

## EQUILIBRE D'UN SYSTEME AGRAIRE ET DYNAMIQUE DU STOCK ORGANIQUE EN HAITI

TURENNE J.F.

Maitre de Recherche ORSTOM, B.P. 81,  
97201 FORT DE FRANCE

BROCHET, M.

Ingénieur d'Agronomie Madian Salagnac, Haïti

CAVALIE, J., PILLOT, D., De REYNAL, V.

Ingénieurs Agronomes, Madian Salagnac, Haïti

### SOMMAIRE |

Le système agraire des Hauts Plateaux Haïtiens est un modèle d'intensification des techniques culturales, basé sur un transfert de résidus de culture de parcelle à parcelle; dans ce système, un jardin boisé, proche d'un écosystème forestier, assure l'équilibre des transferts.

Différentes situations permettent de préciser la nature, le sens et l'amplitude des transformations du stock organique induites par ces techniques culturales: l'analyse révèle l'état d'équilibre des parcelles en culture continue avec accumulation sur place des résidus de jachère (faible niveau organique) ou en jardin boisé (niveau organique élevé). Elle souligne, par contre, l'hétérogénéité et le déséquilibre des parcelles à transfert organique en provenance des parcelles précédentes, mettant ainsi en évidence les facteurs limitant la fertilité.

### INTRODUCTION |

Le paysan haïtien développe un système de polyculture original qui associe un jardin boisé, proche d'un écosystème forestier, et deux systèmes de culture vivrière, soit avec transfert de matière organique, résidus végétaux, en provenance d'autres parcelles, soit avec concentration de la matière organique sur place. L'installation de ce système agraire et son organisation, se font par étapes successives.

Le jardin boisé, précurseur de l'écosystème forestier, voit l'installation d'espèces pionnières arbustives, peu exigeantes, arbustes d'ombrage, bananiers, qui créent les conditions favorables à l'établissement de plants de caféier. Des techniques se développent, tendant à relever la fertilité de la zone de savane sur laquelle est installé ce jardin boisé: aire de cuisine que l'on déplace (cendres), animaux domestiques en stationnement, résidus de nourriture humaine et animale.

Des parcelles situées à proximité sont plus particulièrement réservées aux céréales exigeantes, plantes sarclées à graines (maïs, phaseolus), et tubercules (*Ipomea batatas*). La fertilité y est assurée par l'apport de résidus végétaux en provenance d'autres parcelles ou du jardin boisé et par la stabulation d'animaux domestiques, complétés souvent par une jachère courte.

Dans un troisième type de parcelle enfin, l'agriculteur utilise sur place la matière végétale accumulée par une courte jachère (essentiellement à *Axonopus compressus*), par la technique de concentration de matière végétale en butte, après sarclage. Ces parcelles sont destinées à des cultures de tubercules (*Ipomea batatas*).

Trois niveaux de fertilité caractérisent ce système.

Dans le cadre de l'étude des formations agraires des plateaux du Sud d'Haïti, il est possible d'étudier en une seule campagne à la fois les niveaux de fertilité de chaque unité du système, jardins vivriers ou jardins boisés, d'âge connu de 2 à 80 ans. Cette séquence diachronique offre la possibilité de reconstituer les étapes de formation d'un stock organique, et de proposer un diagnostic des niveaux de fertilité.

On présente successivement dans cette note l'évolution du stock organique des jardins boisés, le stock organique des jardins vivriers et l'évolution des différents facteurs de fertilité.

### I. SITES ET METHODES

#### A - Sites:

Tous les sites d'observation sont situés sur un vaste plateau ondulé à 900 mètres d'altitude, relativement bien drainé, recouvert de sols rouges friables.

d'épaisseur variable, reposant sans transition sur le calcaire (Colmet Daage et al. 1969). Les teneurs en argile granulométrique sont très voisines pour les échantillons étudiés (tableau 1), (en moyenne 60%), fraction constituée de boehmite, de gibbsite et d'hématite et goethite, en moindre proportion. La capacité du sol entier est faible (10me/100g de sol). Ces sols ont des caractères très voisins, à l'exception de la profondeur qui reste un élément déterminant dans l'organisation du système de culture, les sols les plus profonds étant réservés à l'installation des jardins boisés.

Le climat est de type tropical d'altitude, avec une pluviométrie de 2200 mm, une température peu variable (22°, écart moyen 6°) et une saison sèche variable dans l'année, principalement de novembre à mai. Les façons culturales et semis suivent étroitement la distribution des pluies.

#### B - Localisation des prélèvements:

Sept situations sont analysées qui regroupent jardins boisés (A) et parcelles, soit avec transfert de matière organique (B), soit avec utilisation sur place de résidus d'une courte jachère (C). Un échantillon moyen sous-jachère de 4 ans complète cette série.

Les situations correspondent à des dates différentes d'installation de jardins boisés (A): 1978, 1975, 1965, 1955, 1950, 1930, 1900.

La composition floristique des jardins boisés varie, pour les trois premiers sites (mélange de bananiers, ricin, citrus, jeunes plants de caféiers). La population monospécifique de caféier, sous ombrage d'inga sp. est réalisée dès la quinzième année. Les jardins de type (B) présentent en moyenne un cycle de culture annuel prenant place le plus souvent en février, quelquefois en juillet à base de maïs et phaséolus. Les jardins C sont plantés en juillet (Ipomea batatas, phaséolus).

#### C - Analyse de la matière organique:

La comparaison morphologique des horizons supérieurs en jardins boisés, montre qu'au fur et à mesure de l'installation et de la croissance des arbres, la couleur et la structure varient, indiquant l'incorporation et la transformation du stock organique. La litière est presque réalisée en 30 ans, et le sol après

50 ans d'occupation montre un profil de sol forestier (litière, litière fragmentée), reposant sans transition sur un horizon grumeleux riche en radicelles à nombreuses traces d'activité biologique.

#### Méthodes d'analyse:

Le carbone et l'azote du sol total sont dosés à l'autoanalyseur CHN: les fractions humiques sont extraites à épuisement par un mélange pyrophosphate de Na 0,1 M, soude 0,1 N. Le résidu ou fraction non extraite par les réactifs alcalins représente l'humine, dont on détermine également C et N. Les proportions d'acides humiques (AH) et fulviques (AF), sont utilisées ici en indicateurs des transformations internes de la matière organique (rapport AF/C total, AH/C total AF/AH).

Une hydrolyse acide (BREMNER, 1965), fournit les formes de l'azote, notamment les formes aminées, indices des transformations biologiques.

La chronologie d'installation des jardins boisés est utilisée pour ordonner la présentation des résultats analytiques (Tableau n° 2).

## II. RESULTATS D'ANALYSE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

### A - Variations du carbone, du rapport C/N et des proportions des formes humiques (tableau 2):

#### 1. Jardin boisé:

##### 1.a. Taux de carbone total (fig 1):

On constate l'augmentation progressive des taux de carbone total jusqu'à un maximum qui se situe vers 15 ans d'installation du jardin boisé. Les valeurs diminuent ensuite sensiblement pour s'établir à un niveau supérieur à celui du départ après 80 ans d'occupation du sol: l'installation du jardin boisé conduit donc à l'élévation du stock organique du sol (carbone de 30 à 40%).

##### 1.b. Transformation du stock organique (fig. 2):

On constate que l'augmentation du stock organique passe par l'augmentation des formes humiques, au détriment des formes fulviques.

Le rapport  $\frac{AF}{AH}$  est identique entre le début de l'installation et la phase d'équilibre de la zone forestière (80 ans). Ceci suggère l'existence d'une phase transitoire entre deux états d'équilibres riches en formes humiques (fig. 2) produits directs de décomposition des débris végétaux apportés au sol: l'augmentation du stock organique passe donc par l'augmentation des formes humiques. Ces résultats confirment une observation précédente (TURNER, 1978), les acides fulviques représentant les formes les plus stables en système forestier tropical.

### 1.c. Evolution des rapports C/N:

La comparaison des rapports C/N des fractions organiques (fraction humique, résidu ou humine) renseigne partiellement sur l'évolution observée (tableau 3 - fig. 3).

On constate que dans la phase transitoire, les fractions humiques sont relativement plus riches en azote (C/N 6,6): ceci correspond également à une humification orientée davantage vers des produits humiques. L'équilibre forestier se traduit par des rapports C/N voisins pour les deux fractions, suggérant que ces deux compartiments sont alors en liaison étroite. L'équilibre moyen atteint est voisin de celui observé sous jachère de 4 ans (fig. 4).

## 2. Jardin avec transfert de matière organique (B):

### 2.a. Taux de carbone total (fig. 1):

Il est possible de comparer chronologiquement l'évolution des jardins vivriers de type (B): leur installation correspond en effet à celle du jardin boisé dont ils dépendent pour l'apport organique. Seul, le jardin B associé au jardin boisé de 1900 fait exception (installé en 1957).

On constate (fig. 1), (tableau 2), que la pratique d'apports organiques maintient pour les sites 1, 2 et 3, la matière organique aux niveaux atteints par une jachère de 4 ans: les variations observées pour les sites 4, 5 et 6 sont liées à des différences dans la conduite et dans la taille des parcelles.

- le niveau de la parcelle n° 4 traduit un transfert en carbone insuffisant noté par ailleurs (superficie de ce jardin B trop importante par rapport à celle du jardin boisé),
- le niveau de la parcelle n° 5 révèle l'effet d'une pratique de jachère plus longue. La parcelle bénéficie, en outre, de la taille de l'exploitation plus importante.
- le niveau de la parcelle n° 6 traduit enfin un abandon progressif, avec un ralentissement dans le système des apports.

Les niveaux de matière organique, en jardins vivriers de type B se situent donc à un niveau inférieur à ceux observés pour les jardins boisés, et ces niveaux sont très dépendants de la conduite de l'exploitation et de sa taille.

### 2.b. Transformation du stock organique:

Ces rapports  $\frac{AF}{AH}$  ou  $\frac{AH}{C}$  comparés aux rapports observés sous jardin boisé, se situent davantage en phase "transitoire", indiquant que le stock organique est en déséquilibre (valeurs relativement élevées de rapport  $\frac{AH}{C}$ ); Les produits jeunes résultant de la transformation des apports végétaux sont de type humiques à poids moléculaire élevé.

### 2.c. Evolution des rapports C/N (tableau 3 - fig. 4):

L'amplitude des variations du rapport C/N du sol total traduit l'hétérogénéité des parcelles: ce rapport augmente avec l'âge des jardins vivriers, la variation des rapports C/N des fractions humiques ou humines traduit une dynamique à la phase transitoire des jardins boisés (C/N bas pour les formes humiques, C/N élevés pour l'humine). Alors que l'évolution de rapport C/N des jardins boisés vers l'équilibre traduit une évolution convergente pour les deux fractions humique et humine, l'évolution de ce rapport pour les jardins vivriers au transfert de matière organique, traduit une évolution divergente et une situation de déséquilibre permanent.

## 3 - Jardins vivriers en courte jachère, avec accumulation sur place:

Ce type de parcelle montre de manière générale un faible niveau en carbone et azote: l'analyse des formes humiques démontre une grande constance dans la

répartition des acides humiques et fulviques ( $af/ah = 4$ ), ainsi que dans les valeurs des rapports C/N, soit des formes humiques (9) ou de la fraction humine (12) sans variations notables.

L'utilisation continue du sol sans apports extérieurs conduit à un équilibre entre les formes du carbone: l'utilisation du jardin de type (B) semble conduite à la longue vers un équilibre voisin de celui de l'utilisation continue sans transfert.

### III. VARIATIONS DES FORMES DE L'AZOTE

L'étude de la fraction hydrolysable renseigne particulièrement sur la dynamique observée à travers l'évolution des rapports C/N. En particulier, les valeurs les plus élevées en azote aminé sont observées en jardin (B) (41 % de l'azote total dont 34% localisé dans les formes humiques). C'est aussi dans ces jardins vivriers avec transfert de résidus végétaux que l'on observe l'hétérogénéité la plus grande dans la répartition des formes azotées aminées (de 18 à 41% l'azote total), alors qu'en jardin boisé ou dans les jardins de type (C) ces formes représentent 30 à 37 % de l'azote.

Cette analyse traduit encore le déséquilibre constant dans lequel se trouve le jardin (B) avec transfert : sa fertilité dépend en fait du maintien du rythme et de la qualité des apports extérieurs.

### IV. FACTEURS DE FERTILITE: stabilité structurale, capacité d'échange

#### A. Stabilité structurale:

La stabilité structurale (tableau 1) est liée à la teneur en matière organique: l'analyse du taux d'agrégats stables confirme les observations précédentes.

On constate:

- une évolution régulière et croissante du taux d'agrégats en fonction de l'âge du jardin boisé.
- une distribution moins hétérogène et un taux d'agrégats relativement plus faible en jardin (C).

#### B. Capacité d'échange, bases échangeables (tableau 4):

L'analyse du complexe absorbant révèle également la dynamique des trois systèmes. Si la capacité d'échange est fonction des teneurs en matière organique, les taux de saturation varient:

- à une capacité d'échange élevée obtenue en phase transitoire (0 à 30 ans) pour les jardins boisés, correspond un taux de saturation élevé. Ceci correspond également à une dynamique humique.

Au delà de cette phase transitoire, et à l'équilibre "forestier" (80 ans) la capacité d'échange reste élevée, mais le taux de saturation diminue nettement: ceci également à une dynamique organique de type fulvique et à une diminution des rotations à l'intérieur du jardin boisé.

Aux phases actives d'installation de ce jardin correspondent des taux élevés en Mg, K et Ca (cendres, pratique du four à chaux); de manière générale les niveaux moyens sont dans l'ordre décroissant, jardin boisé, jardin vivrier (B) jardin vivrier (C). La capacité d'échange en jardin boisé (A) (14me) est toujours plus élevée que la moyenne des jardins (B) ou (C).

Il faut enfin noter que cette capacité d'échange est ici entièrement le fait de la matière organique, la fraction fine du sol étant constituée d'oxydes et d'hydroxydes.

### V. DISCUSSION - CONCLUSION

Le système agraire des plateaux haïtiens est un modèle d'intensification de techniques culturales, tendant à utiliser au mieux le résidu végétal, pour une élévation du stock organique du sol et le maintien des rendements.

Un tel système est fondé sur un transfert de parcelle à parcelle, des résidus de culture et sur la constitution d'un système forestier. L'importance et l'équilibre des apports végétaux dépendent fortement de la taille et de la conduite des exploitations. Les rendiments traduisent l'hétérogénéité observée en particulier pour les jardins (B) au niveau du stock organique (carbone et azote) (tableau 5).

JARDINS (B) AVEC TRANSFERTS ORGANIQUES

Rendements en maïs en Qtz grains (12 % H) /ha, récolte de juillet 1980

rendement q x ha	14,5	11,6	11	21,4*
Niveau azote N ‰	3,79	2,81	3,03	
Superficie (A)	1650	1400	1050	1200 (A + B)
en m <sup>2</sup> (B)	3160	3800	3650	
(C)	3500	2000	1000	1300

\* phase d'installation (2 ans).

L'analyse de la matière organique des sols confirme l'efficacité des techniques employées dans la constitution du jardin boisé. Le maximum de matière organique dans le sol coïncide avec la taille définitive du jardin boisé (15 ans). Au-delà, l'écosystème forestier s'installe et fonctionne en équilibre.

A partir d'une matière organique hétérogène, le rapport entre carbone et azote, très différent entre les fractions humifiées, ou non, tend vers un équilibre représenté par des rapports très voisins pour ces deux fractions organiques, indiquant que l'équilibre est atteint. Les phases transitoires sont caractérisées par l'augmentation de formes humiques, produits jeunes, riches en composés azotés.

Ceci est observé non seulement pour l'écosystème forestier, mais également pour des parcelles en fonctionnement continu avec accumulation sur place de la matière organique obtenue par courte jachère.

L'étude du jardin vivrier de type (B) avec transferts organiques démontre qu'une telle technique aboutit à une hétérogénéité dans les résultats agronomiques et que son efficacité dépend de la régularité et du volume des apports. Le système organique de ces parcelles reste en déséquilibre.

L'intensification d'un tel système passe donc par l'intensification des techniques culturales en (B):

- soit par un contrôle rigoureux des transferts organiques à partir des parcelles existantes, en maintenant ces transferts à leur plus haut niveau en assurant un mélange homogène organique minéral.

- soit par l'introduction à un point du système d'une production de matière sèche (desmodium par exemple, 3 T de matière sèche par ha en semis intercalaire haricot/maïs) pour compenser la diminution des surfaces fournissant jusqu'ici les apports organiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) BROCHET, M., CAVALIE, J., PILLOT, D., de REYNAL, V. (1978). L'Agriculture Traditionnelle en haïti; Systèmes de Cultures et valorisation du milieu, Madien-Salagnac Haïti, 44 p + ann. ; multigr.
- 2) BELLANDE, A., BROCHET, M., CAVALIE, J., FOUCAULT, H., MONDE, C., PILLOT, D., de REYNAL, V. (1980). Espace rural et société agraire en transformation, in Recherches. Haïtiennes, Institut Français d'Haïti pp 9 - 179.

TABLEAU 1 - GRANULOMETRIE - TENEUR EN ELEMENTS < 2 μ

TAUX D'AGREGATS STABLES  
TAUX DE SATURATION

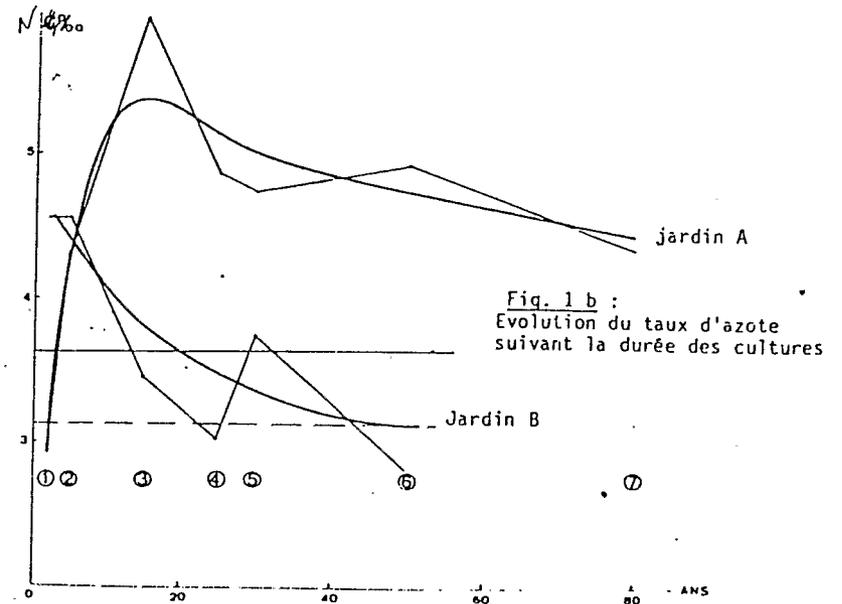
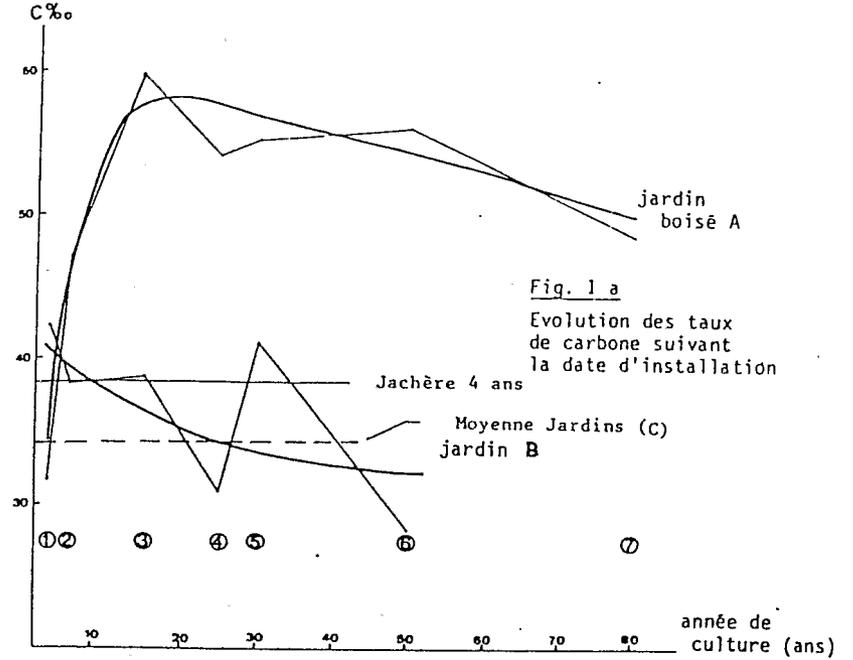
Année d'installation	1978	1975	1965	1955	1950	1930	1900
<b>GRANULOMETRIE (Arcile %)</b>							
Jardin A	59.29	52.39	57.55	59.59	52.20	66.50	66.25
Jardin B	63.63	51.25	56.73	52.65	59.00	59.8	57.35
Jardin C	55.38	56.73	49.79	65.20	57.60	60.45	-
<b>TAUX D'AGREGATS STABLES %</b>							
Jardin boisé A	65.34	72.07	77.29	73.10	79.16	79.51	90.90
Jardin vivrier B	63.27	66.94	75.14	63.45	70.67	75.54	70.46
Jardin vivrier C	54.69	60.87	69.80	67.46	65.07	70.89	-
Jachère	-	67.23	-	-	-	-	-
<b>CAPACITE D'ECHANGE Me / 100g</b>							
Jardin boisé A	13.50	24.00	30.00	22.50	19.0	22.0	14.00
Jardin vivrier B	12.00	18.00	18.50	11.00	17.50	10.50	12.50
Jardin vivrier C	19.59	11.00	13.00	11.50	14.50	15.50	-
Jachère	-	19.00	-	-	-	-	-
<b>TAUX DE SATURATION %</b>							
Jardin boisé A	82	69.6	74.8	81	84.7	64.7	43.2
Jardin vivrier B	63	74.8	87.8	57.6	93.3	50.5	49.6
Jardin vivrier C	81.3	51.3	70.2	37.4	78.4	87.0	-
Jachère	-	75.3	-	-	-	-	-

TABLEAU 2 - MATIERE ORGANIQUE - HORIZONS DE SURFACE

Année d'installation	1978	1975	1965	1955	1950	1930	1900
<b>JARDINS "A"</b>							
N° Prélèvement	2007	2001	2016	2004	2010	2013	2019
Humidité	27,2	25,9	29,5	30,3	30,5	31,1	30,4
Carbone total C %	31,702	47,72	59,74	54,01	55,01	56,07	48,50
Azote N %	2,933	4,298	5,996	4,86	4,747	4,948	4,373
C/N	10,3	11,4	9,9	11,1	11,6	11,3	11,1
Acides fulviques C %	12,32	11,48	12,51	14,63	13,50	12,13	13,83
Acides humiques C %	3,01	4,56	6,14	4,74	4,09	4,50	3,39
Al/C Total	9,50	9,56	10,29	8,77	7,44	8,03	6,90
AF/C Total	33,80	24,05	20,95	27,09	24,50	21,60	28,51
AF/AH	4,09	2,52	2,04	3,08	3,27	2,69	4,07
<b>JARDINS "B" associés aux jardins "A"</b>							
N° Prélèvement	2008	2002	2017	2005	2011	2014	2020
Humidité	24,6	24,4	23,0	25,6	23,9	22,5	24,4
Carbone total C %	42,33	38,27	38,97	30,80	41,30	28,42	36,07
Azote N %	4,56	4,55	3,47	3,03	3,79	2,81	3,55
C/N	9,28	8,41	11,212	10,15	10,88	10,11	8,03
Acides fulviques C %	11,09	11,29	8,57	12,45	11,58	9,56	10,89
Acides humiques C %	2,57	3,68	4,52	2,51	3,3	3,38	2,6
Al/C Total	6,08	9,52	11,85	8,17	8,21	13,5	8,27
AF/C Total	25,2	23,49	21,98	40,40	28,04	33,7	27,56
AF/AH	4,31	3,05	1,85	4,95	3,41	2,63	5,34
<b>JARDINS "C" associés aux jardins "A"</b>							
Humidité	25,0	23,6	23,1	24,6	22,0	19,6	-
Carbone total C %	44,20	28,59	31,76	34,17	40,69	28,81	-
Azote total N %	3,91	2,83	2,40	2,93	3,93	2,39	-
C/N	11,32	10,10	13,21	11,55	10,33	9,95	-
Acides fulviques	13,24	10,15	9,12	11,09	10,61	9,73	-
Acides humiques	3,51	2,45	2,74	2,57	2,57	2,75	-
AF/AH	3,77	4,13	3,32	4,31	4,12	3,53	-

TABLEAU 2 - Comparaison des rapports carbone/azote des fractions de la matière organique du sol (humus, humine)

Année d'installation	1978	1975	1965	1955	1950	1930	1900
<b>JARDIN BOISE</b>							
Fraction humique	8,18	8,48	6,63	8,84	7,79	10,59	10,56
Fraction humine	15,41	13,2	14,9	12,9	14,9	11,7	11,4
<b>JARDINS VIVRIERS "B"</b>							
Fraction humique	5,67	6,26	8,34	8,72	9,12	7,89	8,4
Fraction humine	12,38	10,78	13,60	12,00	12,33	13,5	12,1
<b>JARDINS VIVRIERS "C"</b>							
Fraction humique	9,72	7,56	-	10,3	8,46	8,7	-
Fraction humine	12,57	13,71	11,74	12,69	11,60	11,92	-



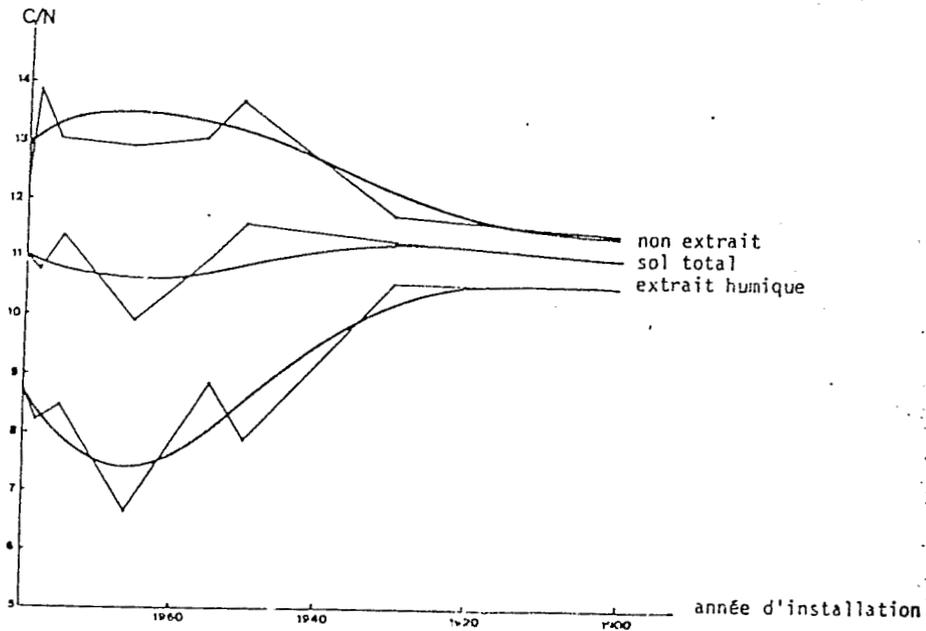
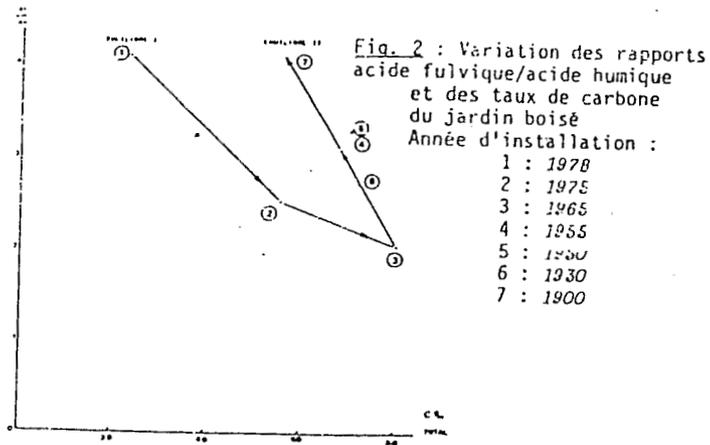


Fig. 3 - Jardins boisés - Evolution des rapports carbone/azote des fractions de la matière organique du sol (extrait humique, non extrait, sol total)

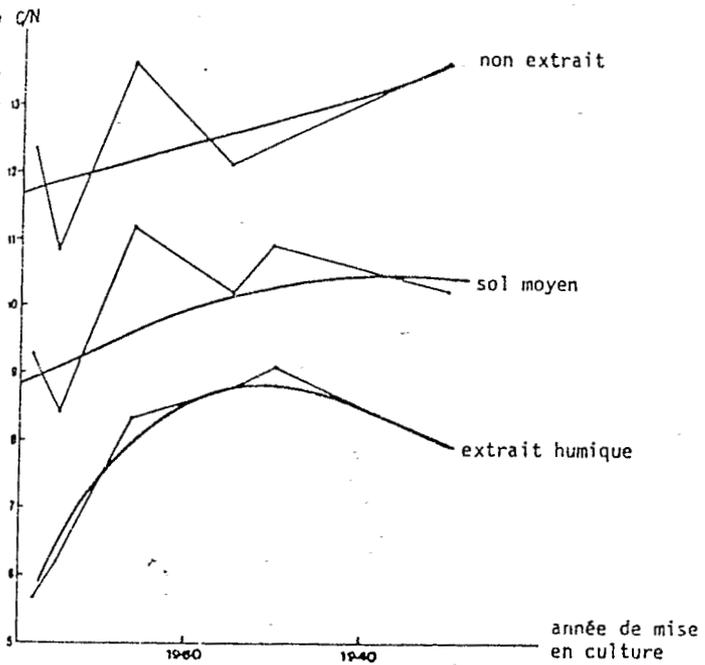


Fig. 4 : Evolution des rapports carbone/azote des fractions de la matière organique du sol (extrait humique, non extrait).