

Analyse des risques de déficit hydrique au cours des différentes phases phénologiques du mil précoce au Niger. Conséquences agronomiques

M. ELDIN
ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier, France

Objet de l'étude

Originaire d'Afrique, croissant dans des zones arides jusqu'aux confins du désert, le mil (*Pennisetum typhoides*) est une graminée rustique adaptée aux régions sahéliennes. Céréale ancestrale de valeur énergétique élevée, le mil y constitue l'élément traditionnel le plus important, la base essentielle de l'autosuffisance alimentaire. Le mil représente 73 % de la production céréalière du Niger, où cette culture (pure ou en association avec le niébé) couvre 3,2 millions d'hectares, soit 53 % des superficies cultivées.

De 1971 à 1985, la superficie emblavée en mil a augmenté de 2,7 % et les rendements sont restés pratiquement stables (0,8 %), ce qui conduit à une augmentation de production de l'ordre de 2,9 % en 15 ans (Source MP/DAEP, 1986, et Ministère de l'Agriculture/Groupe Développement rural).

Le rendement du mil au Niger est extrêmement bas : moyenne interannuelle de l'ordre de 400 kg/ha, traduisant une pluviosité extrêmement aléatoire et des pratiques culturales très extensives.

La pression démographique est très forte : le taux de natalité du Niger (3 %) est l'un des plus élevés du monde ; la population — estimée actuellement à 6,3 millions d'habitants — a doublé au cours des 25 dernières années et atteindra 10 millions de personnes en l'an 2000. L'augmentation de production est obtenue non pas au moyen d'une élévation du rendement, mais par le biais de l'extension des surfaces mises en culture. Cette pratique entraîne des conséquences graves à long terme : protection insuffisante des sols, érosion, raccourcissement de la durée moyenne de la jachère, perte de fertilité des sols, diminution des surfaces recouvertes d'arbustes ou de parcours pour le bétail... Il semble donc qu'il faille s'orienter vers des recherches conduisant à l'augmentation et à la sécurisation des rendements de mil.

Il a déjà été montré [1] que les chances de réussite du mil au Niger (mil non photopériodique, semé après la pluie) sont d'autant plus grandes que le semis est plus précoce. Sivakumar met en évidence une corrélation entre la précocité de la saison des pluies et sa durée (période de culture) qui explique ce résultat.

Mais l'agriculteur n'est pas maître de la pluie et il sème dès que la pluie le permet, c'est-à-dire souvent trop tard pour que la culture puisse éviter un déficit hydrique de fin de cycle.

L'objet de cette communication est de montrer qu'il est possible d'augmenter et de sécuriser la production de mil au Niger de façon très significative par le choix de cultivars à longueurs de cycle différentes, suivant la précocité de la pluie qui permet le semis.

Exemple de la région de Niamey

Le cultivar le plus largement utilisé et conseillé par l'INRAN (Institut national de recherche agronomique du Niger) dans la région de Niamey est le cultivar HKP dont la durée de cycle est de 90 jours. Nous nous proposons de montrer que l'utilisation judicieuse de 3 cultivars ayant des durées de cycle de 70 jours, 90 jours et 110 jours au lieu du seul cultivar HKP, permettrait d'augmenter et de sécuriser la production de mil dans cette zone et dans toutes les zones à mil du Niger.

Méthode

Elle consiste à simuler sur un grand nombre d'années le développement d'un cultivar de mil de durée de cycle donné en fonction de la pluviosité de l'année, pour toutes les dates de semis possibles.

Le modèle utilisé repose sur les hypothèses suivantes :

1) Le semis est considéré comme possible à la fin de la *i*ème décennie de l'année si la pluie de cette décennie $P(i)$ et celle de la décennie précédente $P(i-1)$ répondent aux conditions suivantes :

$$P(i) > 20 \text{ mm ou } P(i) > 10 \text{ mm avec } P(i-1) + P(i) > 35 \text{ mm}$$

2) L'installation de la culture (la levée) est considérée comme réussie, pour un semis réalisé à la fin de la *i*ème décennie, si :

$$P(i+1) > 10 \text{ mm et } P(i+2) > 10 \text{ mm et } P(i+1) + P(i+2) > 30 \text{ mm}$$

Si la condition n'est pas remplie, il y a "échec initial" de la culture, mais, après avoir constaté cet échec, l'agriculteur a la possibilité de réaliser un nouveau semis si les précipitations le lui permettent.

3) Si l'installation de la culture se fait bien, on considérera que la récolte sera correcte et la culture réussie pour la date de semis considérée si les plants de mil ne subissent pas un déficit hydrique "terminal" au cours de la période de grande sensibilité au manque d'eau qui s'étend sur 30 jours, du 40^e au 10^e jour avant la récolte pour des cultivars de durée de cycle < 90 jours et sur 40 jours, du 50^e au 10^e jour avant la récolte pour des cultivars de durée de cycle > 90 jours.

On considère que le cultivar passera sans trop de dégât cette période critique de 30 ou 40 jours, si l'on n'observe pas au cours de celle-ci 2 décades consécutives présentant une pluviométrie < 20 mm et si la pluviométrie totale de la période est > 75 mm pour une période de 30 jours ou > 100 mm pour une période de 40 jours. On souhaite donc que la culture puisse disposer en moyenne d'au moins 2,5 mm d'eau par jour et ne subisse pas de période sans pluie de plus de 10 jours.

Si ces conditions ne sont pas remplies, on notera que, pour la date de semis correspondante, la culture a échoué du fait d'un déficit terminal.

Si, au cours d'une année, aucun semis n'est possible ou si aucun semis n'a permis une installation correcte de la culture, l'année est notée comme inapte à la culture de mil.

Il y a donc trois causes possibles d'échec de la culture :

- semis impossible ;
- échec initial (installation défectueuse) ;
- échec terminal (déficit hydrique postfloral, de fin de cycle).

4) Ces hypothèses — même si elles essaient de coller le plus possible à la pratique paysanne de culture du mil au Niger — ont forcément un caractère un peu arbitraire. Les probabilités de succès ou d'échec calculées sur la base de ces hypothèses n'ont donc aucune prétention de précision en elles-mêmes. Il faut les considérer comme des "indices" de succès ou d'échec ayant une valeur relative et dont le grand intérêt est de permettre la comparaison des différentes simulations réalisées sur le choix des cultivars et des dates de semis.

Résultats de la simulation pour la région de Niamey

Ils sont présentés dans le tableau I, pour 5 longueurs de cycle possible : 70, 80, 90, 100 et 110 jours, et pour 6 dates de semis possibles : de la fin de la 14^e décennie (21 mai) à la fin de la 19^e décennie (11 juillet).

Les abréviations utilisées ont le sens suivant :

- NASI = Nombre d'années où le semis a été impossible
- NASP = Nombre d'années où le semis a été possible

- PET = Pourcentage d'échec total, c'est-à-dire pour l'ensemble des dates de semis considérées
 NSEM = Nombre de semis, pour la date considérée
 NEI = Nombre d'échecs initiaux, pour la date considérée
 NET = Nombre d'échecs terminaux, pour la date considérée
 NS = Nombre de cas de succès du cultivar étudié, pour la date considérée

Pour une date de semis donnée, on a :

$$NS = NSEM - NEI - NET$$

On peut noter les résultats suivants :

- 1) Le pourcentage d'échec total (PET) augmente de 15 à 51 % quand on passe d'un cultivar de 70 jours à un cultivar de 110 jours.
- 2) Le pourcentage de réussite de la culture (NS %) est le même pour les cultivars de 90, 100 et 110 jours pour des dates de semis précoces (fin de la 14^e décade). Ce résultat est important : il signifie que si les pluies de l'année permettent un semis précoce (courant mai), on ne prend aucun risque supplémentaire à utiliser un cultivar de 110 jours à la place du cultivar de 90 jours. Par contre, on peut attendre de ce choix une substantielle augmentation de rendement (durée de cycle augmentée de plus de 20 %).
- 3) Pour des dates de semis tardives (fin de la 18^e et de la 19^e décade), le pourcentage de succès (NS %) augmente très sensiblement si l'on utilise des cultivars à cycles plus courts :

	Cult. de 70 j.	Cult. de 80 j.	Cult. de 90 j.
Semis effectué fin 18 ^e décade	NS % = 93 %	NS % = 87 %	NS % = 80 %
Semis effectué fin 19 ^e décade	NS % = 100 %	NS % = 71 %	NS % = 29 %

Ainsi, pour un semis effectué début juillet (fin de la 19^e décade), on augmentera de 29 à 100 % les chances de succès de la culture, en choisissant un cultivar de 70 jours plutôt que le cultivar traditionnel de 90 jours.

4) Le cultivar de 90 jours est parfaitement adapté à des dates de semis allant de la fin de la 15^e décade (fin mai) à la fin de la 17^e décade (21 juin).

5) Compte tenu des résultats précédents, on peut faire, pour la région de Niamey, les recommandations suivantes :

– Semis possibles avant le 21 mai :

Choisir un cultivar de 110 jours pour une probabilité de réussite espérée voisine de 100 %.

– Semis possibles entre le 21 mai et le 21 juin :

Choisir un cultivar de 90 jours pour une probabilité de réussite supérieure à 78 %.

– Semis possibles entre le 21 juin et le 21 juillet :

Choisir un cultivar de 70 jours pour une probabilité de réussite supérieure à 93 %.

Ne pas semer avant le 11 mai ou après le 11 juillet. Les risques de faux départs ou d'échec terminal sont trop importants. La simulation montre en effet que les pourcentages de réussite pour ces dates-là sont extrêmement faibles (< 20 %).

6) On a évalué les chances de réussite des deux stratégies possibles suivantes : Utilisation d'un seul cultivar de 90 jours ou utilisation de trois cultivars de 70, 90 et

110 jours en suivant les recommandations énoncées ci-dessus. Pour cela, on a calculé un taux de réussite (TR %) de la stratégie considérée en effectuant une moyenne pondérée des NS % de toutes les dates de semis possibles, en pondérant les NS % de chaque date de semis par le NSEM correspondant.

– Stratégie "1 seul cultivar de 90 jours"

$$TR \% = \frac{6 \times 100 + 9 \times 78 + 15 \times 93 + 19 \times 79 + 15 \times 80 + 7 \times 29}{71} = 79 \%$$

– Stratégie "3 cultivars"

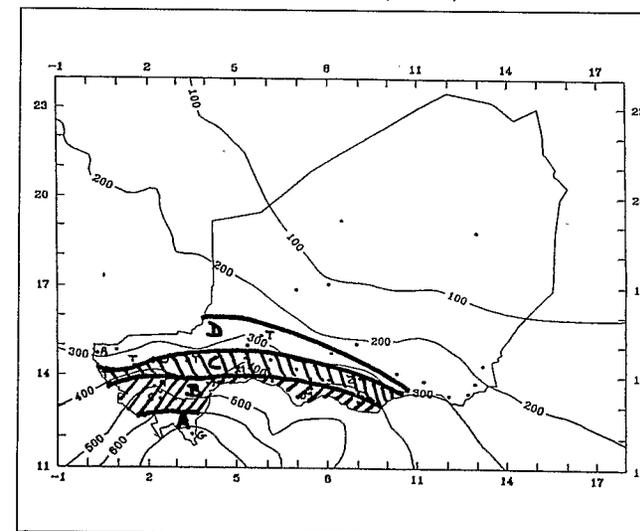
$$TR \% = \frac{6 \times 100 + 9 \times 78 + 15 \times 93 + 19 \times 79 + 15 \times 93 + 7 \times 100}{71} = 89 \%$$

La stratégie "trois cultivars" permet d'augmenter de 10 % le taux de réussite de la culture de mil, tout en obtenant une appréciable augmentation du rendement moyen interannuel.

Extension de la méthode à l'ensemble des zones à mil du Niger

La méthode décrite ci-dessus a été appliquée aux différentes stations du Niger situées dans la zone de production du mil et qui disposaient de données pluviométriques sur un grand nombre d'années (> 30 ans) : Gaya, Niamey, Say, Maradi, Tillabery, Tera, Ouallam, Zinder, Tahoua, Toukounis, Ayorou (cf. tableaux I à VI).

Les résultats obtenus permettent de proposer des recommandations pour la culture du mil au Niger adaptées aux 4 zones qu'il a été possible d'identifier (carte 1).



Carte 1. Zone de culture du mil au Niger.

Zone A : zone de Gaya

On peut sans problème semer un mil à cycle long (100-110 j) de début mai à début juillet. En fait, on se trouve dans une zone bien arrosée, où l'on peut préférer la culture du sorgho à celle du mil.

Zone B : zone de Niamey et Say, et zone de Maradi

Les résultats et recommandations ont été exposés au paragraphe "Résultats de la simulation pour la région de Niamey".

Zone C : zone de Tera et Ouallam et zone de Zinder

On peut semer le mil de fin mai à début juillet. Pour des semis réalisés avant début juin, on peut choisir un mil à cycle long (100-110 j). Pour des semis réalisés entre le 1^{er} et le 20 juin, on choisira un mil de 90 jours. Après cette date, il convient d'utiliser un mil à cycle court (70-80 jours).

Zone D : zone de Tillabery et Ayorou et zone de Tahoua, Toukounis

On est à la limite de la zone où l'on peut encore cultiver le mil. Seuls les semis réalisés en juin et début juillet ont quelques chances de succès.

On choisira un mil de 90 jours pour les semis réalisés avant le 20 juin et un mil de 70 jours pour les semis réalisés fin juin ou début juillet.

Le respect de ces recommandations devrait se traduire par un gain de rendement et surtout par une sécurisation importante de la production de mil au Niger, face aux aléas de la pluviométrie.

Tableau I. Zone A.

Niger/Niamey – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 74			NASI = 3		NASP = 71		PET = 15 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	6	0	0	0	0	6	100	0
15	9	2	22	0	0	7	78	22
16	15	1	7	1	7	13	87	13
17	19	4	21	2	11	13	68	32
18	15	1	7	0	0	14	93	7
19	7	0	0	0	0	7	100	0

Niger/Niamey – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 74			NASI = 3		NASP = 71		PET = 16 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	6	0	0	0	0	6	100	0
15	9	2	22	0	0	7	78	22
16	15	1	7	0	0	14	93	7
17	19	4	21	1	5	14	74	26
18	15	1	7	1	7	13	87	13
19	7	0	0	2	29	5	71	29

Tableau I. Zone A (suite).

Niger/Niamey – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 74			NASI = 3		NASP = 71		PET = 20 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	6	0	0	0	0	6	100	0
15	9	2	22	0	0	7	78	22
16	15	1	7	0	0	14	93	7
17	19	4	21	0	0	15	79	21
18	15	1	7	2	13	12	80	20
19	7	0	0	5	71	2	29	71

Niger/Niamey – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 74			NASI = 3		NASP = 71		PET = 36 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	6	0	0	0	0	6	100	0
15	9	2	22	0	0	7	78	22
16	15	1	7	2	13	12	80	20
17	19	4	21	4	21	11	58	42
18	15	1	7	7	47	7	47	53
19	7	0	0	6	86	1	14	86

Niger/Niamey – Calage d'un mil de 110 jours								
Nombre d'années utilisées : 74			NASI = 3		NASP = 71		PET = 51 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	6	0	0	0	0	6	100	0
15	9	2	22	1	11	6	67	33
16	15	1	7	4	27	10	67	33
17	19	4	21	8	42	7	37	63
18	15	1	7	10	67	4	27	73
19	7	0	0	7	100	0	0	100

Tableau II. Zone B.

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 13 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	0	0	0	0	2	100	0
15	5	0	0	1	20	4	80	20
16	7	0	0	0	0	7	100	0

Tableau II. Zone B (suite).

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 13 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
17	3	0	0	0	0	3	100	0
18	10	0	0	0	0	10	100	0
19	9	2	22	0	0	7	78	22
20	8	1	13	1	13	6	75	25
21	3	0	0	1	33	2	67	33

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 21 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	0	0	0	0	2	100	0
15	5	0	0	0	0	5	100	0
16	7	0	0	0	0	7	100	0
17	3	0	0	0	0	3	100	0
18	10	0	0	1	10	9	90	10
19	9	2	22	1	11	6	67	33
20	8	1	13	2	25	5	63	38
21	3	0	0	3	100	0	0	100

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 34 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	0	0	0	0	2	100	0
15	5	0	0	0	0	5	100	0
16	7	0	0	0	0	7	100	0
17	3	0	0	0	0	3	100	0
18	10	0	0	2	20	8	80	20
19	9	2	22	2	22	5	56	44
20	8	1	13	6	75	1	13	88
21	3	0	0	3	100	0	0	100

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 51 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	0	0	0	0	2	100	0
15	5	0	0	0	0	5	100	0

Tableau II. Zone B (suite).

Niger/Maradi – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 47			NASI = 0		NASP = 47		PET = 51 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	0	0	7	100	0
17	3	0	0	1	33	2	67	33
18	10	0	0	5	50	5	50	50
19	9	2	22	5	56	2	22	78
20	8	1	13	7	88	0	0	100
21	3	0	0	3	100	0	0	100

Tableau III. Zone C.

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 33			NASI = 3		NASP = 30		PET = 39 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	1	50	0	0	1	50	50
15	5	1	20	0	0	4	80	20
16	3	2	67	1	33	0	0	100
17	8	4	50	0	0	4	50	50
18	4	2	50	0	0	2	50	50
19	8	2	25	0	0	6	75	25

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 33			NASI = 3		NASP = 30		PET = 39 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	1	50	0	0	1	50	50
15	5	1	20	0	0	4	80	20
16	3	2	67	0	0	1	33	67
17	8	4	50	0	0	4	50	50
18	4	2	50	0	0	2	50	50
19	8	2	25	1	13	5	63	38

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 33			NASI = 3		NASP = 30		PET = 55 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	1	50	0	0	1	50	50
15	5	1	20	0	0	4	80	20
16	3	2	67	0	0	1	33	67

Tableau III. Zone C (suite).

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 33			NASI = 3		NASP = 30		PET = 55 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
17	8	4	50	0	0	4	50	50
18	4	2	50	2	50	0	0	100
19	8	2	25	4	50	2	25	75

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 32			NASI = 3		NASP = 29		PET = 59 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	1	50	0	0	1	50	50
15	5	1	20	0	0	4	80	20
16	2	1	50	0	0	1	50	50
17	8	4	50	1	13	3	38	63
18	4	2	50	2	50	0	0	100
19	8	2	25	5	63	1	13	88

Niger/Ouallam – Calage d'un mil de 110 jours								
Nombre d'années utilisées : 32			NASI = 3		NASP = 29		PET = 66 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	1	50	0	0	1	50	50
15	5	1	20	0	0	4	80	20
16	2	1	50	0	0	1	50	50
17	8	4	50	2	25	2	25	75
18	4	2	50	2	50	0	0	100
19	8	2	25	6	75	0	0	100

Tableau IV. Zone C.

Niger/Zinder – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 72			NASI = 8		NASP = 64		PET = 29 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	2	100	0	0	0	0	100
15	8	3	38	1	13	4	50	50
16	4	1	25	0	0	3	75	25
17	10	4	40	0	0	6	60	40
18	15	4	27	0	0	11	73	27
19	25	3	12	3	12	19	76	24

Tableau IV. Zone C (suite).

Niger/Zinder – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 72			NASI = 8		NASP = 64		PET = 35 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	2	100	0	0	0	0	100
15	8	3	38	1	13	4	50	50
16	4	1	25	0	0	3	75	25
17	10	4	40	1	10	5	50	50
18	15	4	27	2	13	9	60	40
19	25	3	12	4	16	18	72	28

Niger/Zinder – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 72			NASI = 8		NASP = 64		PET = 54 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	2	100	0	0	0	0	100
15	8	3	38	0	0	5	63	38
16	4	1	25	0	0	3	75	25
17	10	4	40	1	10	5	50	50
18	15	4	27	4	27	7	47	53
19	25	3	12	17	68	5	20	80

Niger/Zinder – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 71			NASI = 8		NASP = 63		PET = 63 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	2	100	0	0	0	0	100
15	8	3	38	0	0	5	63	38
16	4	1	25	0	0	3	75	25
17	10	4	40	3	30	3	30	70
18	15	4	27	6	40	5	33	67
19	24	3	13	19	79	2	8	92

Niger/Zinder – Calage d'un mil de 110 jours								
Nombre d'années utilisées : 71			NASI = 8		NASP = 63		PET = 73 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
14	2	2	100	0	0	0	0	100
15	8	3	38	0	0	5	63	38
16	4	1	25	1	25	2	50	50
17	10	4	40	3	30	3	30	70
18	15	4	27	10	67	1	7	93
19	24	3	13	21	88	0	0	100

Tableau V. Zone D.

Niger/Tahoua – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 56			NASI = 1		NASP = 55		PET = 34 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
15	2	0	0	1	50	1	50	50
16	6	1	17	1	17	4	67	33
17	6	2	33	1	17	3	50	50
18	14	2	14	0	0	12	86	14
19	14	3	21	3	21	8	57	43
20	13	2	15	3	23	8	62	38

Niger/Tahoua – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 56			NASI = 1		NASP = 55		PET = 43 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
15	2	0	0	0	0	2	100	0
16	6	1	17	1	17	4	67	33
17	6	2	33	1	17	3	50	50
18	14	2	14	0	0	12	86	14
19	14	3	21	5	36	6	43	57
20	13	2	15	7	54	4	31	69

Niger/Tahoua – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 56			NASI = 1		NASP = 55		PET = 64 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
15	2	0	0	1	50	1	50	50
16	6	1	17	2	33	3	50	50
17	6	2	33	2	33	2	33	67
18	14	2	14	2	14	10	71	29
19	14	3	21	8	57	3	21	79
20	13	2	15	11	85	0	0	100

Niger/Tahoua – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 56			NASI = 1		NASP = 55		PET = 80 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
15	2	0	0	1	50	1	50	50
16	6	1	17	2	33	3	50	50
17	6	2	33	3	50	1	17	83
18	14	2	14	7	50	5	36	64
19	14	3	21	11	79	0	0	100
20	13	2	15	11	85	0	0	100

Tableau V. Zone D (suite).

Niger/Tahoua – Calage d'un mil de 110 jours								
Nombre d'années utilisées : 56			NASI = 1		NASP = 55		PET = 88 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
15	2	0	0	1	50	1	50	50
16	6	1	17	2	33	3	50	50
17	6	2	33	4	67	0	0	100
18	14	2	14	10	71	2	14	86
19	14	3	21	11	79	0	0	100
20	13	2	15	11	85	0	0	100

Tableau VI. Zone D.

Niger/Tillabery – Calage d'un mil de 70 jours								
Nombre d'années utilisées : 57			NASI = 1		NASP = 56		PET = 21 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	1	14	6	86	14
17	10	1	10	0	0	9	90	10
18	14	2	14	0	0	12	86	14
19	14	3	21	3	21	8	57	43
20	11	0	0	2	18	9	82	18

Niger/Tillabery – Calage d'un mil de 80 jours								
Nombre d'années utilisées : 57			NASI = 1		NASP = 56		PET = 35 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	0	0	7	100	0
17	10	1	10	0	0	9	90	10
18	14	2	14	1	7	11	79	21
19	14	3	21	5	36	6	43	57
20	11	0	0	8	73	3	27	73

Niger/Tillabery – Calage d'un mil de 90 jours								
Nombre d'années utilisées : 57			NASI = 1		NASP = 56		PET = 44 %	
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	0	0	7	100	0
17	10	1	10	1	10	8	80	20
18	14	2	14	1	7	11	79	21
19	14	3	21	7	50	4	29	71
20	11	0	0	10	91	1	9	91

Tableau VI. Zone D (suite).

Niger/Tillabery – Calage d'un mil de 100 jours								
Nombre d'années utilisées : 57				NASI = 1		NASP = 56		PET = 65 %
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	1	14	6	86	14
17	10	1	10	2	20	7	70	30
18	14	2	14	8	57	4	29	71
19	14	3	21	9	64	2	14	86
20	11	0	0	11	100	0	0	100

Niger/Tillabery – Calage d'un mil de 110 jours								
Nombre d'années utilisées : 57				NASI = 1		NASP = 56		PET = 79 %
Décade	NSEM	NEI	NEI %	NET	NET %	NS	NS %	Echec %
16	7	0	0	2	29	5	71	29
17	10	1	10	5	50	4	40	60
18	14	2	14	11	79	1	7	93
19	14	3	21	10	71	1	7	93
20	11	0	0	11	100	0	0	100

Référence

1. Sivakumar M.V.K. (1988). Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agr. Forest Meteorology*. 42 : 295-305.

British Library Cataloguing in Publication Data

A catalogue record for this book is available from British Library.

ISBN 27420-0022-4

Editions John Libbey Eurotext
6 rue Blanche, 92120 Montrouge,
France
Tél. : (1) 47 35 85 52

John Libbey & Company Ltd
13 Smith Yard Summerley Street
London SW18 4HR, England
Tél. : (01) 947.27.77

John Libbey CIC
Via L. Spallanzani, 11,
00161 Rome, Italy
Tél. : (06) 862.289

© John Libbey Eurotext, 1994, Paris

Il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage - loi du 11 mars 1957 - sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français du Copyright, 6 bis, rue Gabriel-Laumain, 75010 Paris.

BILAN HYDRIQUE AGRICOLE ET SÉCHERESSE EN AFRIQUE TROPICALE

Vers une gestion des flux hydriques
par le système de cultures

Séminaire international,
Bamako, 9-13 décembre 1991

Coordination
François-Noël Reyniers
Laomaïbao Netoyo

29 AVRIL 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 39 443 ex. 1
Date : B