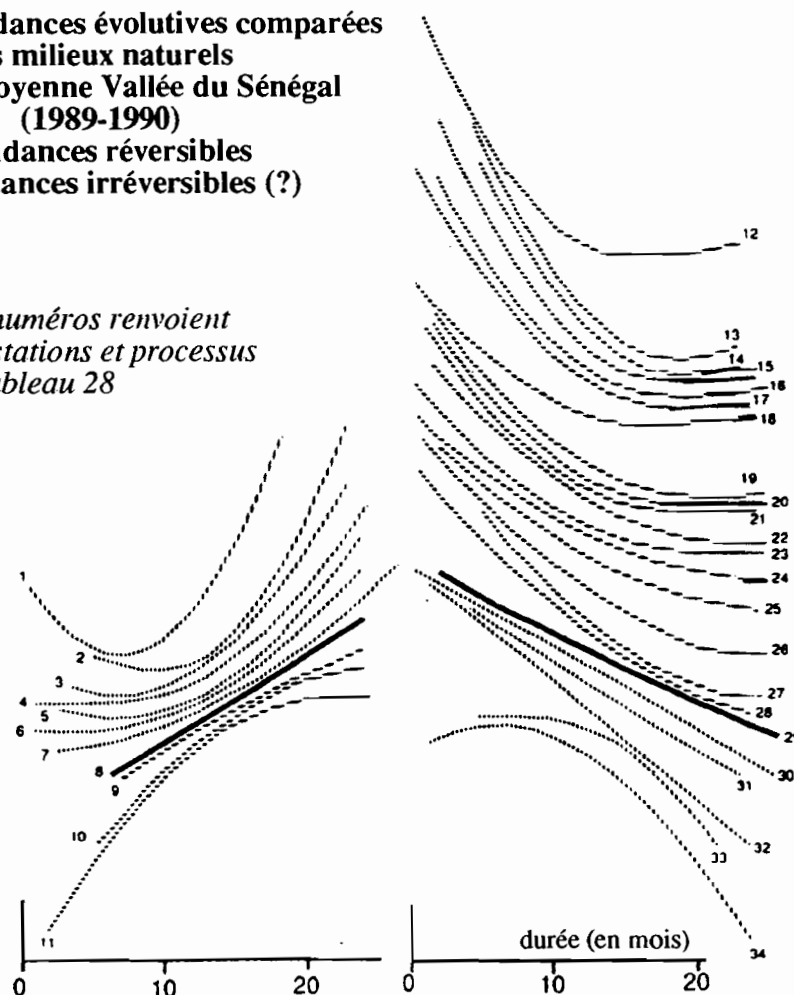
Ce sont ces milieux qui ont subi les formes de dégradation les plus nombreuses et les plus intenses : coupes de bois de plus en plus radicales (Ndiawara), dépérissement de la végétation herbacée, baisse des activités animales, diminution et même arrêt des processus d'accumulation organo-minérale à la surface du sol (Donaye). Le résultat s'est généralisé à presque toutes les unités paysagiques du *walo*. De ce point de vue, "Hautes levées" et "Levées récentes" du fleuve ne se distinguent plus guère!

D'ailleurs, si l'on reprend l'ensemble de ce tableau, on s'aperçoit qu'aucun des milieux étudiés n'échappe totalement à cette érosion globale. C'est surtout le fait que les formes de dégradation changent d'un milieu à l'autre qui explique l'absence d'évolutions statistiques significatives à l'échelle du paysage : encore une fois, il faut souligner que les milieux ne réagissent pas tous de la même façon aux agressions climatiques et anthropiques.

Sans prétendre à une projection dans l'avenir, on peut néanmoins regrouper ces évolutions en quatre familles, en essayant de se demander s'il s'agit encore de phénomènes cycliques, mais se reproduisant à l'échelle de plusieurs années, ou si certaines courbes ne préfigurent pas des changements d'état irréversibles (fig. 43 et annexe 7, où l'on trouvera une évaluation de l'intensité de ces variations interannuelles).

Fig. 44 : Tendances évolutives comparées des milieux naturels dans la Moyenne Vallée du Sénégal (1989-1990)
Tendances réversibles et tendances irréversibles (?)

Les numéros renvoient aux stations et processus du tableau 28



Positives ou négatives, la plupart de ces évolutions semblent tendre vers une asymptote, c'est-à-dire vers une nouvelle stabilité située parfois au delà mais, beaucoup plus souvent, en deçà de l'état initial du milieu. C'est

en particulier le cas des processus de biostasie (activités animales et accumulations organo-minérales à la surface du sol).

Toutefois, plus de 35 % de ces évolutions semblent devoir se poursuivre, ou du moins n'ont montré aucun signe de ralentissement pendant la période étudiée : c'est l'exemple de la mobilisation des sables et de la dénudation du sol dans les deux stations de Guem Yalla III-a et de Donaye I.

Enfin, certaines de ces évolutions semblent aléatoires, partagées, comme celles de la végétation. Ces dernières dépendent d'interventions humaines parfois brutales et ponctuelles, et elles échapperaient ainsi, en partie, à la dynamique d'ensemble.

3. LA DÉGRADATION DES MILIEUX

Pour donner des exemples précis, visibles sur le terrain, et pour essayer de montrer quelles ont été les influences respectives de la sécheresse et du déboisement, nous comparerons enfin les états du milieu observés en août 1989 à ceux observés une année plus tard, en août 1990 (fig. 46).

Chaque cas mériterait un commentaire particulier. Car, encore une fois, chaque milieu suit ou subit une évolution particulière. Mais on peut aussi établir un bilan de la dégradation à l'échelle du paysage, en faisant la somme de ces évolutions individuelles au sein de l'opposition majeure *diéri-walo*. Ce partage géographique correspond d'ailleurs assez étroitement aux activités humaines et à leur impact sur le milieu, notamment à l'intensité des coupes de bois telles qu'elles ont été évaluées sur le terrain (fig. 45 et 36b). Sur les figures 46, les trois indices permettent d'apprécier et de quantifier l'influence de l'homme sur le milieu ; le feu et surtout les bois morts mais aussi la fréquence des rejets de souche, témoignant de la croissance végétale.

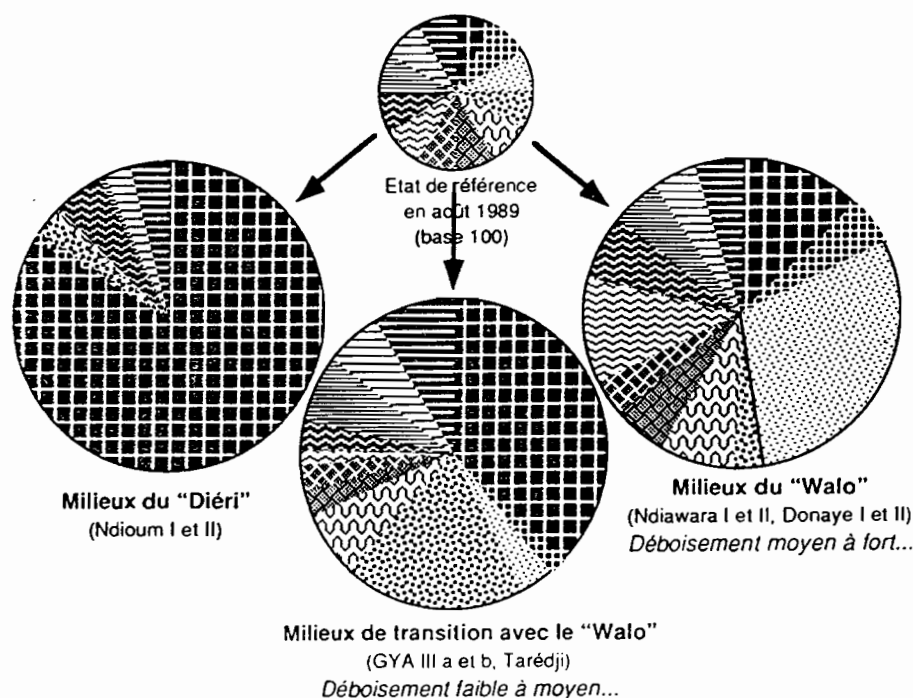


Fig. 45 Un bilan de l'évolution 1989-1990 des milieux.
(même légende que les figures 40 et 46)

Sur le *diéri*, la dune de Ndioum a vu sa végétation se diversifier sinon se maintenir, mais cela n'a pas empêché une extension spectaculaire de la dénudation du sol déclenchée par la sécheresse. Sur le versant, le milieu s'est même réduit à la plus simple expression structurale qu'on puisse imaginer : l'ensablement s'est généralisé, les phénomènes d'encroûtement ont disparu.

Au contact *diéri-walo*, la végétation paraît, dans son ensemble, avoir assez bien résisté. Mais le retard et la diminution de la couverture herbacée, même peu marqués, suffiraient à expliquer l'extension des sols érodés et des "pavages grossiers", témoins de l'ablation des particules organo-minérales plus fines. L'avancée dunaire de Tarédji a, par contre, conservé un milieu de structure relativement complexe malgré des coupes de bois déjà importantes.

Ce sont surtout les stations du *walo* qui se sont dégradées sous les effets du déboisement. Les conséquences, en particulier sur la dénudation du sol et surtout sur son ensablement, sont particulièrement visibles à Ndiawara II et à Donaye I. A Ndiawara II, où la végétation herbacée de 1990 a été cinq fois moins importante qu'en 1989, les activités animales ont diminué de moitié, et les accumulations organo-minérales fines, qui caractérisaient ces milieux de *walo*, ont presque totalement disparu. A Donaye I, on enregistre les mêmes tendances évolutives et les mêmes chiffres : la fréquence des activités animales passe de 20 à 10%, celle des litières de 30 à 0 %, celle des apports limono-argileux de 60 à 0 %. Quant à la station de Donaye II, marquée par des phénomènes de même intensité, on a l'impression qu'elle restera toujours en l'état de dégradation très avancée qui était celui du début des observations !

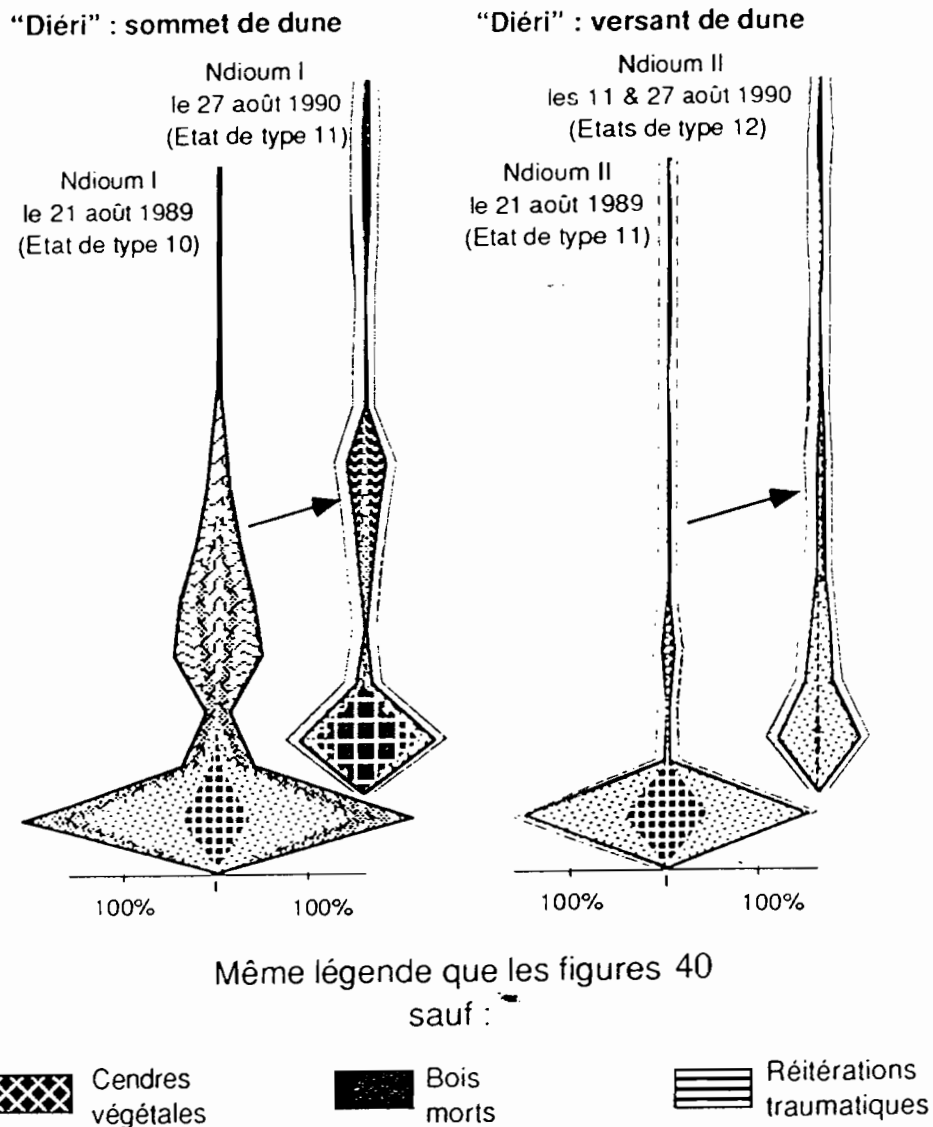
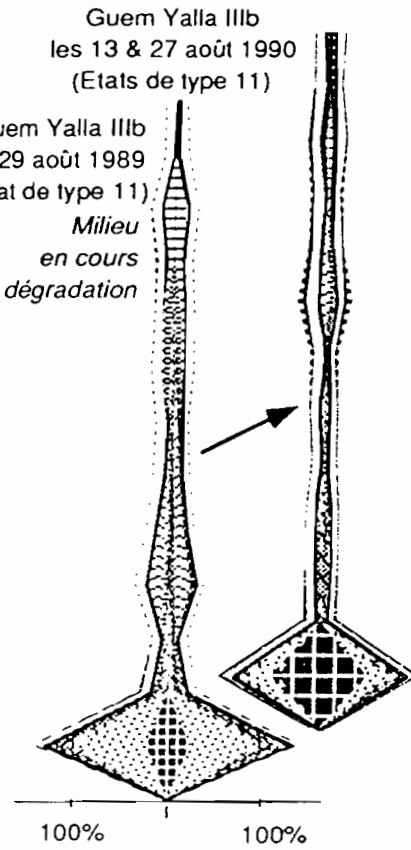
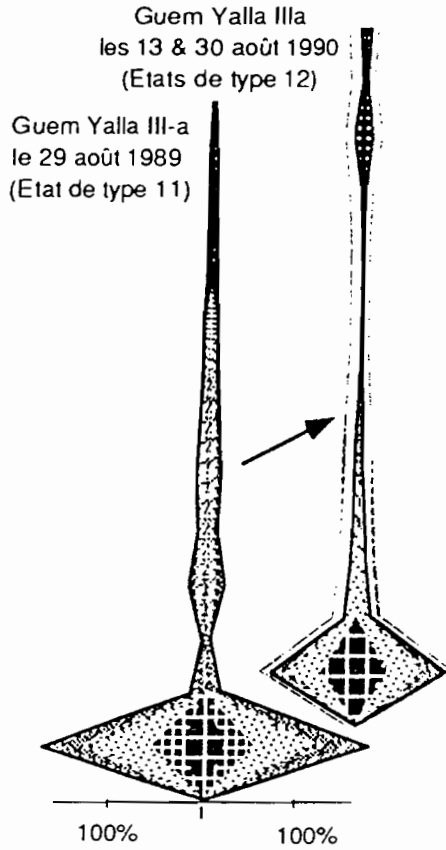


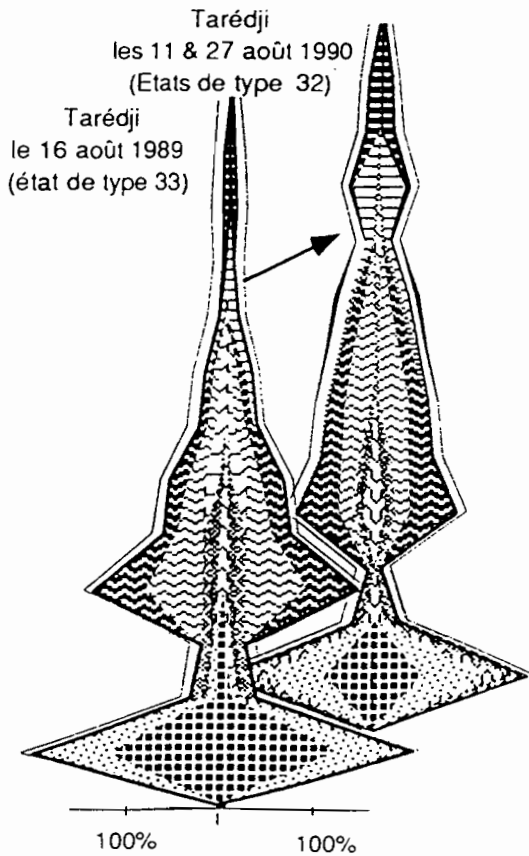
Fig. 46 a, b et c La dégradation des milieux naturels dans la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal (1989 - 1990)

(les figures 46b et 46c sont p. 124 et 125)

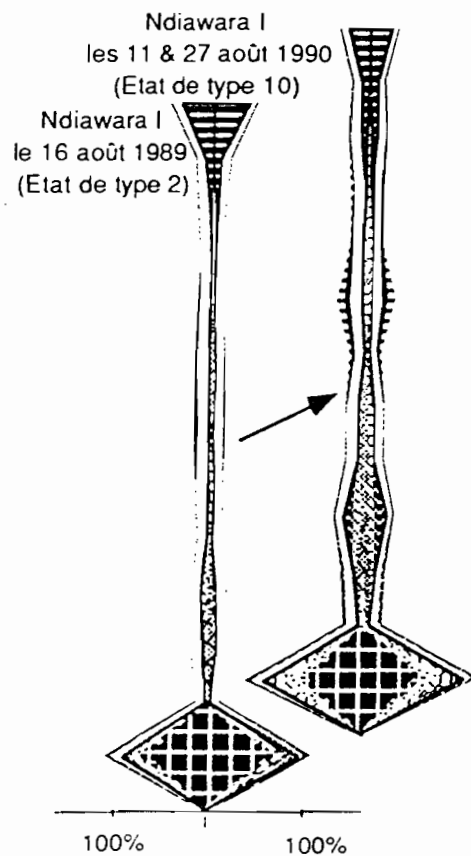
Transition "Diéri"- "Walo"



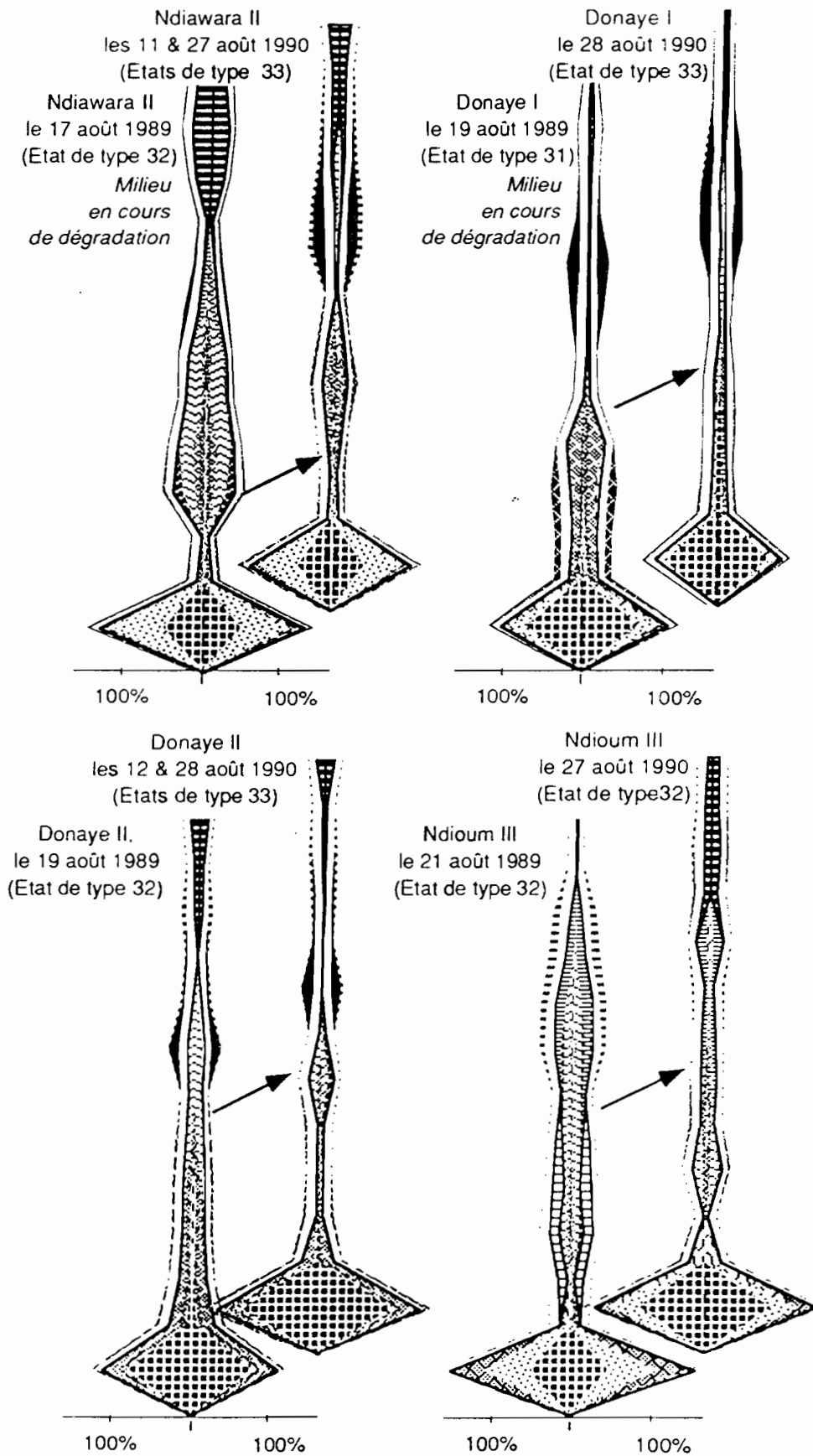
Avancée dunaire dans le "Walo"



Haute levée fluviale



Levées fluviales subactuelles



P. MICHEL J.P. BARUSSEAU J.F. RICHARD M. SALL

L'APRÈS-BARRAGES DANS LA VALLÉE DU SÉNÉGAL

*Modifications hydro-dynamiques et sédimentologiques
Conséquences sur le milieu et les aménagements hydro-agricoles*

RÉSULTATS DES TRAVAUX DU PROJET CAMPUS 1989-1992



Collection Etudes

Ministère de la Coopération et du Développement

PRESSES UNIVERSITAIRES DE PERPIGNAN

L'APRÈS-BARRAGES DANS LA VALLÉE DU SÉNÉGAL

Modifications hydrodynamiques et sédimentologiques :
conséquences sur le milieu et les aménagements hydro-agricoles

RÉSULTATS DES TRAVAUX DU PROJET C.A.M.P.U.S. 1989-1992

Programme de Coopération avec l'Afrique et Madagascar pour la Promotion
Universitaire et Scientifique

Coordinateur :	Pierre MICHEL	Université de Strasbourg (1)
Responsables d'opération :	Jean Paul BARUSSEAU	Université de Perpignan (2)
	Jean-François RICHARD	Centre ORSTOM de Dakar
	Mamadou M. SALL,	Université de DAKAR (3)
Participants:	Mariline BA,	Université de Dakar (4)
	Hervé CHEVILLOTTE	Centre ORSTOM de Dakar
	Cyr DESCAMPS	Université de Perpignan (2)
	Albert DIAGNE	Université de Dakar (3)
	Ndiacé DIOP	Université de Dakar (3)
	E.H. Salif DIOP	Université de Dakar (3)
	Bachir DIOUF	Université de Dakar (4)
	Joël HUMBERT	Université de Strasbourg (1)
	Alioune KANE	Université de Dakar (3)
	Michel MIETTON	Université de Strasbourg (1)
Jacques MONTEILLET	Université de Yaoundé	
Jean-Luc SAOS	Centre ORSTOM de Dakar	

(1) U.F.R. de Géographie - C.E.R.E.G.

(2) Laboratoire de Recherches en Sédimentologie Marine

(3) Département de Géographie

(4) Département de Géologie

Presses Universitaires de Perpignan

1993