

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Band: 45 (1970)

Artikel: L'azote dans quelques forêts, savanes et terrains de culture d'Afrique tropicale humide (Côte-d'Ivoire)

Kapitel: Résultats des expériences

Autor: Rham, Patrick de

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308346>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IV. Résultats des expériences

A. Généralités

Nous avons préféré présenter les résultats dans le cadre de chaque station, étant donné les types de végétation et de sol si différents que nous avons rencontrés. Il est ainsi plus aisé de se rendre compte de l'influence du pH et de la teneur en eau sur la minéralisation de l'azote dans le sol de chaque groupement végétal examiné. Les comparaisons que l'on peut faire entre ces derniers, et qui sont de portée plus générale, sont faites dans la discussion.

1. Forme donnée à la représentation graphique des résultats

Pour chaque station, nous avons indiqué les figures qui correspondent aux résultats obtenus dans les différentes parcelles. Dans deux stations (4 et 5), les résultats n'ont pas toujours justifié une représentation graphique pour chaque parcelle, mais nous avons pris garde à ce que les correspondances restent faciles à établir.

Aux données concernant les trois facteurs mesurés par nous (pH, eau, azote minéral), il nous a paru utile d'ajouter la pluviométrie relevée dans le poste météorologique le plus proche de chaque station.

Nous rappelons que les mesures ont eu lieu toutes les six semaines et que, par conséquent, les accumulations d'azote minéral sont calculées en soustrayant la quantité initiale d'azote minéral du sol frais de celle mesurée après six semaines d'incubation. Ces valeurs sont portées à la date du prélèvement et équivalent à la production d'azote minéral assimilable par les plantes supérieures dans le sol considéré et pour une période de six semaines. Ces valeurs sont exprimées en mg d'azote sous forme de NH_3 ou de NO_3 pour 100 g de sol sec.

B. Résultats

1. Station 1: forêt dense sempervirente sur sable

(fig. 1, 2, 3) (pages 58, 59, 60)

a) Teneur en eau

Ces sols très sablonneux ont un pouvoir relativement faible de rétention d'eau. Dans la parcelle Fs3, la teneur en eau reflète bien la pluviosité. Les deux saisons sèches et les deux saisons des pluies sont bien marquées. En Fs2 (pente), l'humidité maximale est atteinte lors de la grande saison des pluies. En Fs1, par contre, on a trouvé la teneur en eau maximale lors de la petite saison des pluies,

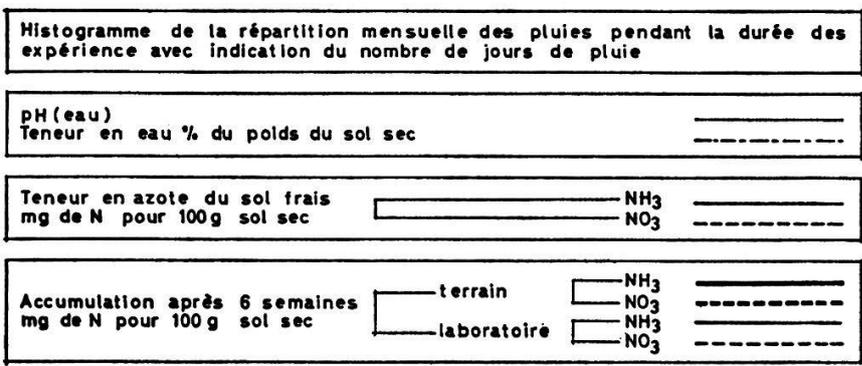
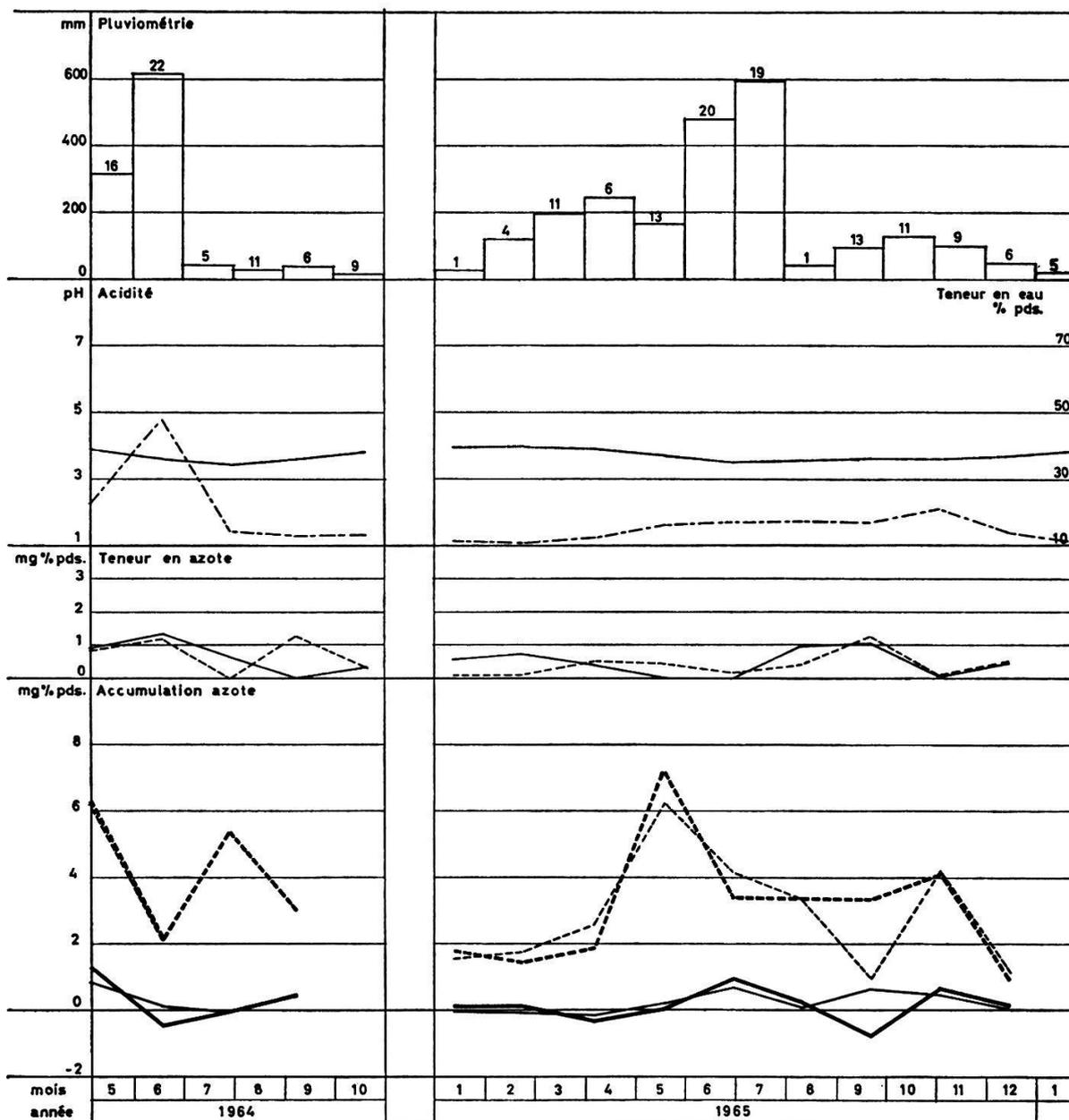


Fig. 1 Station 1, parcelle Fs 1: forêt dense humide sempervirente sur sable

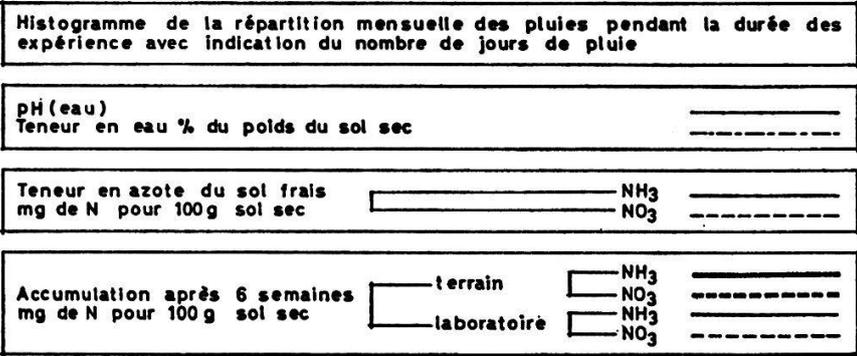
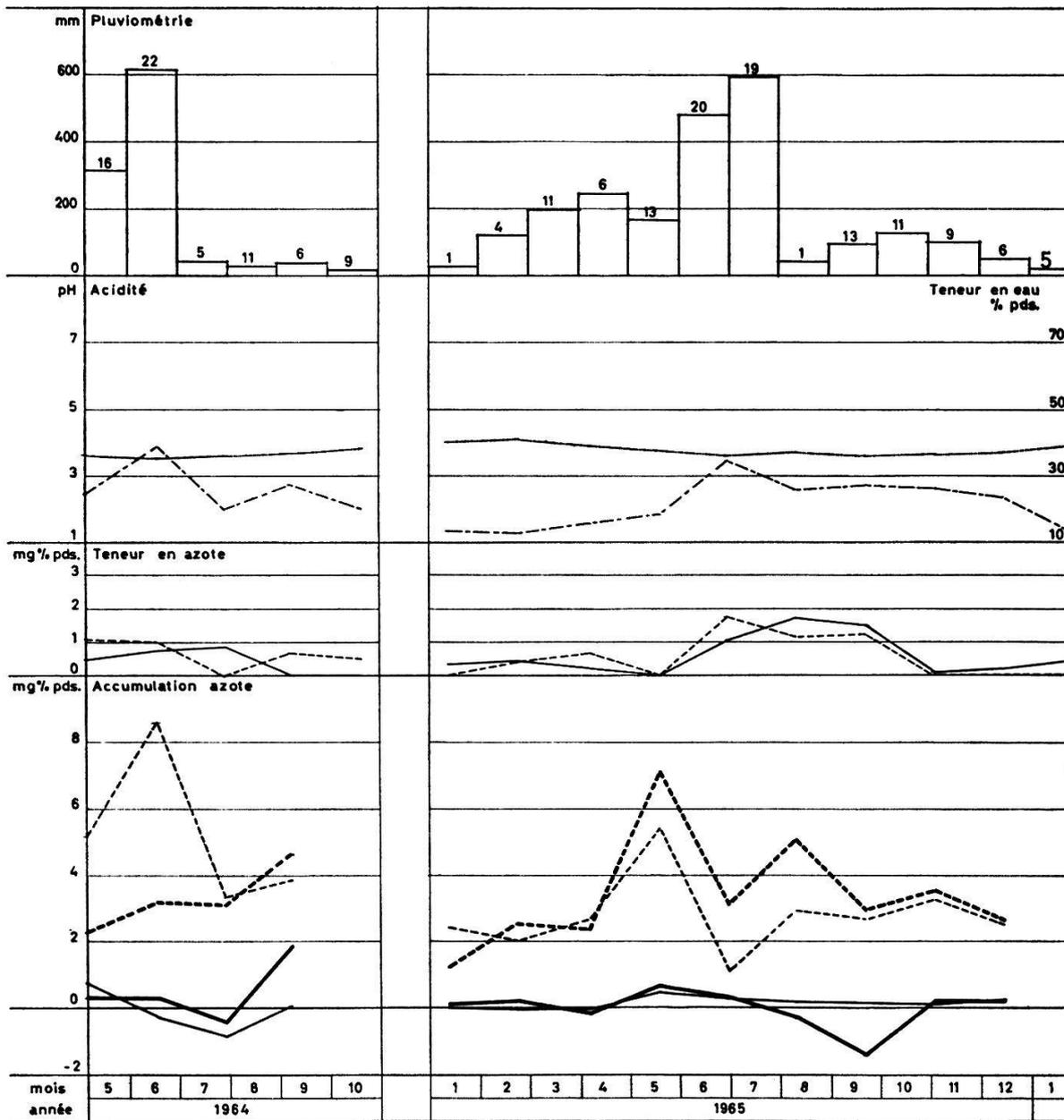


Fig. 2 Station 1, parcelle Fs2: forêt dense humide sempervirente sur sable

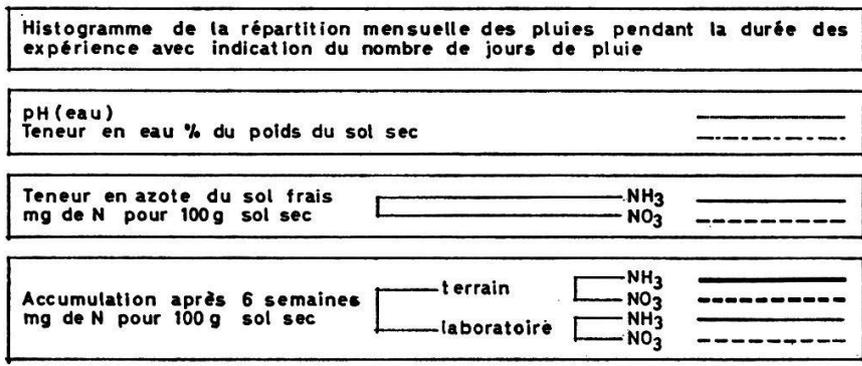
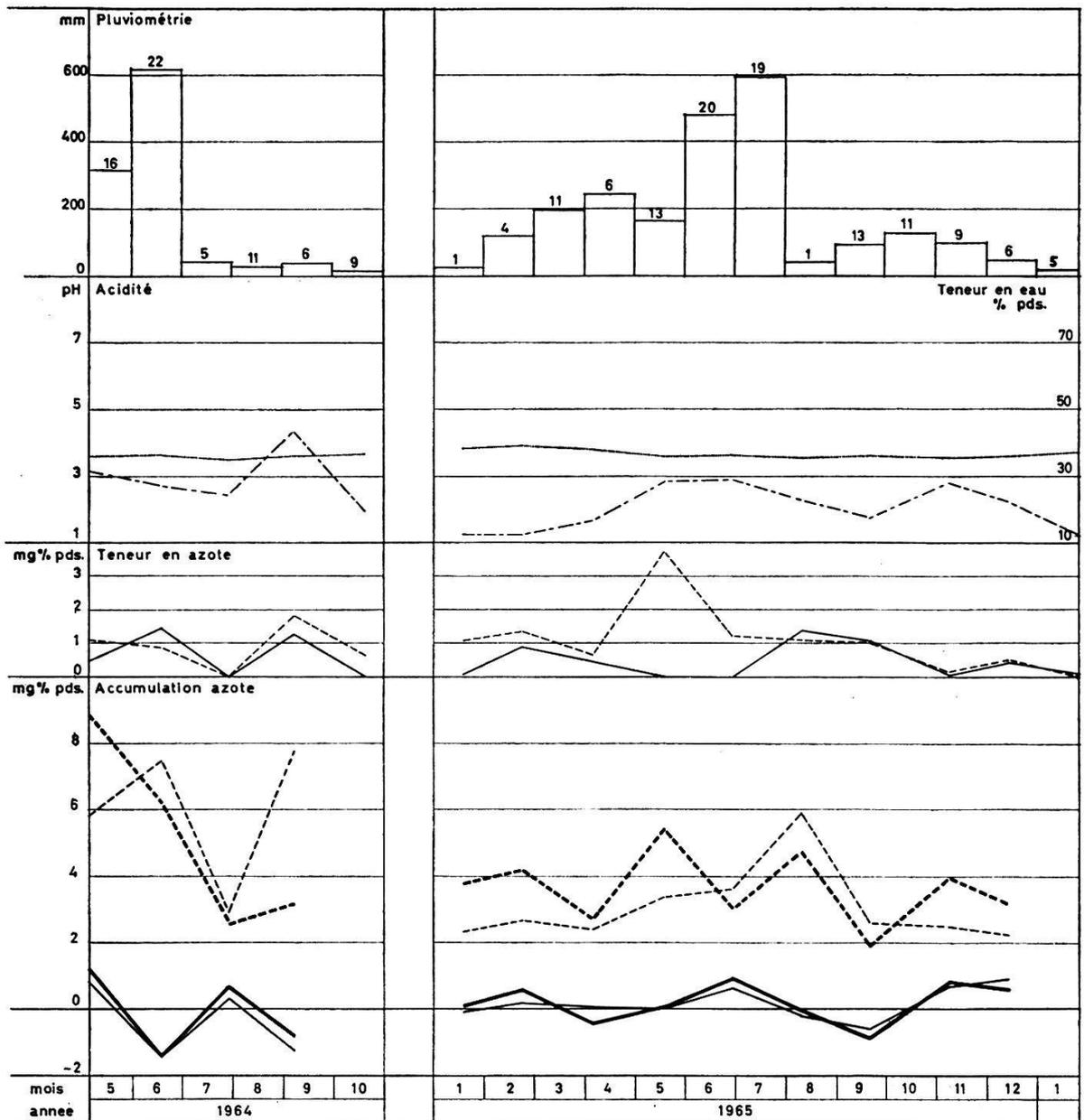


Fig. 3 Station 1, parcelle Fs3: forêt dense humide sempervirente sur sable

mais il convient de ne pas attribuer trop d'importance à ces valeurs qui dépendent pour une part des pluies ayant immédiatement précédé les prélèvements de sol. Ceci, bien qu'en 1965 nous ayions pris soin, autant que possible, de ne pas faire de prélèvements le jour-même d'une pluie importante. Les maxima ne dépassent pas 29% pour la station Fs3 et 34,5% pour Fs2 en juin 1965. Les minima en janvier-février descendent jusque vers 10%. Fs1 est toujours le plus sec des trois sols examinés, ce qui est normal vu sa situation au sommet d'une butte.

b) pH

C'est dans ces trois parcelles que l'on a trouvé les pH les plus bas avec presque toujours des valeurs inférieures à 4. Ces valeurs sont un peu plus basses que celles données par la plupart des autres chercheurs ayant mesuré le pH de sols forestiers sur sables tertiaires. Ceci tient probablement en partie à la méthode employée, d'autre part il s'agit du pH de l'horizon superficiel du sol (0 à 5 cm). L'acidité paraît augmenter légèrement au cours de la saison des pluies, puis diminuer à la saison sèche, mais ces variations sont très faibles.

c) Azote minéral

Les échantillons frais contiennent presque toujours une certaine quantité d'azote minéral (0 à 3,73 mg). Mais souvent ces quantités sont très faibles, ceci surtout en Fs1 et Fs2. Il est difficile d'établir une corrélation entre la teneur en eau ou l'époque de l'année et les teneurs en azote minéral dans les échantillons frais.

Dans les échantillons restés six semaines sur le terrain, une accumulation d'azote minéral a toujours eu lieu. C'est dans la parcelle Fs3 que la moyenne des accumulations est la plus élevée, Fs1 étant la parcelle la moins productive, mais les différences ne sont pas très grandes. Malgré la grande acidité du sol, c'est avant tout sous forme de nitrate qu'a lieu cette accumulation. Les valeurs de l'ammoniaque, assez variables, sont toujours relativement faibles et souvent nulles ou négatives. La courbe représentative des accumulations d'azote minéral, au cours de l'année 1965, est très semblable pour les parcelles Fs1 et Fs2. C'est très nettement au début de la saison des pluies que l'on trouve les plus fortes accumulations, ceci aussi bien en 1964 qu'en 1965 pour la parcelle Fs2. On remarquera le petit maximum en novembre-décembre pour Fs2. Dans ces deux parcelles, les valeurs minimales correspondent à une faible teneur en eau du sol.

Les résultats de ces deux parcelles semblent indiquer l'existence d'un cycle annuel. Par contre, en Fs3 la représentation graphique des accumulations ne permet guère d'entrevoir un cycle saisonnier. On notera seulement qu'en 1964 comme en 1965 c'est au début de la saison des pluies que les accumulations les plus fortes ont été mesurées.

La correspondance entre l'accumulation d'azote minéral dans les échantillons gardés en chambre et celle de ceux laissés sur le terrain est en général

bonne. Dans les trois cas, la moyenne des accumulations en chambre humide est un peu inférieure à celle calculée pour les échantillons laissés sur le terrain. Ceci doit être attribué à la température en moyenne un peu plus basse de la chambre humide par rapport à l'extérieur.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

A deux reprises, le 5 avril 1965 et le 2 novembre 1965, la teneur en azote minéral du sol, entre 20 et 30 cm de profondeur, a été mesurée. Des échantillons prélevés à ce niveau ont ensuite été gardés six semaines en chambre humide. Les teneurs initiales et les accumulations mesurées après six semaines sont données dans le tableau suivant:

Parcelle		5 avril 1965	2 novembre 1965
Fs1	NH ₃ sol frais	0,51	0,26
	NH ₃ 6 semaines accumulation	—0,34	0,04
	NO ₃ sol frais	0,00	0,04
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,85	0,77
Fs2	NH ₃ sol frais	0,39	0,44
	NH ₃ 6 semaines accumulation	—0,12	0,02
	NO ₃ sol frais	0,08	0,41
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,97	0,98
Fs3	NH ₃ sol frais	0,47	0,37
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,21	0,14
	NO ₃ sol frais	0,27	0,32
	NO ₃ 6 semaines accumulation	1,21	0,95

Azote minéral en profondeur (—20 à —30 cm) exprimé en mg de N pour 100 g de sol sec

On voit que les teneurs et les accumulations d'azote minéral entre 20 et 30 cm de profondeur, sans être négligeables, sont cependant modestes. La minéralisation de l'azote se fait donc avant tout au-dessus de ce niveau.

e) Estimation de la production d'azote minéral pour une année et par hectare

Les valeurs trouvées en 1965 nous permettent de calculer la production d'azote minéral pour une année et par hectare dans chaque parcelle:

Fs1	Fs2	Fs3	Moyenne
142,2	139,3	124,6	135,3

Si l'on exclu les zones mal drainées, on peut considérer que ces parcelles sont bien représentatives de ce type de forêt. Ce qui permet d'évaluer, pour une année et par hectare, la production d'azote minéral à environ 135 kg.

Il ne s'agit, bien entendu, que d'un ordre de grandeur. Ce chiffre est probablement un peu faible, puisqu'il ne tient compte que de la production d'azote

minéral des cinq premiers centimètres du sol. Certes, la plus grande partie de la production d'azote minéral se produit dans la couche superficielle du sol. Nous avons partiellement démontré ce fait. Mais nous avons de bonnes raisons de croire qu'elle peut être encore assez importante vers 10 cm de profondeur. Ceci particulièrement dans le cas du sol de la parcelle Fs3 (les échantillons pris sur 10 cm de profondeur ont accumulé autant d'azote minéral que les échantillons pris sur 5 cm seulement). Ceci permettrait également d'expliquer les faibles différences constatées dans la production annuelle des trois parcelles. La parcelle Fs3 devant avoir une production nettement supérieure à la parcelle Fs1, par exemple.

2. Station 2: forêt dense sempervirente sur argile

(fig. 4, 5, 6) (pages 64, 65, 66)

a) Teneur en eau

On constate que tout au long de l'année, la teneur en eau de ces sols reste assez élevée. Dans les parcelles Fa1 et Fa2, les variations de la teneur en eau du sol reflètent bien les variations de la pluviosité. Les deux saisons sèches et les deux saisons des pluies sont bien marquées en 1965 avec une humidité maximale mesurée le 29 juin 1965 et le 2 novembre 1965. Les minimums sont atteints en janvier-février. Il est intéressant de noter que si l'effet de la petite saison sèche est nettement visible en Fa1 et Fa2, ce n'est pas le cas en Fa3. D'autre part, les teneurs en eau du sol sont toujours inférieures en Fa3 par rapport aux deux autres parcelles. Cela doit être dû à la faible teneur en matière organique et à la nature plus sableuse et moins structurée de ce sol.

b) pH

Les valeurs du pH sont toujours très basses, elles se cantonnent autour de 4. Le pH baisse un peu au cours de la saison des pluies pour remonter légèrement en saison sèche, mais ces variations sont faibles.

c) Azote minéral

Les échantillons frais contiennent toujours une certaine quantité d'azote minéral. C'est à la fin de la saison sèche et au début de la saison des pluies (mai-juin) que les teneurs maximales d'azote nitrique sont observées, alors que les teneurs maxima d'azote ammoniacal furent trouvées pendant la grande saison des pluies et correspondent à une forte teneur en eau du sol. Dans les trois parcelles, les minimales d'ammoniaque correspondent à des minima de nitrate. Les minima de nitrate ont été trouvés en saison sèche, à l'exception du 28 juillet 1964 où l'on enregistre une valeur nulle dans les parcelles Fa1 et Fa2, qui s'explique

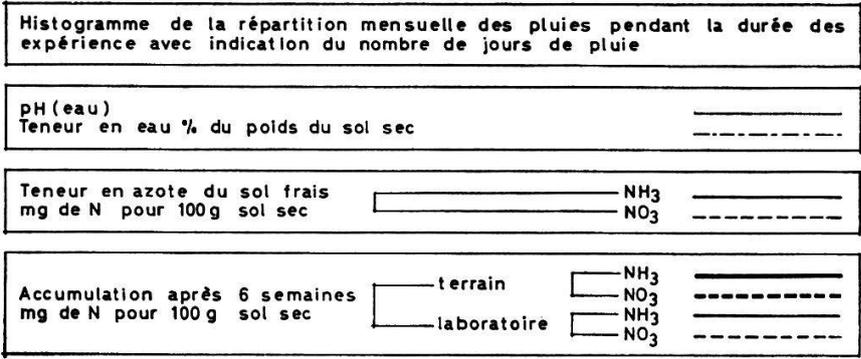
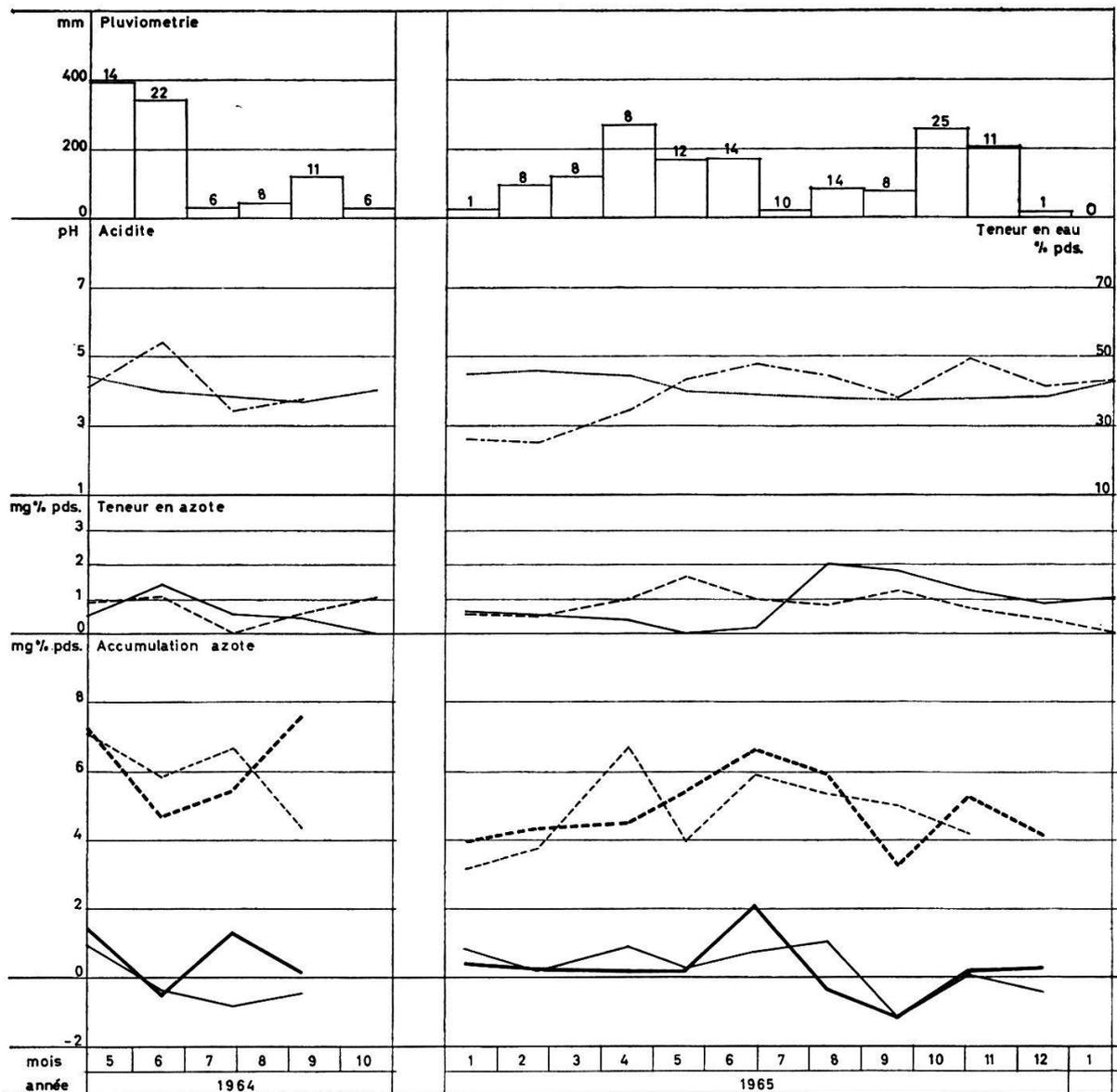


Fig. 4 Station 2, parcelle Fa 1: forêt dense humide sempervirente sur argile

par le lessivage dû aux pluies particulièrement fortes ayant juste précédé la prise des échantillons.

Dans les échantillons restés six semaines sur le terrain, l'accumulation d'azote minéral a toujours été assez importante, particulièrement en Fa2 et Fa1, Fa3 ayant une production nettement plus faible. Il est remarquable que, malgré la grande acidité de ces sols, ce soit toujours avant tout sous forme de nitrate que cette accumulation a lieu. Les valeurs de l'ammoniacal sont en effet ici aussi très variables et toujours relativement faibles (par rapport à l'azote nitrique), souvent nulles ou négatives. Les maxima d'accumulation d'azote ammoniacal se sont produites au moment de la plus grande pluviosité et d'une teneur en eau du sol particulièrement élevée. C'est également le moment de l'année où l'accumulation de l'azote nitrique a été la plus forte en 1965, en Fa2 et Fa1. En 1965 toujours, l'accumulation maximale en Fa3 a eu lieu en novembre-décembre, soit au début de la saison sèche. Les résultats de 1964 sont trop peu nombreux pour permettre de tirer des conclusions. On remarque simplement que là aussi les accumulations fortes de nitrate correspondent à une teneur en eau du sol élevée.

La représentation graphique des accumulations d'azote minéral montre, semble-t-il, un cycle saisonnier en Fa1 et surtout en Fa2. En Fa1, des accumulations importantes ont aussi été trouvées en saison sèche, ce qui donne une courbe d'aspect sinusoïde. En Fa3, c'est au début de la saison sèche que les maxima ont eu lieu, mais il faut remarquer que les valeurs d'accumulation d'azote nitrique sont déprimées en saison humide par des teneurs assez fortes trouvées dans les échantillons frais. La valeur minimale d'accumulation de nitrate en Fa3 est sujette à caution, puisqu'il y a discordance flagrante avec l'accumulation notée dans l'échantillon gardé en chambre humide. En ce qui concerne les résultats d'accumulation dans les échantillons gardés six semaines en chambre humide, il y a en général une bonne concordance avec ceux des échantillons laissés sur le terrain (à part le cas noté plus haut en Fa3). Il est intéressant de noter qu'en Fa1 et Fa2 la moyenne des accumulations est également un peu plus faible en chambre humide que sur le terrain, alors que c'est l'inverse en Fa3. On peut en conclure que dans le cas Fa1 et Fa2 les conditions de l'extérieur étaient plus favorables à la minéralisation. Température moyenne plus élevée, probablement. Dans le cas de Fa3, une meilleure aération de la terre mise à incuber en bocal peut expliquer le fait contraire. Ceci est bien probable, étant donné la nature plus minérale et plus compacte de ce sol.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

A deux reprises, en juin et en décembre 1965, on a mesuré les quantités d'azote minéral présent dans le sol entre 10 et 20 cm de profondeur. Des échantillons provenant de cette couche de sol ont ensuite été gardés six semaines en chambre humide. On voit (tableau ci-dessous) que les teneurs initiales sont faibles, mais pas négligeables. Après six semaines, il y a eu une accumulation assez humifère.

Parcelle			29 juin 1965	14 décembre 1965
Fa 1	NH ₃	sol frais	0,32	0,25
	NH ₃	6 semaines accumulation	0,08	0,16
	NO ₃	sol frais	0,51	0,58
	NO ₃	6 semaines accumulation	0,92	1,04
Fa 2	NH ₃	sol frais	0,41	0,52
	NH ₃	6 semaines accumulation	1,12	0,42
	NO ₃	sol frais	0,83	0,66
	NO ₃	6 semaines accumulation	4,21	2,04
Fa 3	NH ₃	sol frais	0,90	0,86
	NH ₃	6 semaines accumulation	0,48	0,04
	NO ₃	sol frais	0,00	0,00
	NO ₃	6 semaines accumulation	0,91	0,41

Azote minéral en profondeur (—10 à —20 cm) exprimé en mg de N pour 100 g de sol sec

L'accumulation est nettement moins importante en Fa 2, où l'on se trouve déjà dans la couche gravillonnaire, et en Fa 3.

e) Estimation de la production d'azote minéral pour une année et par hectare

Comme on le voit dans le tableau ci-dessous, c'est dans cette forêt qu'a été calculée pour 1965 la plus forte production d'azote minéral.

Fa 1	Fa 2	Fa 3	Moyenne
213,6	218,1	78,6	170,1

Ce résultat est obtenu malgré la production relativement faible de la parcelle Fa 3 (bas de pente). Cette production médiocre est à mettre en relation avec la nature du sol: absence d'humus, sol compact et devenant franchement sableux en profondeur. La présence de zones très productives et de zones qui le sont nettement moins, proches les unes des autres, est assez remarquable. Le simple aspect de la végétation n'aurait pas permis d'escompter de telles différences.

Dans ce cas également, on peut considérer que ces trois parcelles sont proportionnellement bien représentatives et que la moyenne de leur trois productions doit donner une bonne estimation de la quantité d'azote minéral produit dans ce type de forêt, soit environ 170 kg pour une année et par hectare.

3. Station 3: forêt dense semidécidue

(station suivie en 1966) (fig. 7, 8, pages 69, 70)

a) Teneur en eau

Ainsi qu'il était prévisible, ce sont parmi les sols forestiers étudiés ceux qui ont montré la plus grande variation saisonnière de teneur en eau. Les valeurs dans

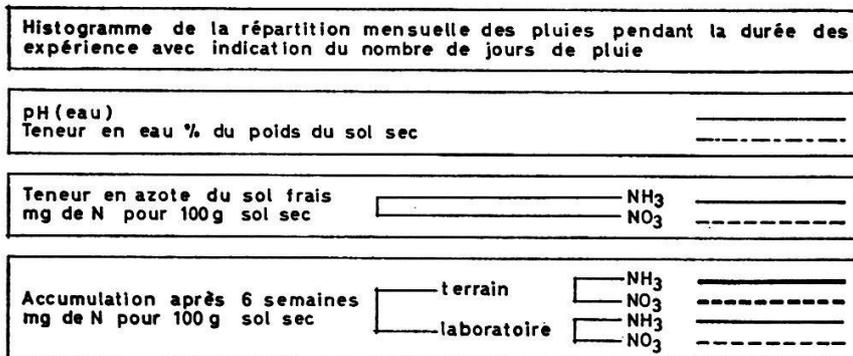
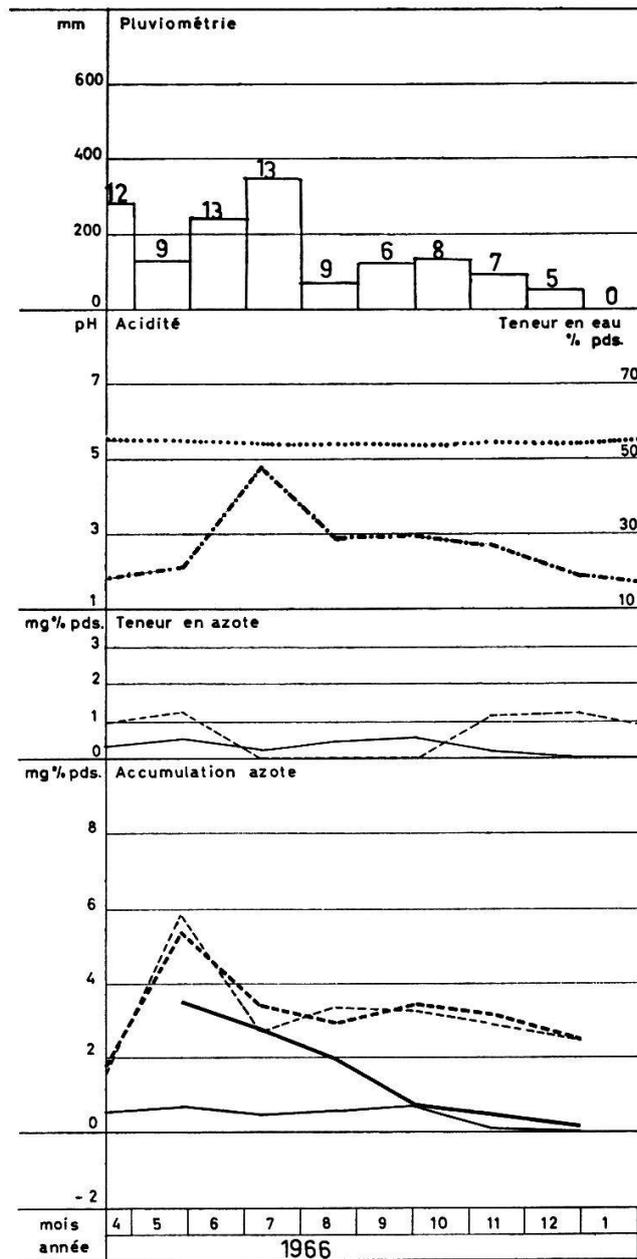


Fig. 7 Station 3, parcelle Fd1: forêt dense humide semidécidue

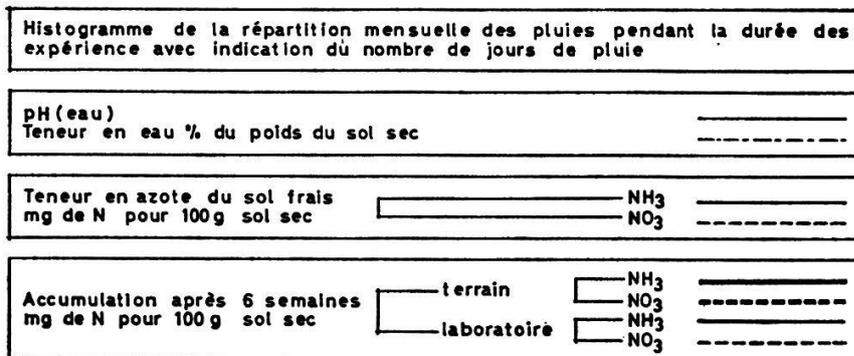
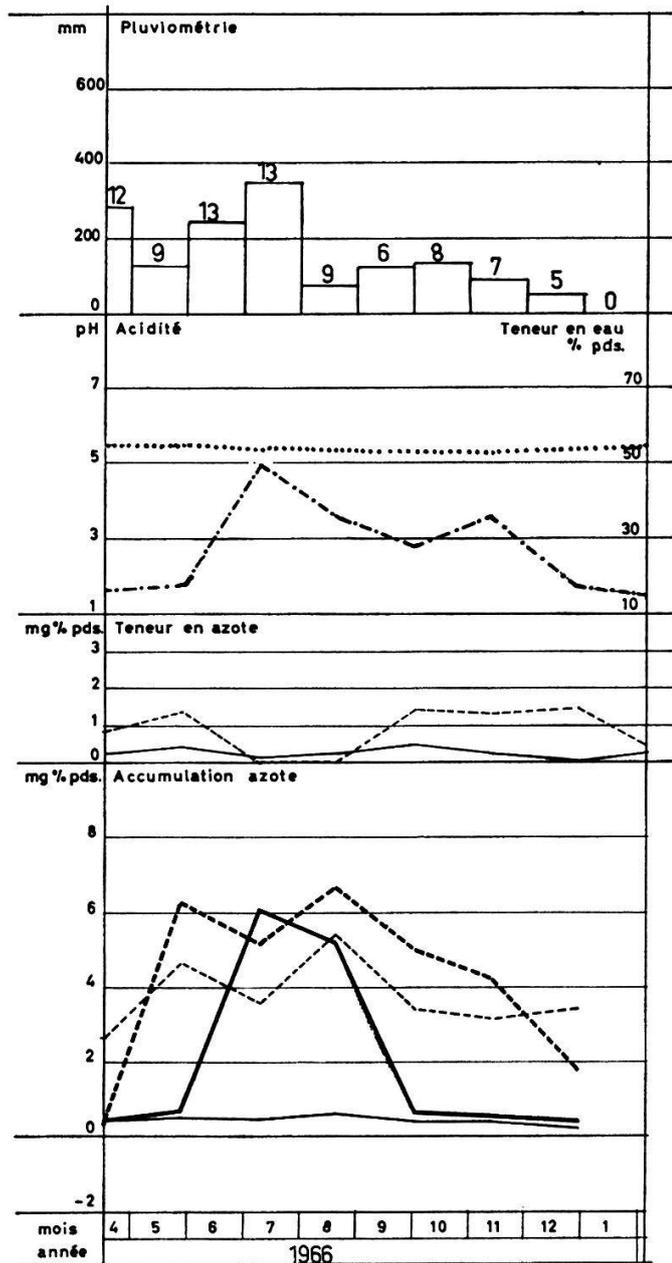


Fig. 8 Station 3, parcelle Fd2: forêt dense humide semidécidue

les deux parcelles ont varié entre 50% et 15% du poids sec. Etant donné la nature argileuse et compacte de ce sol, les chiffres minimaux montrent une sécheresse assez sévère. L'une des parcelles Fd2 a été inondée pendant quelques semaines, ce qui n'a pas été le cas de Fd1. Malgré cela, les maxima de teneur en eau des deux parcelles sont pratiquement identiques (48,1 et 49,6%).

b) pH

Le pH a varié entre les valeurs de 5 et 5,4 dans les deux stations. Les variations au cours de l'année ne sont pas très sensibles. Comme presque partout, il semble que le pH le plus bas soit trouvé à la fin de la saison des pluies et le pH le plus haut à la fin de la saison sèche.

c) Azote minéral

Les graphiques montrent bien les variations de la teneur en azote minéral au cours de l'année. L'azote nitrique est présent en saison sèche, au début et à la fin de la saison des pluies, dans le sol des deux stations. Puis il disparaît entre juillet et septembre dans la parcelle Fd1 et entre juillet et août dans la parcelle Fd2, périodes qui correspondent à la pluviosité maximale, à l'inondation temporaire et à des teneurs en eau pouvant atteindre 50%. Les teneurs en azote ammoniacal sont, au contraire, les plus fortes pendant la période humide.

Dans les deux parcelles, les accumulations d'azote minéral suivent un cycle saisonnier bien net. Les valeurs d'accumulation de nitrate, faibles à la saison sèche, augmentent à la saison humide parallèlement à la teneur en eau. Même la submersion temporaire de l'une des parcelles n'a pas empêché l'accumulation de fortes quantités de nitrate, mais l'on notera aussi l'accumulation assez forte d'azote ammoniacal pendant la phase d'humidité maximale. La présence d'azote ammoniacal après accumulation en quantité assez importante dans les échantillons de terrain est particulière à cette station. Elle est liée à l'inondation ou à la saturation complète du sol en eau. Une légère odeur de putréfaction et une coloration noirâtre sont les signes d'une fermentation anaérobie. Les valeurs d'accumulation trouvées dans les échantillons gardés en chambre humide, correspondent à celles trouvées sur le terrain en ce qui concerne l'azote nitrique. Par contre, nous n'avons jamais trouvé, dans les échantillons de chambre humide, de fortes valeurs d'ammoniaque. Ceci est sans aucun doute dû à la meilleure aération des échantillons gardés du laboratoire. Il se produit fatalement un certain égouttage lors du transport au sol. De plus, nous avons remarqué que dans le cas de sols argileux compacts, soumis à de fortes variations de la teneur en eau, il se produit un tassement de la terre à l'intérieur des godets d'incubation laissés sur le terrain.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

A deux reprises, le 18 mai et le 14 décembre 1965, les teneurs d'azote minéral présentes dans le sol entre 20 et 30 cm de profondeur ont été mesurées. Les

échantillons de sol pris à ce niveau ont ensuite été mis à incuber pendant six semaines en chambre humide. On voit que les teneurs d'azote minéral initiales sont faibles et que les accumulations après six semaines n'ont pas été très importantes.

Parcelle		18 mai 1965	14 décembre 1965
Fd1	NH ₃ sol frais	0,43	0,64
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,51	0,13
	NO ₃ sol frais	0,83	0,41
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,41	0,96
Fd2	NH ₃ sol frais	0,17	0,52
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,26	0,17
	NO ₃ sol frais	0,91	0,00
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,58	0,46

Azote minéral en profondeur (—20 à —30 cm) exprimé en mg de N pour 100 g de sol sec

e) Estimation de la production d'azote minéral pour une année et par hectare

Etant donné que les expériences ont débuté en avril 1966 pour se terminer en février 1967, l'on ne dispose pas d'une année complète de mesure. Pourtant, l'allure générale des courbes permet d'estimer dans une certaine mesure les valeurs manquantes et d'évaluer la production d'azote minéral par année et par hectare du sol de cette forêt.

Fd1	Fd2	Moyenne
140 kg	190 kg	165 kg

Bien entendu, et à plus forte raison, nous faisons les mêmes réserves que précédemment quant à la précision de ces chiffres. Les faibles valeurs d'accumulation trouvées en profondeur indiquent cependant que la plus grande partie de la production d'azote minéral se fait près de la surface du sol.

4. Station 4: savane guinéenne

(fig. 9, 10, 11, 12, pages 73 à 76)

Comme nous le verrons plus loin, la faiblesse de la production d'azote minéral dans les parcelles de savane a rendu inopportune une représentation graphique pour chaque parcelle. Les variations remarquables de la teneur en eau du sol, du pH, ou éventuellement de l'azote minéral, sont indiquées dans tous les cas dans le texte. Seuls donc les résultats concernant les parcelles Sg1, Sg2, Sg7 et Sg8 ont été représentés graphiquement (fig. 9, 10, 11, 12).

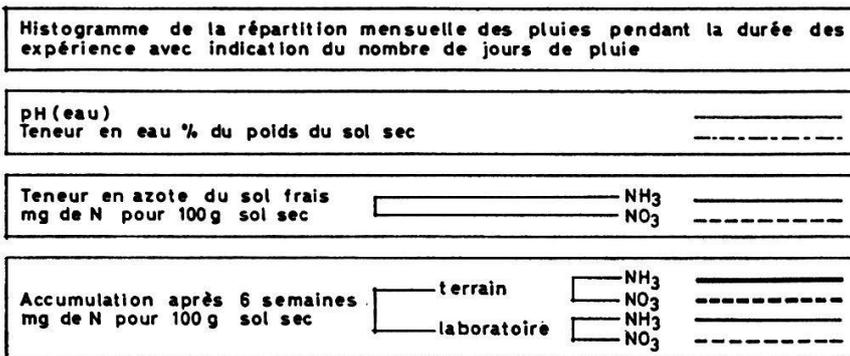
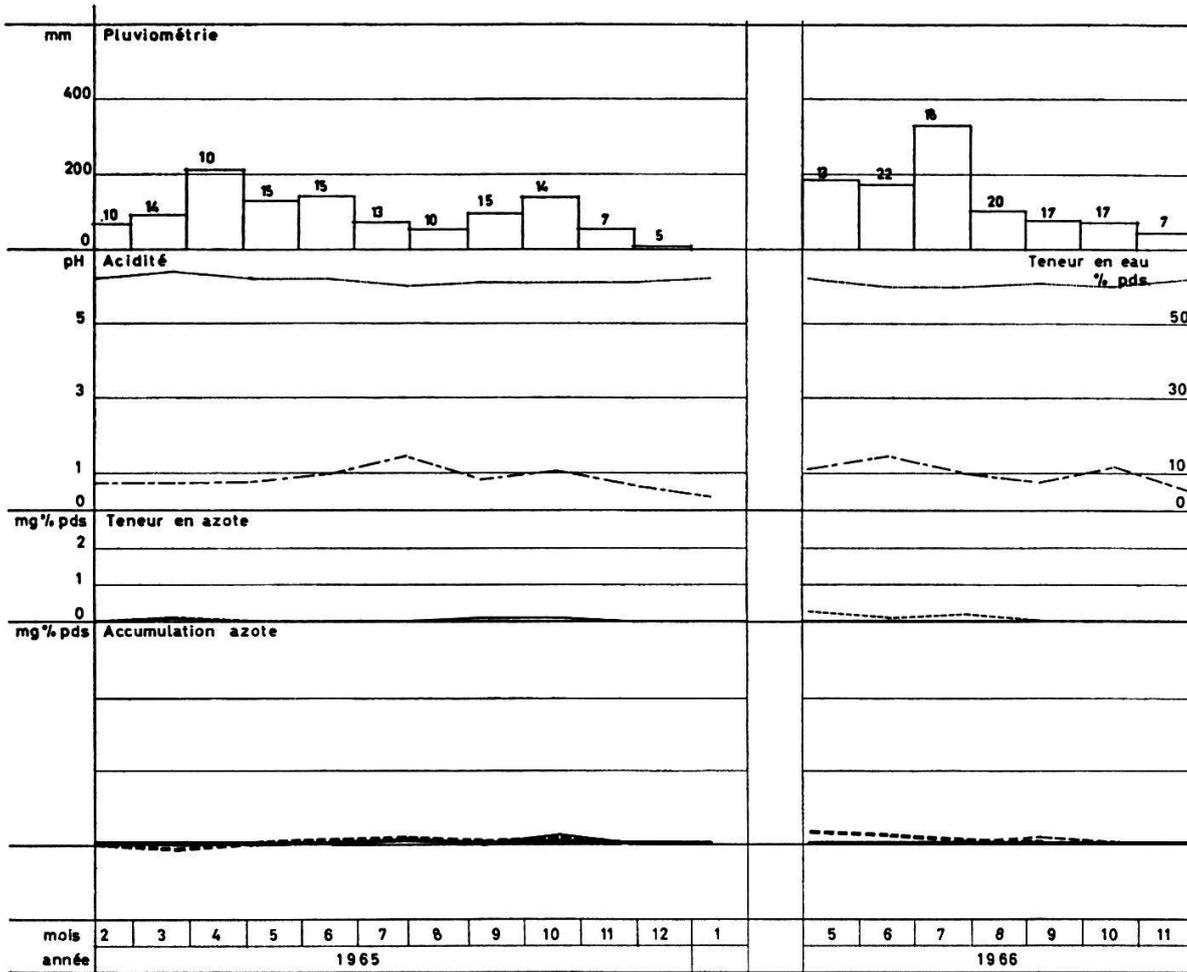


Fig. 9 Station 4, parcelle Sg1 : savanne guinéenne ou préforestière

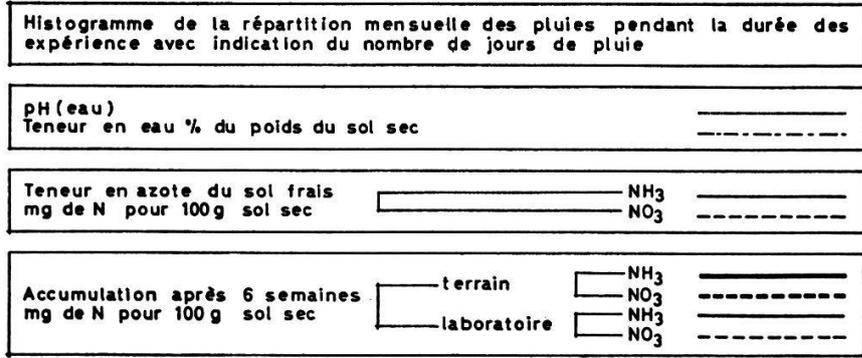
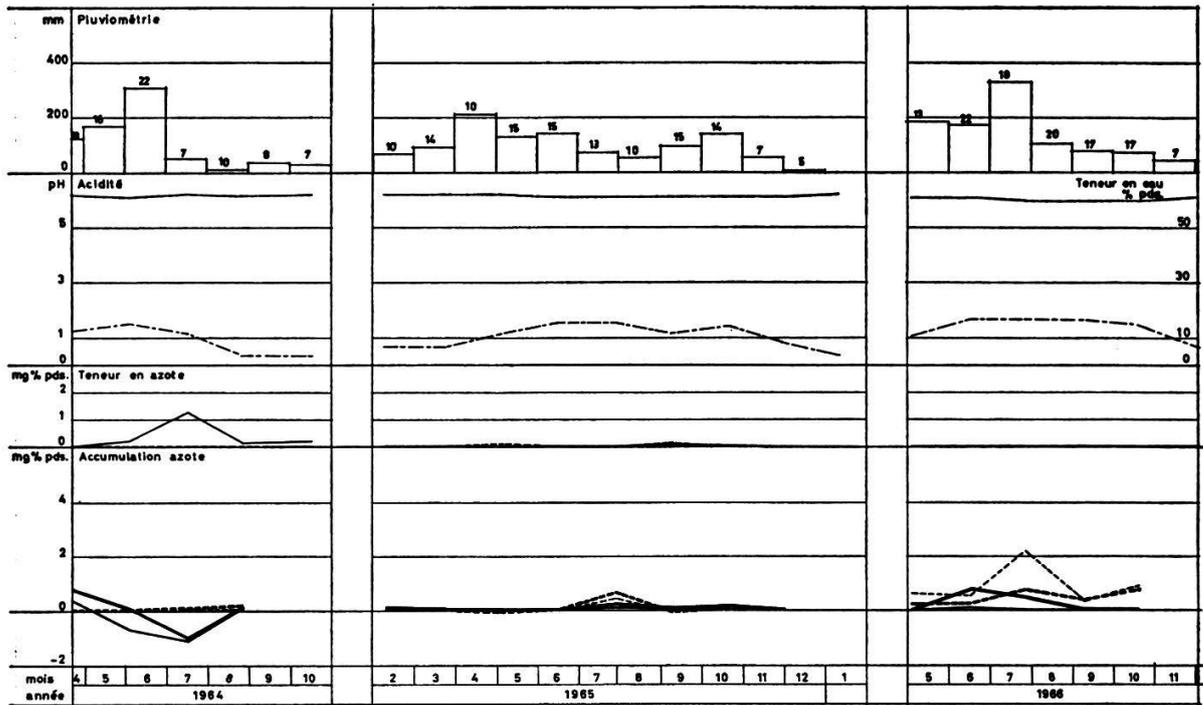
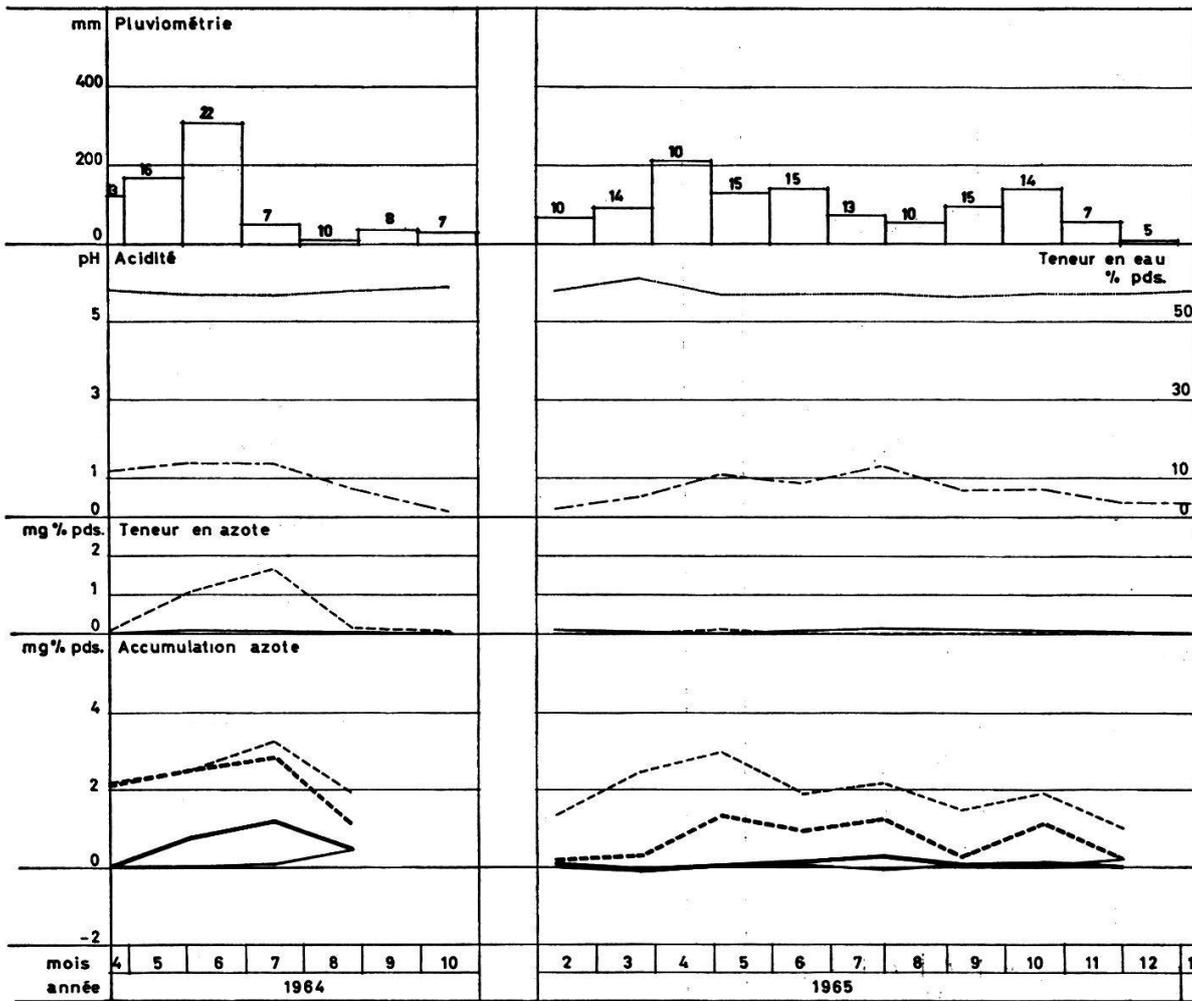


Fig. 10 Station 4, parcelle Sg2: savane guinéenne ou préforestière



Histogramme de la répartition mensuelle des pluies pendant la durée des expériences avec indication du nombre de jours de pluie

pH (eau) _____
 Teneur en eau % du poids du sol sec - - - - -

Teneur en azote du sol frais
 mg de N pour 100 g sol sec NH₃ _____
 NO₃ - - - - -

Accumulation après 6 semaines
 mg de N pour 100 g sol sec terrain NH₃ _____
 laboratoire NO₃ - - - - -
 NH₃ _____
 NO₃ - - - - -

Fig. 11 Station 4, parcelle Sg7: flot forestier en savane guinéenne

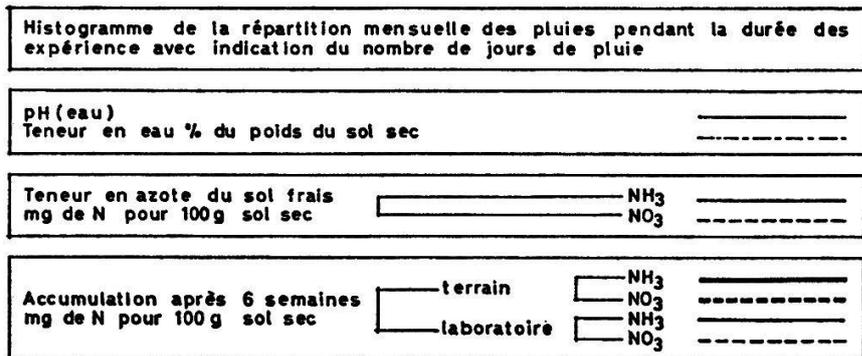
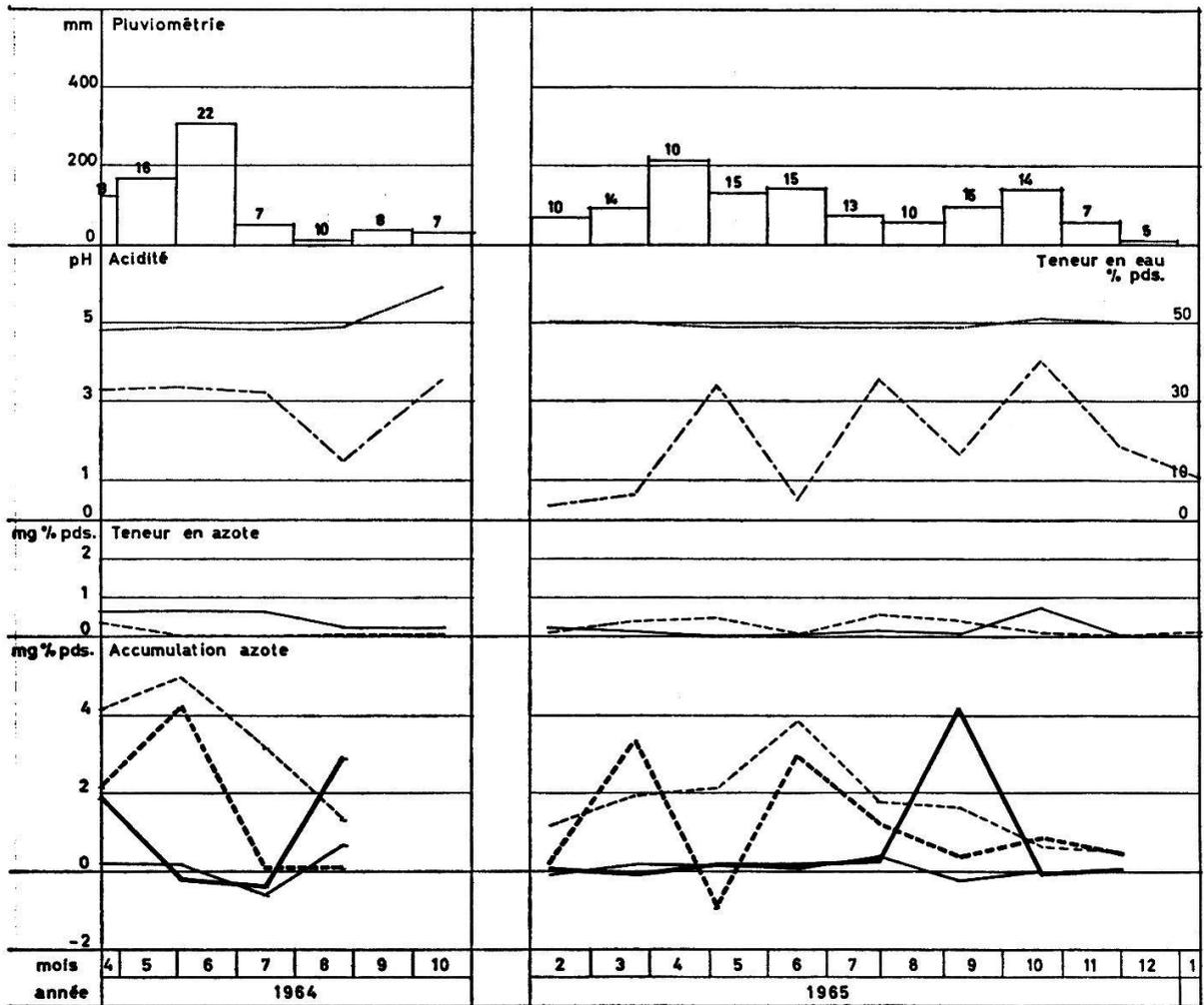


Fig. 12 Station 4, parcelle Sg8: forêt-galerie du Bandama

a) Teneur en eau

Rappelons que dans cette station la pluviosité a particulièrement varié d'une année à l'autre, tant dans sa répartition que dans sa quantité totale. La teneur en eau du sol superficiel des parcelles sur terrain bien drainé est toujours faible et devient très faible en saison sèche (Sg1, Sg2, Sg3, Sg4, Sg7). La teneur en eau du sol superficiel de la parcelle Sg7 (bosquet) est généralement plus faible que celle trouvée en milieu découvert. Ceci doit être attribué à la grande évapotranspiration de la végétation arborée et au fait qu'une bonne partie de l'eau des pluies est interceptée par le feuillage¹. Dans la parcelle Sg2, il est intéressant de constater qu'en 1965 le sol superficiel est resté un peu plus humide en moyenne que dans les parcelles de savane brûlées chaque année. La présence d'une litière de graminées aurait protégé le sol dans une certaine mesure contre l'évaporation. Dans la parcelle Sg5 (zone à *Loudetia simplex* de plateau), la teneur en eau du sol s'est élevée jusqu'à 40% (19 octobre 1965). Le niveau de la nappe phréatique atteignait la surface à ce moment-là. Il est d'autant plus intéressant de constater les teneurs en eau très faibles trouvées dans le sol de cette parcelle en saison sèche (moins de 2% le 10 février 1965). Sg3 se caractérise donc par de très fortes variations de la teneur en eau de son sol.

En Sg6 (terre noire), la teneur en eau s'est élevée jusqu'à environ 27% au début juin 1964. Les valeurs sont ensuite tombées aux alentours de 11 à 12% en août-octobre. La seconde (petite) saison des pluies n'ayant pas eu lieu cette année-là.

Enfin, Sg8 (forêt-galerie du Bandama) a un régime hydrique tout à fait particulier, puisque les teneurs en eau du sol varient suivant deux facteurs: la pluviosité locale et la crue annuelle du fleuve. Le sol argileux est compact et très imperméable en surface, ce qui explique le graphique en dents de scie de 1965. En 1964, une crue très importante, alimentée par de fortes pluies dans le nord du pays, a coïncidé avec une sécheresse locale exceptionnelle. Une teneur en eau supérieure à 34% n'a pas de signification pour ce sol qui est alors saturé. Les teneurs supérieures ne proviennent que de l'échantillonnage difficile dans ces conditions².

b) pH

Dans les parcelles de savane brûlées annuellement, le pH est en général très légèrement supérieur à 6. Les valeurs les plus basses du pH correspondent aux

¹ Ce fait peut paraître en contradiction avec ce que nous avons observé par ailleurs où, en général, un sol de même origine reste superficiellement plus humide sous couvert forestier qu'à découvert (sous couvert herbacé). Dans ce cas, nous pensons que la faible superficie du bosquet, qui ne permet pas à un microclimat humide de s'établir, est responsable de cet état de choses.

² Dans cette station, nous avons fait les essais pour déterminer la vitesse de percolation de l'eau au moyen de cylindres métalliques de 1 litre légèrement enfoncés dans le sol puis remplis d'eau. Nous avons constaté que le sol de cette parcelle était pratiquement imperméable. En savane, le temps mis par l'eau pour disparaître variait considérablement, ceci même pour

teneurs en eau les plus élevées. Après les feux, on observe une légère remontée du pH. Le sol de la parcelle Sg2 (savane protégée du feu) semble un peu plus acide en moyenne que le sol des parcelles brûlées annuellement, mais le même phénomène n'est pas perceptible en Sg4 qui se trouve également dans la zone protégée des feux, mais où l'accumulation de la litière est faible.

Le sol de l'îlot forestier Sg7 semble, lui, nettement un peu plus acide que les sols de la savane qui l'entoure. L'implantation d'une végétation forestière sur ce sol s'accompagnerait donc de son acidification.

Le pH du sol de la station Sg8 (forêt-galerie du Bandama) est en général légèrement inférieur à 5. Il monte à près de 6 lors de la crue du fleuve, s'il y a inondation complète, comme en 1964.

c) Azote minéral

Les sols de savane nous ont dès le début surpris par leur très faible teneur initiale en azote minéral et plus encore par leur capacité d'accumulation minime. Les valeurs que nous avons obtenues sont le plus souvent très faibles ou nulles, elles ne dépassent qu'exceptionnellement 0,2 mg pour 100 g de sol sec¹.

Ces résultats, bien que très intéressants en eux-mêmes, n'ont pas justifié une représentation graphique dans tous les cas. Aussi, n'avons-nous pas établi de graphique pour les parcelles Sg3, Sg4, Sg5 et Sg6.

A la suite de nos analyses, nous avons cependant l'impression que les teneurs en azote ammoniacal dans ces sols sont en moyenne légèrement supérieures aux teneurs en azote nitrique, ou plutôt que la présence de traces d'azote ammoniacal est plus constante que celle de traces d'azote nitrique. Ceci ne ressort pas des graphiques que nous donnons (parcelles Sg1, Sg2), car ces traces d'azote ammoniacal ne sont guère représentables (en dessous de 0,1 mg pour 100 g de sol sec).

Ce qui vient d'être dit pour les teneurs initiales s'applique également, à peu de chose près, aux valeurs de l'accumulation en azote minéral des échantillons de sol mis à incuber pendant six semaines. Mais, dans ce cas, il est encore plus difficile de dégager une tendance. Les rares accumulations d'ammoniaque sont en général infimes, les valeurs négatives ou nulles sont courantes. Les seuls sols où nous avons noté des accumulations d'azote nitrique sont ceux dont nous donnons une représentation graphique.

Parmi les sols dont nous n'avons pas jugé bon de donner une représentation graphique du bilan d'azote inéral, signalons le cas de Sg7. On y trouve assez souvent des traces d'azote ammoniacal en période humide, dans les échantillons frais (maximum 0,28 mg le 7 septembre 1965). Une seule fois, nous avons noté

des emplacements séparés de quelques décimètres seulement. Nous avons rencontré les mêmes difficultés que celles trouvées lors de la détermination du volume du sol par rapport à son poids. DELMAS (1966) a fait des mesures de percolation semblables dans la savane de Lamto.

¹ Nous rappelons que 0,2 mg pour 100 g de sol sec représente la plus petite valeur mesurée avec sûreté par notre méthode.

une accumulation de 2,21 mg sous forme d'azote ammoniacal (19 octobre 1965). Une fermentation anaérobie s'était produite dans le godet, la parcelle étant pratiquement inondée. Le sol de Sg6 semble montrer un peu le même phénomène (teneur initiale maximale 0,86 mg le 2 juin 1964, accumulation maximale 0,43 mg le 15 juillet 1964). Mais, de toute façon, ces valeurs sont extrêmement faibles.

Les résultats des parcelles Sg1 et Sg2 ont été groupés pour en faciliter la comparaison. En Sg1 (savane arbustive brûlée), les teneurs en azote minéral sont toujours très faibles ou nulles dans les échantillons frais. Par contre, de très petites quantités d'azote nitrique sont parfois décelables après accumulation. C'est la seule parcelle brûlée chaque année où ce phénomène a été remarqué. En Sg2 (savane arbustive protégée contre le feu depuis 1962), les résultats sont très semblables à ceux trouvés en Sg1 en 1965. Par contre en 1966, on a constaté des accumulations d'azote minéral, surtout nitrique, nettement supérieures bien que restant très faibles (environ 1 mg en moyenne, sauf le 26 août 1966 où 2,14 mg d'azote nitrique se sont accumulés dans les échantillons gardés en chambre humide). Il semble donc qu'un cycle de l'azote plus actif s'établisse peu à peu dans cette parcelle à la suite de la suppression des feux et à l'établissement d'une litière. Ceci n'a pas été constaté en Sg6, parcelle se trouvant également dans la zone protégée du feu, mais où le nombre de plantes ligneuses est resté faible et où l'on n'a pas constaté une accumulation de litière très importante.

Le sol de l'îlot forestier Sg7 montre des teneurs en azote minéral très faibles dans les échantillons frais. Par contre, les échantillons incubés pendant six semaines ont une accumulation d'azote minéral assez importante. Ceci particulièrement chez les échantillons gardés en chambre humide (moyenne sur huit mesures en 1965: 2,01 mg contre 0,73 mg pour les échantillons laissés sur le terrain). Cette différence entre échantillons de terrain et de chambre humide s'explique par une légère réhumidification de la terre qui s'est produite à notre insu en chambre humide. Dans les échantillons laissés sur le terrain, on voit que la production d'azote minéral est proportionnelle à la teneur en eau du sol. Nous rappelons que la teneur en eau de ce sol a toujours été particulièrement faible.

La minéralisation de l'azote dans le sol de la forêt-galerie du Bandama (Sg8) suit un mode bien différent de celui observé ailleurs dans cette station, ce qui est normal puisqu'il n'y a aucun rapport entre ces différents sols. Il existe par contre, une certaine similitude avec ce qui a été noté dans les sols de la station 3 (forêt semidécidue). Les valeurs initiales (sol frais) ne sont jamais élevées (maximum 1 mg). Les teneurs les plus fortes en azote nitrique s'observent lorsque le sol est humide, mais non submergé. Le maximum d'azote ammoniacal (0,75 mg) a été noté pendant que la parcelle était à moitié submergée (19 octobre 1965). Les accumulations d'azote nitrique les plus élevées se produisent en général quand le sol est assez humide, mais non saturé. Les accumulations d'azote ammoniacal les plus élevées ont, au contraire, lieu quand le sol

est saturé d'eau (inondation). Dans ce sol très compact et imperméable en surface, il ne faut pas trop tenir compte des teneurs en eau initiales dans les échantillons laissés incuber sur place. Des infiltrations d'eau à la suite d'une pluie et, à plus forte raison, lors d'une inondation peuvent humecter le sol contenu dans les godets de plastique. L'eau ne peut s'échapper par le fond à cause de l'imperméabilité du sol et l'évaporation est empêchée par le couvercle. Ceci explique que les résultats aient été souvent très différents entre échantillons de terrain et échantillons de laboratoire, bien que la production totale d'azote minéral annuelle (1965) soit pratiquement la même dans les deux cas. L'accumulation d'azote minéral a été beaucoup plus régulière dans les échantillons gardés en chambre humide et elle s'est faite avant tout sous forme de nitrate. Dans les échantillons de terrain, les accumulations sont beaucoup moins régulières et elles se font parfois sous forme d'ammoniaque (lorsque la parcelle est inondée). Nous avons souvent observé que le sol gardé dans les godets à l'extérieur se recomprimait naturellement. Les échantillons de laboratoire ne présentaient pas ce phénomène et restaient donc mieux aérés.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

Dans chaque station, il a été fait au moins un essai pour voir si le sol contenait de l'azote en profondeur (—20 à —30 cm). Des échantillons de sol ont ensuite été mis à incuber pendant six semaines en chambre humide. Les résultats ont toujours été négatifs dans les parcelles de savane. En Sg7, il n'a été trouvé que des traces d'azote ammoniacal dans le sol frais pris à 30 cm de profondeur. Ce sol, mis à incuber pendant six semaines, a montré une légère accumulation d'azote nitrique et ammoniacal.

Parcelle		15 juin 1965	8 septembre 1965
Sg7	NH ₃ sol frais	0,21	0,21
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,43	0,64
	NO ₃ sol frais	0,00	0,00
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,41	0,86

Azote minéral en profondeur (—20 à —30 cm) exprimé en mg de N pour 100 g de sol sec

En Sg8 (forêt-galerie), à partir d'environ 20 à 25 cm on se trouve dans un horizon sableux. Les teneurs initiales d'azote minéral y sont nulles et l'accumulation après six semaines en chambre humide très faible.

e) Estimation de la production d'azote minéral pour une année et par hectare

Etant donné les chiffres extrêmement faibles de l'accumulation dans les sols de savane, il n'est pas possible de donner une estimation valable. Même dans la parcelle Sg5, qui paraît pourtant en voie d'enrichissement, le total d'accumulation n'atteint pas 2 kg par année et par hectare, en 1965. En 1966, les mesures

ne couvrent qu'une partie de l'année, ce qui ne permet pas de calculer une production annuelle. Mais celle-ci aurait probablement été comprise entre 4 et 5 kg par hectare.

La production annuelle (1965) d'azote minéral a été d'environ 30 kg par hectare (30 g par 10 m²) dans le bosquet isolé en savane (Sg7). Mais rappelons que cette valeur est bien entendu calculée d'après les données fournies par les échantillons de terrain. Si l'on fait le calcul d'après les accumulations notées dans les échantillons incubés au laboratoire (chambre humide) et qui ont été légèrement humectés, un chiffre bien supérieur est atteint: $\cong 80$ kg/an/ha. Ce dernier chiffre en lui-même est de peu d'intérêt écologique, mais montre l'importance du facteur hydrique dans ce cas.

Dans la forêt-galerie du Bandama (Sg8), nous avons calculé en 1965 une production d'environ 72 kg/an/ha.

5. Station 5: savane prélagunaire

(fig. 13, page 82)

La quasi-absence d'azote minéral dans ces sols, même après incubation, n'a pas permis la réalisation de graphiques. Cependant, pour donner une idée des variations du pH et de la teneur en eau du sol superficiel rencontrées dans ce milieu, nous avons représenté graphiquement ces valeurs obtenues dans la parcelle SI2 (faible pente).

a) Teneur en eau

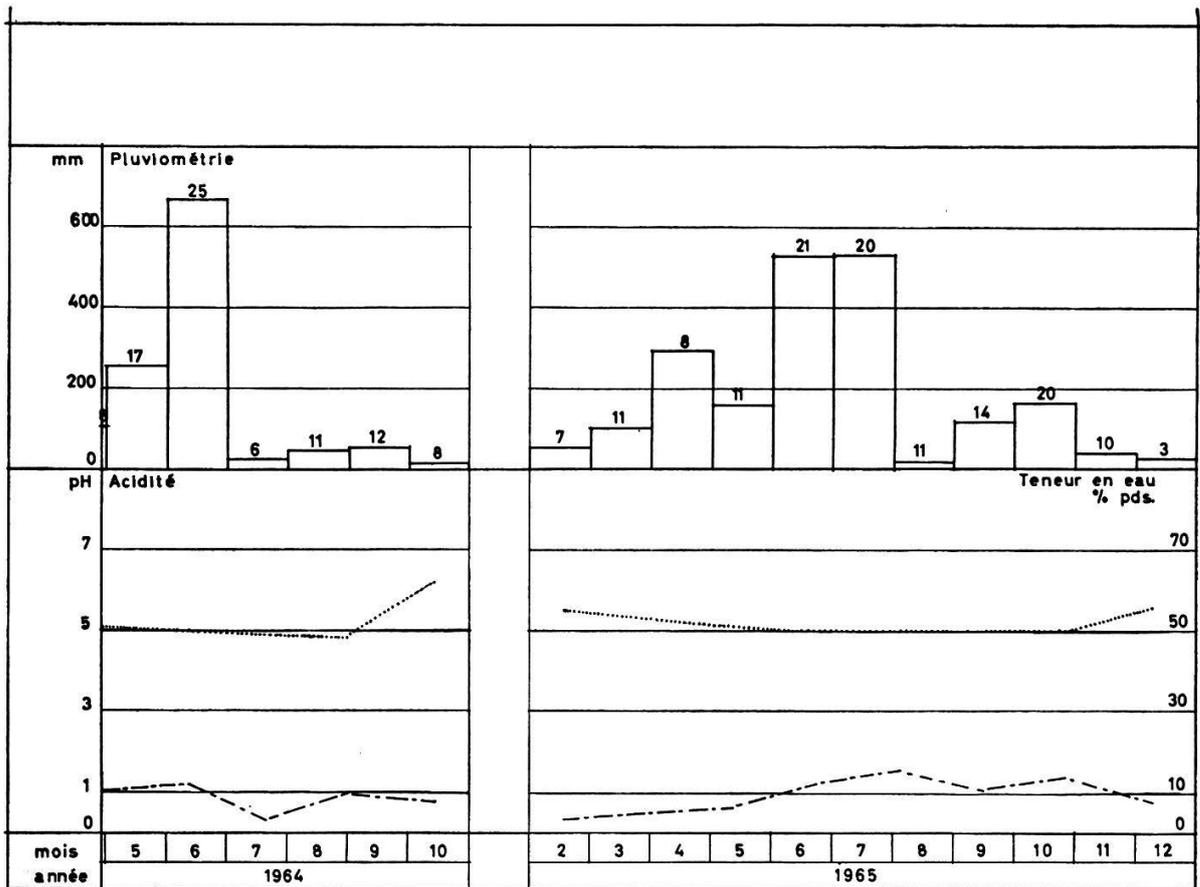
La teneur en eau du sol superficiel de ces parcelles est toujours faible. La teneur maximale notée pour la parcelle SI3 (fond d'un petit vallon) est inférieure à 15% du poids du sol sec. En saison sèche, ces sols peuvent devenir en surface extrêmement secs. Le 17 février 1965, la teneur en eau du sol de la parcelle SI1 était inférieure à 1%.

b) pH

Les valeurs du pH sont toujours voisines de 5. Le pH est un peu plus bas en saison humide par rapport à la saison sèche. Un pH plus élevé, voisin de 6, est parfois noté après le passage des feux, surtout si ceux-ci sont suivis d'une légère pluie. Cet effet alcalinisant de la cendre est très fugace.

c) Azote minéral

Ces sols sont encore peut-être plus pauvres que ceux de la savane guinéenne (station 1). Dans les échantillons de sol frais, seules des traces d'ammoniaque sont parfois décelées. Après six semaines d'incubation, les échantillons de ces sols n'ont pratiquement jamais montré d'accumulation. SI3 paraît légèrement plus actif que le sol des deux autres parcelles. Cette pauvreté extrême en azote



Histogramme de la répartition mensuelle des pluies pendant la durée des expériences avec indication du nombre de jours de pluie

pH (eau) ———
Teneur en eau % du poids du sol sec - - - - -

Fig. 13 Station 5, parcelle S12: savane prélagunaire

minéral n'a pas permis la réalisation de graphique et il serait illusoire de vouloir calculer une production d'azote minéral par hectare, par notre méthode tout au moins.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

Des échantillons de terre pris à 30 cm de profondeur n'ont montré que des traces d'azote minéral (ammoniaque). Cette même terre, mise à incuber six semaines en chambre humide, n'a pas donné d'accumulation.

6. Station 6: végétation secondaire et cultures

(fig. 14 à 19, pages 84 à 90)

a) Teneur en eau

La teneur en eau de ces sols sablonneux, en situation bien drainée, n'est jamais très élevée. Dans les terrains de cultures, au sol le plus exposé au soleil (parcelle Vs6), les teneurs en eau peuvent devenir très faibles en saison sèche, tout au moins dans la couche superficielle. Dans les terrains à végétation la plus développée, par exemple Vs1, des teneurs en eau aussi faibles ne sont jamais atteintes. Les maxima en saison des pluies sont aussi légèrement plus élevés, ceci doit être attribué à l'ombrage et à la teneur en matière organique plus forte que ces sols.

b) pH

Les valeurs du pH sont très constantes tout au long de l'année. Elles sont voisines de 5 ou un peu supérieures dans toutes les parcelles. On remarque cependant dans le sol de quelques parcelles une légère variation au cours de l'année. Les valeurs du pH les plus élevées sont atteintes à la fin de la saison sèche. Ceci a coïncidé dans quelques parcelles avec les brûlis qui suivent le défrichement. Mais l'influence de ces brûlis, en ce qui concerne le pH, semble moins importante que l'on aurait pu s'y attendre. On remarquera aussi que les parcelles de forêts secondaires ont un pH en moyenne légèrement plus faible que les autres (Vs1, Vs2, Vs3 1964, Vs4).

c) Azote minéral

Le sol contient de l'azote nitrique surtout durant les mois de mars à août et plus particulièrement au début de la saison des pluies. De petites quantités d'azote ammoniacal sont parfois présentes pendant la saison des pluies. La parcelle Vs3 montre un phénomène particulier. En effet, à la suite du défrichement puis du nettoyage par le feu de la végétation préexistante, suivi d'un labourage peu profond, le sol de cette parcelle a été le siège d'une minéralisation explosive de l'azote. L'échantillon de terre fraîche prélevé le 26 mai 1965 contient plus de 10 mg d'azote minéral sous forme de nitrate.

D'une manière générale, dans toutes les parcelles, les échantillons mis à incuber six semaines sur le terrain montrent une variation de l'accumulation au cours de l'année. Un premier maximum a lieu au début de la saison des pluies (avril, mai ou juin), puis les valeurs s'affaiblissent pour remonter en novembre-décembre. En saison sèche, les accumulations redeviennent faibles. Ces accumulations se font surtout sous forme de nitrate. L'ammoniaque, s'il est présent, n'atteint que rarement des teneurs importantes. Les accumulations d'ammoniaque les plus fortes ont été trouvées en août.

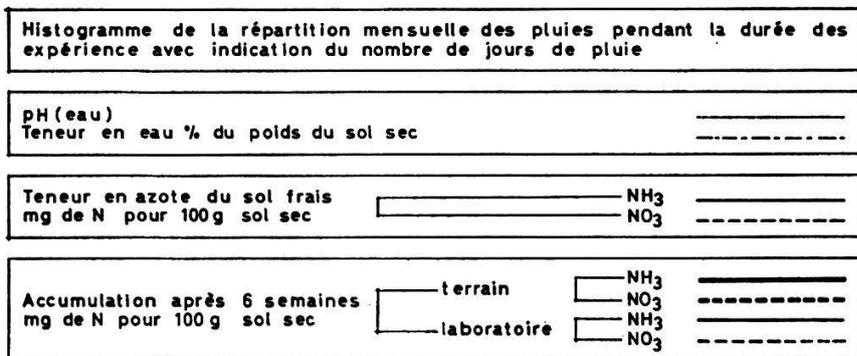
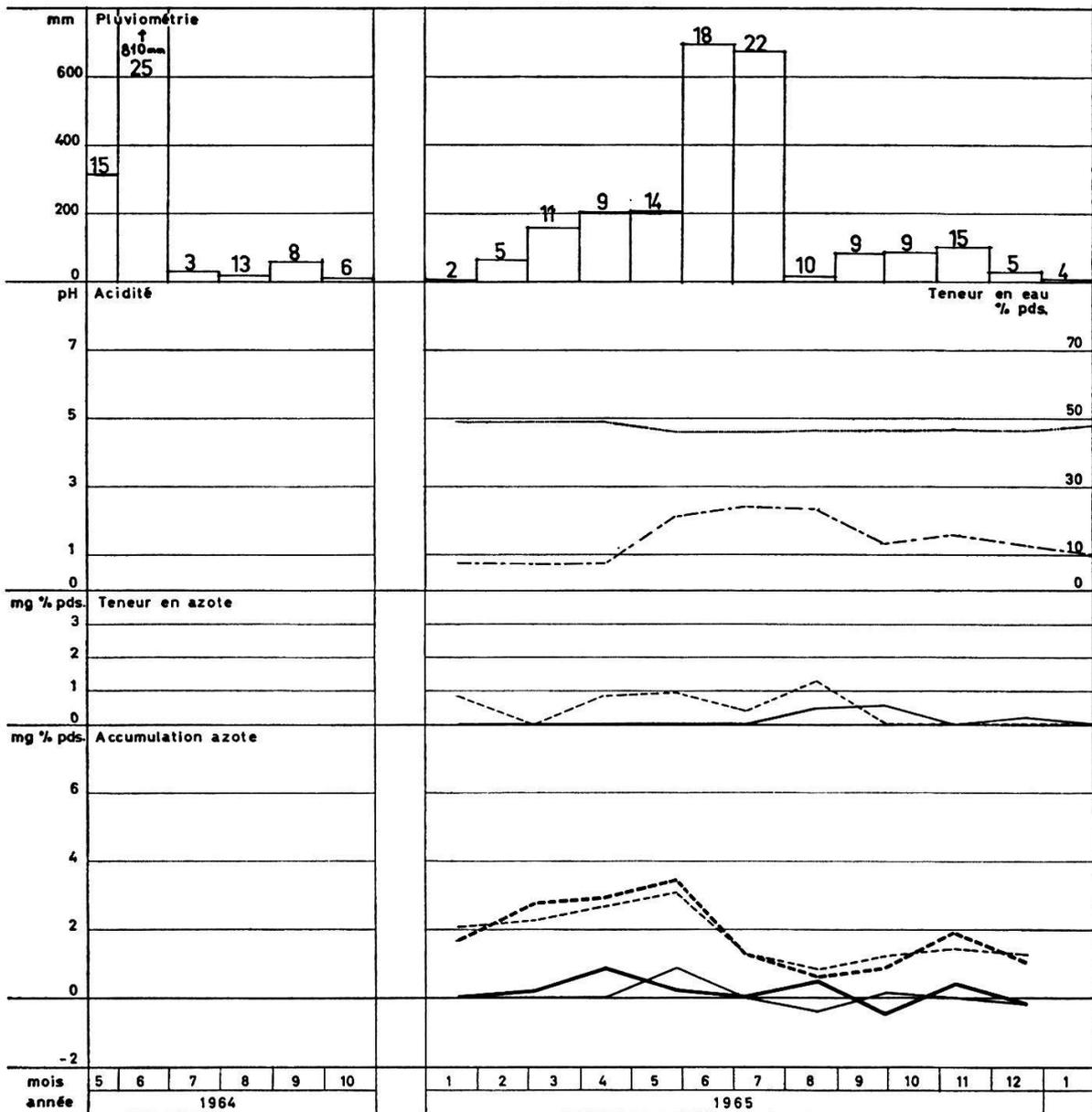
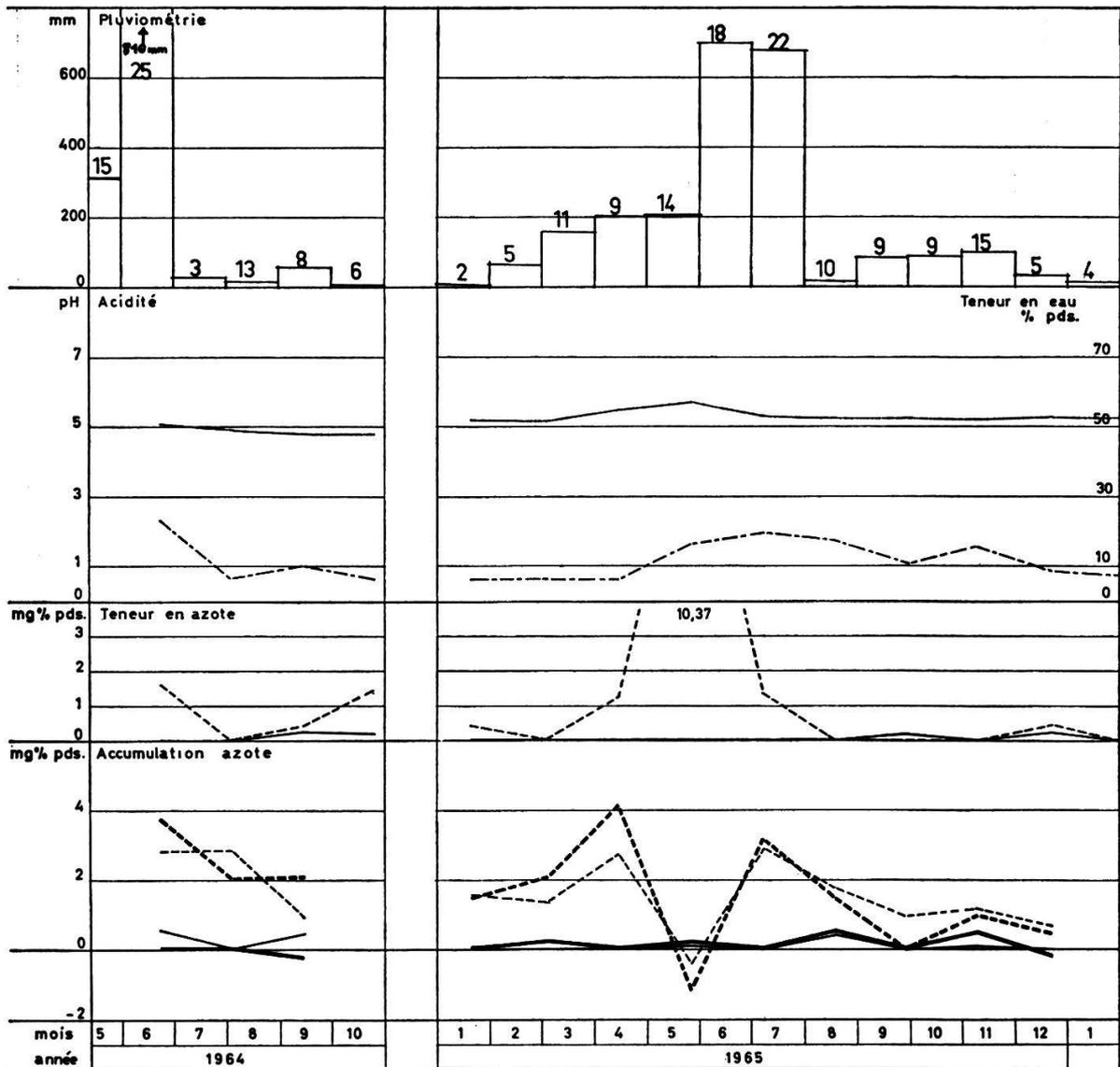


Fig. 14 Station 6, parcelle Vs1: forêt secondaire



Histogramme de la répartition mensuelle des pluies pendant la durée des expériences avec indication du nombre de jours de pluie

pH (eau) _____
Teneur en eau % du poids du sol sec - - - - -

Teneur en azote du sol frais
mg de N pour 100g sol sec NH₃ _____
NO₃ - - - - -

Accumulation après 6 semaines
mg de N pour 100g sol sec terrain NH₃ _____
laboratoire NO₃ - - - - -

Fig. 16 Station 6, parcelle Vs3: fourré secondaire – culture de manioc

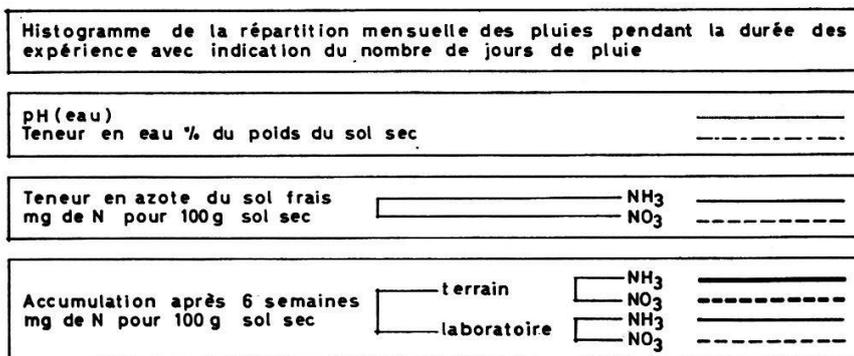
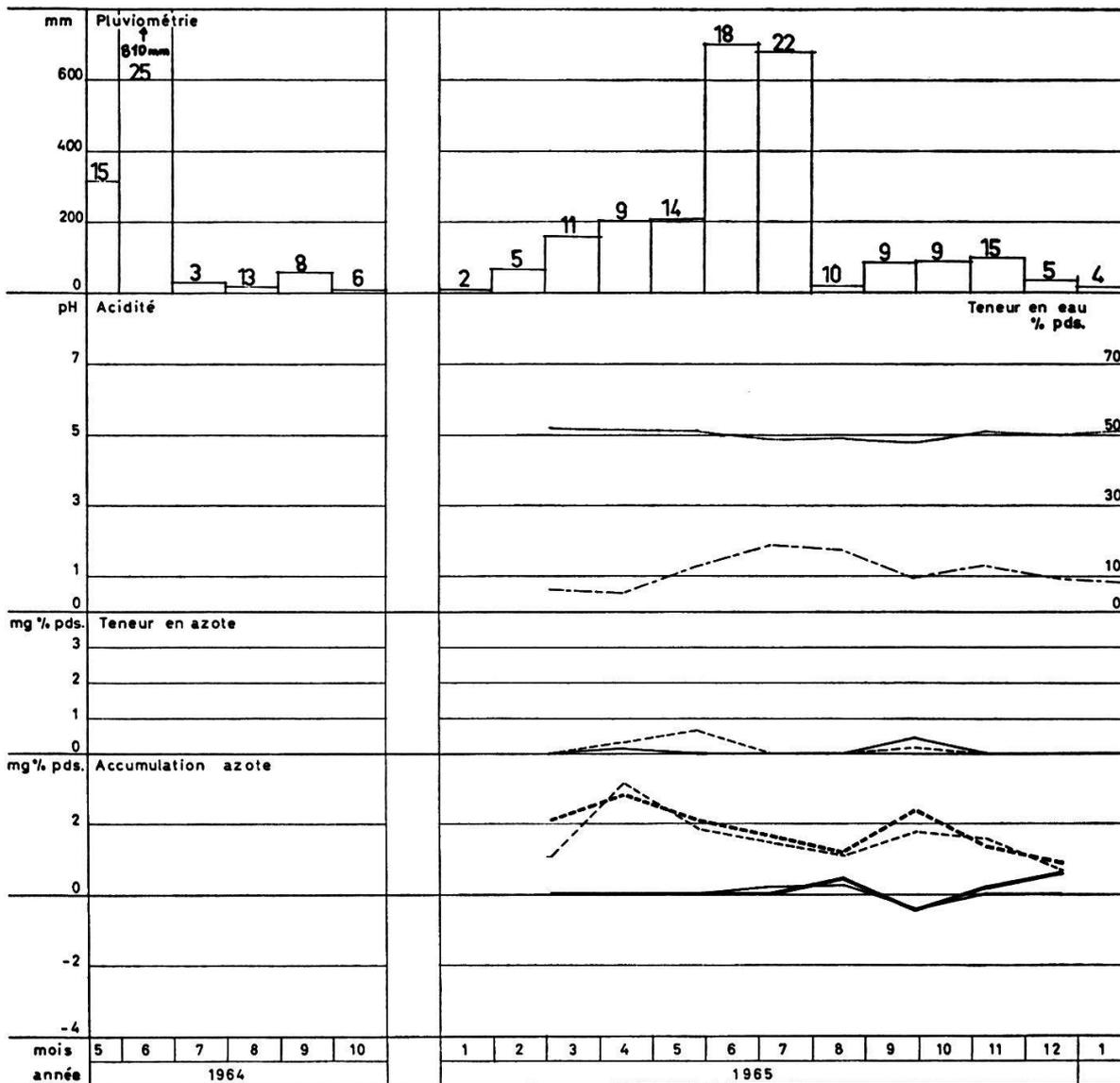


Fig. 17 Station 6, parcelle Vs4: fourré secondaire

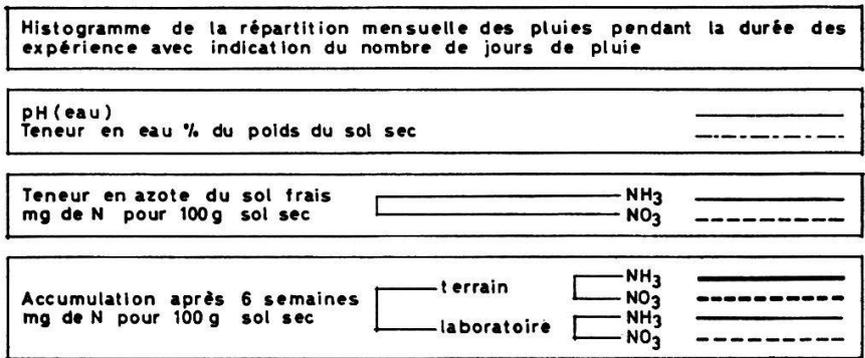
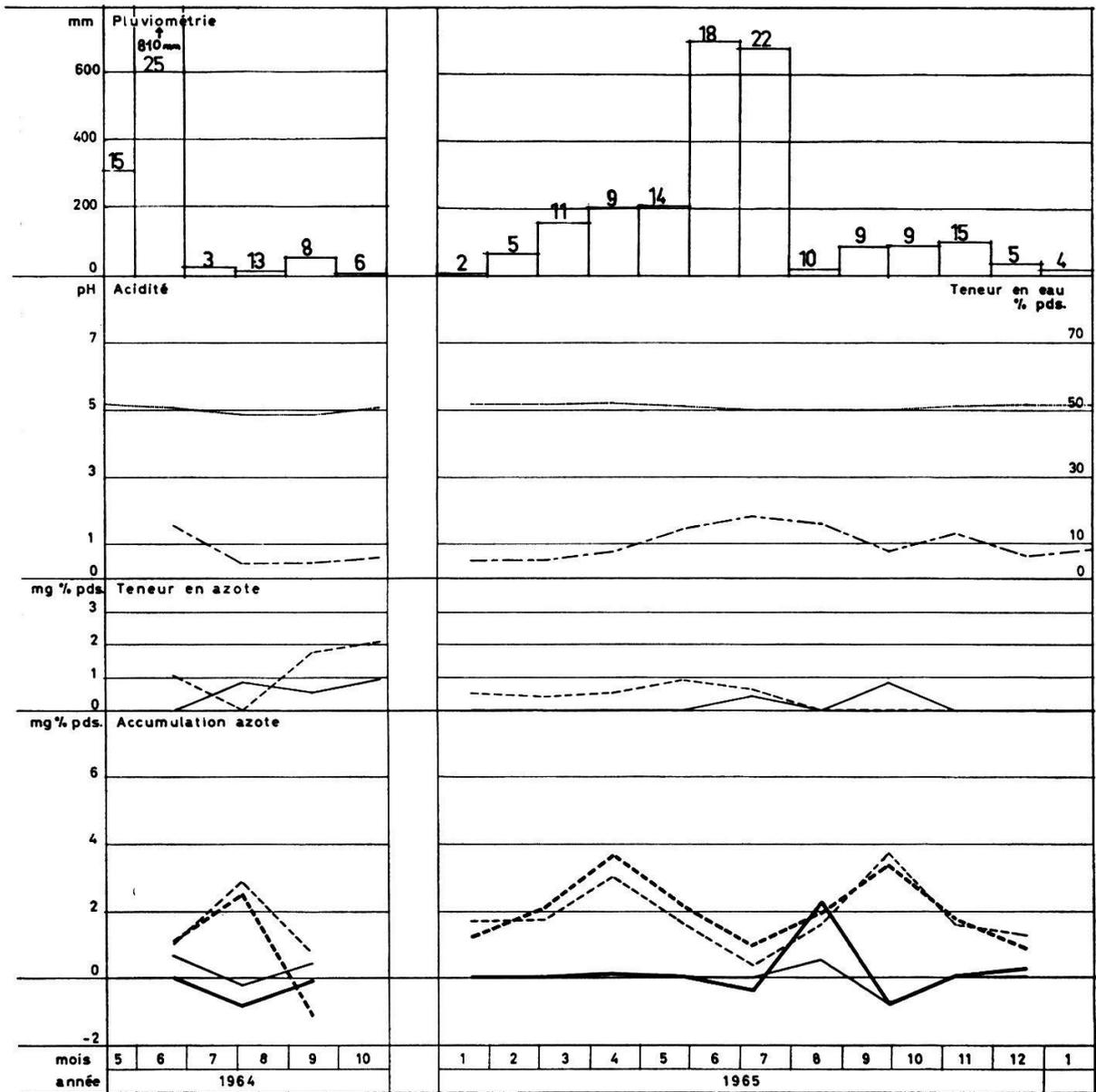


Fig. 18 Station 6, parcelle Vs5: culture d'igname et de manioc

Parcelle		26 mai 1965	9 novembre 1965
Vs1	NH ₃ sol frais	0,18	0,21
	NH ₃ 6 semaines accumulation	—0,08	0,16
	NO ₃ sol frais	0,41	0,00
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,42	1,16
Vs2	NH ₃ sol frais	0,00	0,43
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,00	—0,21
	NO ₃ sol frais	0,00	0,21
	NO ₃ 6 semaines accumulation	0,91	0,95
Vs3	NH ₃ sol frais	0,21	0,00
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,00	0,00
	NO ₃ sol frais	2,07	0,91
	NO ₃ 6 semaines accumulation	1,10	0,08
Vs4	NH ₃ sol frais	0,10	0,21
	NH ₃ 6 semaines accumulation	—0,10	0,00
	NO ₃ sol frais	0,21	0,52
	NO ₃ 6 semaines accumulation	1,16	2,32
Vs5	NH ₃ sol frais	0,43	0,64
	NH ₃ 6 semaines accumulation	—0,21	—0,21
	NO ₃ sol frais	0,41	0,62
	NO ₃ 6 semaines accumulation	1,24	1,32
Vs6	NH ₃ sol frais	0,70	0,26
	NH ₃ 6 semaines accumulation	0,04	0,06
	NO ₃ sol frais	0,41	0,66
	NO ₃ 6 semaines accumulation	1,08	1,00

Azote minéral en profondeur (—20 à —30 cm) exprimé en mg de N pour 100 g de sol sec

Les échantillons gardés six semaines en chambre humide donnent en général des résultats assez semblables à ceux discutés précédemment. Les valeurs sont pourtant en moyenne légèrement inférieures. Le graphique des accumulations de la parcelle Vs7 est encore une fois assez particulier. Les échantillons prélevés le 26 mai 1965, qui avaient une teneur initiale d'azote nitrique déjà élevée, n'ont pas montré, après six semaines, une accumulation supplémentaire. Au contraire, une légère perte d'azote nitrique a été enregistrée.

d) Teneur et accumulation de l'azote en profondeur

A deux reprises en 1965, mai et décembre, on a déterminé les teneurs en azote minéral entre 20 et 30 cm de profondeur. Des quantités encore relativement importantes ont parfois été trouvées et des échantillons mis à incuber pendant six semaines en chambre humide ont généralement donné des accumulations plus ou moins importantes (voir tableau page ci-contre).

e) Estimation de la production d'azote minéral pour une année et par hectare

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous pour les six parcelles. On voit qu'il est difficile de faire une relation entre la production d'azote minéral et le type de végétation couvrant la parcelle pendant la période expérimentale. Certaines parcelles en culture ou en fin de culture semblent avoir une production d'azote minéral un peu plus faible que les parcelles recouvertes par une végétation secondaire plus ou moins ancienne. Mais le sol de la parcelle la plus productive est celui de Vs5, dont 1965 est la seconde année de culture.

Vs1	Vs2	Vs3	Vs4	Vs5	Vs6	Moyenne
91 kg	82 kg	72 kg	79 kg	99 kg	71 kg	82 kg

Ces valeurs peuvent, bien entendu, se lire en grammes par 10 m².