

ACADEMIE DE MONTPELLIER
UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

Diplome d'Etudes Approfondies

Option "PEDOLOGIE"

LE BILAN ORGANIQUE DES TERRES
REVUE GENERALE ET EXEMPLE DES SOLS DEFRICHES
DANS LE PARC REGIONAL NATUREL DU PILAT

par

Claude MORIN

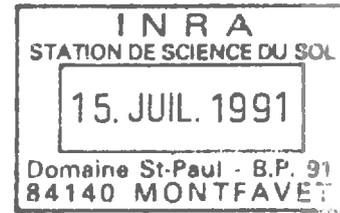
Présenté devant la commission d'examen en juin 1975

JURY : Professeurs E. SERVAT
J. AVIAS
R. LACOMBE

FC2

TH-FC2

~~TH - K5810~~



Je tiens à remercier ici tout particulièrement Monsieur le Professeur E. SERVAT, responsable de la Chaire de Géologie-Science du Sol de l'E.N.S.A.M. et Messieurs MAS, père et fils, à Marlin, sur la propriété desquels cette étude a été entreprise. Leur accueil synpathique et leur grande expérience des travaux de défrichement ont constitué pour moi une aide importante.

Mes remerciements vont aussi à Messieurs JP. LEGROS et M. DUPUIS qui m'ont guidé dans ce travail et m'ont aidé à résoudre de nombreux problèmes.

Il en est de même pour tout le personnel du laboratoire de Géologie de l'ENSAM, en particulier Mademoiselle S. LAGET et Madame H. BOJ qui ont réalisé certains travaux analytiques.

LE BILAN ORGANIQUE DES TERRES

REVUE GENERALE ET EXEMPLE DES SOLS DEFRICHES DANS LE PARC REGIONAL NATUREL DU PILAT

INTRODUCTION

I - DONNEES GENERALES SUR LA REGION

- . Topographie
- . Géologie
- . Pédologie
- . Pluviométrie
- . Températures

II - L'ACTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

A - Cas général

- 1 - Actions positives de la matière organique
- 2 - Risques inhérents à l'emploi de fumure organique

B - Action de la matière organique après défrichement dans le Pilat

III - LES RESTITUTIONS ORGANIQUES

A - Résidus agricoles et industriels

1 - Résidus agricoles

- . Résidus de récolte
- . Fumier de ferme
- . Engrais vert
- . Prairies permanentes et temporaires

2 - Résidus industriels

- . Produits assez concentrés
 - gadoues
 - composts issus de la fermentation aérobie des ordures ménagères
- . Eaux résiduaires

B - Résidus résultant de défrichements ou de déboisements

IV - L'EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

A - Revue sur l'évolution de la matière organique

- 1 - Valeur humique des apports et restitutions
- 2 - Les pertes ou exportations sous forme minérale

B - Le cas des sols du Pilat

- 1 - Méthode d'étude et résultats bruts
- 2 - Evolution du taux de matière organique
- 3 - Evolution du taux d'azote
- 4 - Evolution du rapport C/M
- 5 - Résumé

CONCLUSION

ANNEXES :

- Annexe 1 : Résultats analytiques
- Annexe 2 : Problèmes liés au défrichage

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Les landes couvrent en France d'immenses superficies. Leur origine se trouve généralement soit dans la pratique de l'écobuage pour la pâture des animaux, soit dans l'abandon de terres de culture en liaison avec une décroissance de la pression démographique.

Elles sont particulièrement nombreuses dans le Massif Central (Margeride, Lozère, Forez...) où elles présentent une composition floristique qui est fonction des conditions climatiques et pédologiques ; celle-ci est généralement composée de genêt purgatif (*Cytisus purgans*), de genêt à balai (*Sarothamnus scoparius*), de bruyère à balais (*Erica scoparia*), de callune (*Calluna vulgaris*), de fougère aigle (*Pteris aquilina*) et de molinie (*Molinia caerulea*).

La nécessité qu'ont les exploitants agricoles de cultiver des surfaces de plus en plus grandes afin de rentabiliser leur matériel et de produire plus, en a amené un certain nombre à envisager la récupération de ces terres inutilisées. La chose est maintenant réalisable grâce aux moyens techniques disponibles.

Le défrichement est donc, à l'heure actuelle, un élément essentiel à considérer dans le cadre de l'économie et de la rénovation des zones de montagnes, ainsi que dans celui de la protection des sites et de la conservation des sols. Nous allons donc étudier ses conséquences sur le milieu édaphique.

Comme l'expérience a montré que les modifications pédologiques entraînées affectent essentiellement la matière organique, c'est son évolution que nous allons plus particulièrement envisager.

Cependant, en annexe, nous évoquerons les problèmes qui sont liés à ces défrichements.

I - DONNEES GENERALES SUR LA REGION

- Les parcelles étudiées sont situées au nord-est du Massif du Pilat, sensiblement à la verticale de Rives de Giers, à la hauteur de Sainte Croix en Jarez, dans le département de la Loire. Certaines sont situées dans le Parc Régional Naturel du Pilat, d'autres juste en bordure.

- La topographie est assez vallonnée, avec des dénivelés de l'ordre de 150 à 200 mètres entre le sommet des buttes et le fond de la vallée du Couzon.

- L'altitude moyenne des parcelles étudiées est de l'ordre de 550 à 600 mètres.

- Du point de vue géologique, nous sommes ici dans une zone de micaschistes, généralement à deux micas ou à biotite. Les sols rencontrés présentent donc tous une certaine similitude liée au mode d'altération de ces roches :

" L'altération superficielle des micaschistes se caractérise par une désagrégation physique plus ou moins marquée, . . . le terme extrême est représenté par un profil comportant la roche altérée, un goré . . . , coiffé lui-même par un sol brun acide relativement épais" DEJOU, GUYOT et MORIZET (1966).

L'évolution ainsi définie est valable ici en terrain cultivé. Sous végétation naturelle, les sols présentent un horizon clair appauvri et un autre, brun rougeâtre enrichi en argile, ce qui correspond dans la classification à des sols bruns faiblement lessivés.

Ce lessivage est masqué en terrain de culture par les nombreux mélanges liés aux pratiques culturales, d'où la différenciation conduisant aux sols bruns acides.

- Le régime pluviométrique est sensiblement le suivant : il y a une saison pluvieuse d'avril-mai à octobre-novembre et une période plus sèche de décembre à mars.

Pour avoir une idée des hauteurs d'eau reçues, reportons nous aux relevés des deux stations météo les plus proches : celle de Chateauneuf, au barrage du Couzon, à 352 m et celle de Rive de Giers à 230 m.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Chateauneuf	35,0	35,5	42,8	46,9	61,1	79,5	64,7	91,1	81,2	56,3	64,7	41,3	700,1
Rive de Giers	40,5	40,6	36,7	41,7	63,2	83,3	48,2	78,8	82,8	56,4	60,0	37,8	670

Ces valeurs exprimées en millimètres d'eau, correspondent à des moyennes calculées respectivement sur 17 et 15 ans.

Cependant, il faut noter que les deux postes sont à une altitude nettement inférieure de celle des parcelles que nous étudions. Nous sommes donc amenés à faire une correction pour l'altitude en nous appuyant sur les données de stations plus éloignées mais à une altitude analogue. Nous estimons alors la pluviométrie à 800-850 mm d'eau par an.

- Le régime des températures nous est approximativement donné par les relevés du poste thermométrique de St-Etienne, à 564 m d'altitude.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne mini	-2,0	-1,7	1,0	3,8	7,1	10,5	12,4	11,5	9,5	5,1	2,0	-0,7	4,9
Moyenne maxi	4,9	6,4	11,3	14,4	18,6	22,5	25,1	24,6	21,6	15,5	9,6	6,2	15,1
MOYENNE	1,5	2,4	6,2	9,1	12,8	16,5	18,8	18,0	15,5	10,3	5,8	2,7	10

Toutes ces moyennes, en degrés Celsius, ont été calculées sur 20 ans. Il est pratiquement impossible de faire une correction pour adapter ces valeurs à la région de Ste-Croix-en-Jarez, les lois de variation étant mal connues. Nous devons donc nous contenter de ces chiffres.

- Le processus de défrichage a été le suivant :

en septembre, après avoir abattu et enlevé les gros arbres, passage du rotavator pour broyer le reste de la végétation et l'incorporer au sol. L'année suivante, en juin, nettoyage par un second passage de rotavator. Puis, fin aout, début septembre épandage d'engrais suivi d'un semis immédiat soit de seigle, soit d'herbe, le mélange adopté étant le suivant : ray-grass, trèfle, lotier, dactyle, fléole. Fin mars de l'année suivante, apport d'ammonitrate. Donc, la première récolte se fait deux ans après le début du défrichage.

II - ACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE

Etudions d'abord cette action d'une manière générale, avant d'envisager le cas plus particulier du Pilat.

A - CAS GENERAL

1 - Actions positives de la matière organique

Une étude faite par MONNIER (1965) a montré que l'enfouissement de matière organique provoque les effets suivants :

- + Amélioration de la stabilité structurale en liaison avec deux phénomènes :
 - . diminution de la mouillabilité du fait des caractères hydrophobes des produits de première décomposition des résidus organiques ;
 - . renforcement des liaisons entre les particules du sol, ceci étant surtout le fait des composés évolués de l'humus : acides fulviques, acides humiques

- + Augmentation de la faune du sol et de son activité, en liaison avec la source d'alimentation qu'elle y trouve. Cette activité favorise l'aération du sol et provoque un brassage des constituants.

- + Diminution d'une éventuelle compacité : l'enfouissement des débris organiques augmente l'hétérogénéité du milieu, d'où l'apparition de nouveaux points de rupture lors des cycles tels que gel-dégel, hydratation, déshydratation. Ce fractionnement entraîne en particulier une augmentation de la perméabilité du sol, d'où augmentation de la capacité de rétention.

A ces effets, il faut ajouter le rôle nutritif que joue cette matière organique pour les plantes dont les racines exploitent le sol.

La matière organique a aussi une action au niveau de la température des sols : la richesse d'un sol en matière organique se traduit généralement par une couleur sombre, noire ; or nous savons que l'absorption des rayonnements solaires par un objet est d'autant plus grande que cet objet est plus sombre. Donc, à cette couleur sombre est lié un réchauffement intéressant pour les cultures surtout en montagne car la période végétative est courte.

2 - Risques inhérents à l'emploi de fumure organique

Ils sont les suivants :

- + Hydromorphie par formation d'une couche réductrice de matière organique si l'enfouissement a été fait trop profondément, avec un excès d'eau. L'enfouissement doit tenir compte de l'aération du sol : il sera peu profond en sol argileux et profond en sol sablonneux.

+ Manque à la levée si le sol est trop soufflé, du fait d'un excès de paille par exemple qui peut même constituer un obstacle physique aux plantules.

+ Gaspillage si les apports sont mal coordonnés avec les besoins. On aura aussi gaspillage si on veut combler trop rapidement un état déficitaire du taux de matière organique par des apports massifs, ou si on essaie d'obtenir un nouvel équilibre trop élevé.

+ Risques de toxicité, en relation avec la nature et la composition de la matière organique apportée.

+ Accidents de culture, verse par exemple, si on fait des apports excessifs de produits tels que les eaux résiduaires pauvres en matière organique mais apportant beaucoup d'éléments nutritifs.

B - ACTION DE LA MATIERE ORGANIQUE APRES DEFRICHEMENT DANS LE PILAT

Les sols étudiés sont généralement souples, bien structurés. Ils sont assez sombres, leur couleur correspondant sensiblement à la dénomination 10 YR 3/3 du code Munsell. Ils ont un bon ressuyage : ainsi, après un jour et demi de pluie, on a observé que le sol était revenu à la capacité au champ. Du point de vue cultural, les bons rendements obtenus traduisent un état satisfaisant du stock d'humus et d'éléments nutritifs du sol.

III - LES RESTITUTIONS ORGANIQUES

Nous allons d'abord envisager d'une façon générale les résidus agricoles et industriels qui sont apportés aux sols, puis nous passerons au cas plus particulier des résidus résultant de défrichage ou de déboisement.

A - RESIDUS AGRICOLES ET INDUSTRIELS

1 - Résidus agricoles

a - Résidus de récolte

Ils ne sont pas négligeables représentant dans de nombreux cas la moitié de la production ; ainsi, par exemple, un blé de rendement (50 à 60 quintaux à l'hectare) donne aussi 6 à 8 tonnes de pailles, chaumes et résidus secondaires (balles...) (G. LEFEVRE).

En 1945, S. HENIN et M. DUPUIS avaient fait les estimations suivantes sur la transformation de ces résidus en matière organique du sol :

	Résidus en M. O. sèche en Kg	Résidus transformés en M. O. du sol en Kg
Betterave	3 200	1 280
Blé	1 700	680
Avoine	1 200	480
Luzerne	2 500	1 000

Ces chiffres correspondent aux rendements de l'époque et doivent être révisés. Cependant, ils donnent une idée du taux de transformation des différentes formes de matière organique.

Les travaux de G. SIMON (1960) ont montré qu'un enfouissement de paille provoque une croissance du nombre des micro-organismes présents dans le sol et une stimulation de l'activité globale de la microflore du sol. Les phénomènes sont immédiats, d'abord importants puis décroissant au fur et à mesure que s'épuisent les ressources énergétiques.

Ces travaux ont aussi montré que la décomposition de la paille est accélérée par addition d'azote ammoniacal qui exerce une influence favorable sur les microorganismes ; la dose d'azote conseillée est de l'ordre de 10 à 12 kg d'azote par tonne de paille.

b - Fumier de ferme

Son emploi se réduit considérablement du fait de la disparition du bétail dans de nombreuses exploitations.

Il était essentiellement utilisé pour les plantes sarclées, étant épandu à l'automne à raison de 20 à 30 tonnes par hectare. Cette dose correspondait donc à l'apport pour une rotation.

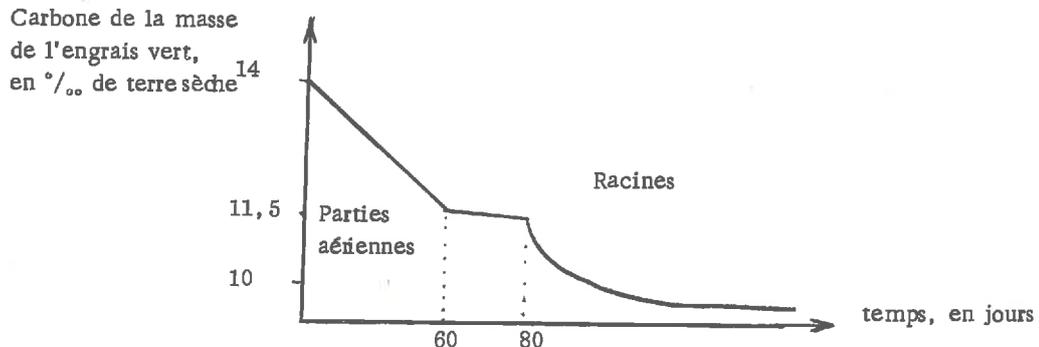
Le coefficient d'utilisation de ses différents éléments est le suivant :

	% utilisable
N	20 - 30
P ₂ O ₅	20 - 35
K ₂ O	60

D'autre part, on considère qu'une tonne de fumier apporte en moyenne 4 à 5 kg d'azote, 3 kg de P₂O₅ et 5 à 6 kg de K₂O. Du fait de sa rarefaction, il est parfois remplacé par du fumier artificiel, obtenu à partir de pailles, joncs, ...

c - Engrais vert

Les travaux de MONNIER (1965), faits en verger, montrent que l'enfouissement d'engrais vert provoque une amélioration rapide de la structure. Cependant, cette action est très fugace du fait de la disparition rapide du produit enfoui.



Le faible apport de matière organique sèche qu'il représente et ses vertus, limitées à l'amélioration de la structure du sol, font que son appellation d' "engrais vert" est parfois contestée.

Cependant, il est assez utilisé car il augmente la portance du sol : dans les vergers, on l'implante en automne, d'où des facilités de travail en hiver et on le retourne au printemps. De plus, il diminue les pertes en azote minéralisée qu'il absorbe en assez grosse quantité pour son développement. En terrain nu cet azote serait entraîné, donc perdu. La restitution interviendra naturellement lors du retournement.

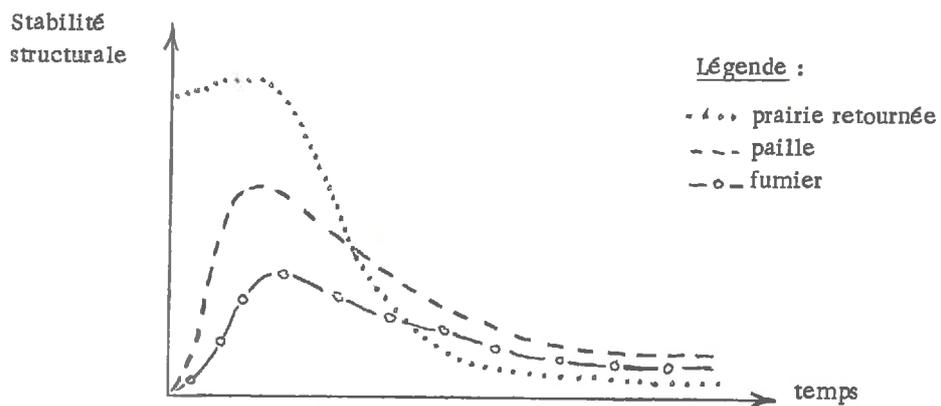
L'engrais vert est recommandé en liaison avec l'enfouissement des pailles car celui-ci correspondant essentiellement à un apport de carbone (C/N voisin de 70), alors que le premier apporte proportionnellement plus d'azote (C/N voisin de 18). Il faut remarquer que cette pratique est souvent spontanée du fait de la germination des graines qui sont tombées au sol lors de la récolte.

d - Prairies permanentes et temporaires

HENIN a montré que la décomposition des racines provoque la stabilisation des agrégats et l'apparition d'une structure grumeleuse.

De plus, il a montré que le taux moyen de matière organique totale sous prairie était élevé (3,8 %), ce qui traduit l'importance des apports par les racines et peut être une faible minéralisation ou le blocage de l'humification à un stade intermédiaire en sol non cultivé.

De ce fait, le retournement d'une prairie apporte une faible amélioration de la stabilité structurale, puisque celle-ci était déjà importante. L'étude comparative faite par MONNIER, sur les effets d'un retournement d'une prairie, de l'enfouissement de paille et de fumier montre qu'on a ensuite une rapide diminution de la stabilité.



2 - Résidus industriels

Leur emploi est appelé à se développer, car il permet de résoudre le problème de l'élimination de résidus qui apparaissent parfois en grande quantité et dont on ne sait quoi faire. Il peut cependant être limité du fait de l'existence fréquente des risques de toxicité.

On peut classer ces résidus dans deux catégories suivant leur concentration ; en effet, beaucoup sont sous forme d'eaux résiduaires, donnant finalement peu d'humus pour un apport initial très important en volume. D'autres représentent des produits beaucoup plus concentrés.

a - Produits assez concentrés

- Gadoues

Elles sont produites par les stations de traitement des ordures ménagères. Elles sont utilisées en culture maraîchères, mais présentent des risques de toxicité.

On parle de gadoues vertes si elles n'ont subi ni traitement mécanique, ni fermentation. On entend par gadoues criblées un produit obtenu par traitement mécanique des ordures ménagères et passant dans une maille au plus égale à 75 millimètres.

- Composts issus de la fermentation aérobie des ordures ménagères

Une partie importante des ordures ménagères est fermentescible, entre autre la cellulose qu'on y retrouve sous différentes formes, le papier par exemple.

Donc, après broyage, déferailage et humidification, les déchets sont mis à fermenter. La fermentation est plus ou moins rapide suivant la technique, pouvant aller de quelques jours, dans les installations industrielles telles que celle d'Avignon, à plusieurs mois dans les installations de type artisanal telles que celle de St-Mathieu-de-Trèvières.

Le produit est apprécié si ce n'est qu'on lui reproche de contenir souvent trop de fragments de verre ou de plastique, ce qui n'est qu'un problème de taille des mailles des cribles qui servent au nettoyage du compost.

Son prix est de l'ordre de 30 francs la tonne. On utilise parfois le compost mélangé à des gadoues.

b - Eaux résiduaires

Leur emploi en agriculture ne vient pas tellement de leurs propriétés mais du fait qu'elles sont produites en grande quantité par les industries agricoles et alimentaires et qu'on ne sait pas quoi en faire. De ce fait, elles sont souvent épandues selon des doses qui ne tiennent pas compte des besoins des sols et des plantes, mais qui correspondent aux besoins d'élimination de ces produits. La fraction de leur charge qui sera humifiée est généralement minime, les eaux résiduaires apportant essentiellement des éléments nutritifs.

Leur mode d'épandage doit être fonction de leur charge et de leur odeur (G. CATROUX, JC. GERMON, Ph. GRAFFIN - 1974).

GRAS et MORISOT (1974) ont montré que des apports importants de résidus de laiterie (500 à 5 000 mm) provoquent de grandes modifications du sol et un fort enrichissement en K_2O , P_2O_5 (une tonne par hectare sur 25 cm pour chacun) et en magnésium.

MULLER (1973) a fait des observations analogues avec les eaux résiduaires de féculerie, notant en plus un enrichissement en azote total (2,07 ‰ \rightarrow 2,31 ‰) et l'évolution du rapport C/N de 11 à 8,4 dans une luzernière.

JUSTE (1974) a travaillé sur les vinasses de distillerie, mais en les mélangeant avec des ordures ménagères fermentées à raison de 50 % en poids de vinasse à 41 % d'eau et 50 % en poids d'ordures à 19 % d'humidité. Il a montré que les disponibilités en éléments nutritifs sont alors voisines de celles des fumiers de ferme.

CATROUX, GERMON, HEITZ et BIDAN (1974) ont montré en étudiant l'épandage des eaux résiduaires de sucrerie que pour 1 000 tonnes de betteraves travaillées, il y a en moyenne un rejet soluble de 3 500 kg de D.C.O. (Demande chimique en oxygène), 77 kg d'azote total et 7 à 8 kg de phosphore total.

BALLAY et CATROUX (1974) ont montré qu'un mètre cube de lisier porcin non dilué apporte 3,5 à 12 kg d'azote, 2 à 9 kg de P_2O_5 et 2 à 4 kg de K_2O . Nous voyons donc qu'il y a un risque d'excès d'azote, risque qui peut être atténué selon le processus d'épandage. Ainsi, COPPENET (1974) estime que pour la Bretagne, les risques apparaissent pour des doses supérieures à 50 m³ par hectare et par an.

L'épandage du lisier peut présenter des risques de pollution soit par entraînement de polluants organiques dans les eaux, soit par entraînement d'un excès d'azote qui va être nitrifié et transformé en nitrates qui peuvent être entraînés dans les nappes d'où croissance des algues, augmentation de la demande en oxygène, eutrophisation, etc...

B - RESIDUS RESULTANT DE DEFRICHEMENTS OU DE DEBOISEMENTS

Nous pouvons déjà nous faire une idée de l'importance quantitative de ces résidus dans le cas de la région étudiée, plus particulièrement dans le secteur de Chavanol.

La végétation préexistante était essentiellement composée de bruyères, genêts à balais, genêts purgatifs, ronces, fougères et molinies, avec quelques grands arbres (des pins sylvestres).

Lors du défrichage, après abattage des arbres, toute cette végétation a été broyée au gros rotavator et intégrée au sol sur une profondeur de 30 cm environ.

Après un an de culture, l'analyse donne pour l'horizon 0-30 cm, un taux de matière organique de 9,64 %.

L'analyse d'un témoin que nous jugeons bien représentatif de la situation préexistante vue sa composition, nous donne les résultats analytiques suivants :

Profondeur	Taux de M.O.
0 - 15	7,74
15 - 30	3,19

Donc, si nous calculons le tonnage de matière organique par hectare, sur 30 cm de profondeur, avec une densité du sol de l'ordre de 1,1, nous obtenons :

$$\begin{aligned} \text{Témoin : M.O.} &= 10\,000 \times 1,1 \times (7,74 \times 0,15) + (3,19 \times 0,15) \quad 10^{-2} \\ &= 180 \text{ tonnes par hectare environ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Un an après} & \quad \text{M.O.} = 10\,000 \times 1,1 \times 9,64 \times 0,30 \times 10^{-2} \\ \text{le défrichage} & \quad = 320 \text{ tonnes par hectare environ.} \end{aligned}$$

Donc, nous pouvons noter au niveau du sol sec, un enrichissement d'environ 140 tonnes de matière organique sèche, par hectare, ce qui est considérable et permet d'estimer, en tenant compte de la

la matière fraîche directement minéralisée et de l'humidité que l'enfouissement doit correspondre à un apport de 400 tonnes de matière fraîche par hectare. Cette valeur peut paraître énorme si on la compare par exemple aux restitutions d'une culture de blé ou de maïs, mais il ne faut pas oublier que nous nous trouvons à des humidités et des densités de population différentes. De plus, la lande préexistante atteignait fréquemment 2 à 3 m de haut comme le montre la photo suivante.



D'ailleurs, cette valeur devient plausible lorsqu'on la compare avec les résultats de W. H. Mc KEE (1974) relatifs à une pinède : des pins de 7,50 m de haut, plantés avec un écartement de 4 m à 4,50 m représentent une biomasse de 40 à 50 tonnes par hectare. Or, il s'agit d'une végétation nettement moins dense que notre lande même si sa taille est supérieure.

BAKER, SWITZER et NELSON (1974) donnent eux aussi une estimation de la biomasse correspondant à une plantation de pins vieille de 6 ans et ayant été fertilisée. A cet âge, la plantation représente 23 tonnes de matière par hectare, en tenant compte de la strate herbacée encore présente à ce stade de développement des arbres. Cette valeur laisse supposer que si la mesure avait été faite avec des arbres de la taille de ceux définis par Mc. KEE, le résultat obtenu aurait été nettement supérieur aux 40 à 50 tonnes mentionnées.

Ces différences montrent bien qu'il faut être prudent dans de telles estimations et ne pas vouloir généraliser des résultats relatifs à un biotope particulier. Néanmoins, il est évident que le défrichage au rotavator correspond à un énorme amendement humique.

Les résidus de défrichage ou de déboisement sont généralement plus liquifiés que les résidus agricoles ou industriels. Ils peuvent, dans des cas particuliers il est vrai, présenter des risques de toxicité : aussi, en 1919 ont été faites des observations de stérilité des endroits où avaient été déposés des résidus de scierie.

Des expérimentations sur l'utilisation des écorces de feuillus et résineux ont été réalisées durant ces dernières années :

- MULLER (1971) a montré que l'emploi d'écorces provoqué un retard de végétation, du fait d'une diminution de la disponibilité en azote, celui-ci devant être utilisé par les microorganismes qui détruisent la matière organique.

- MOULINIER (1974) a mené une expérimentation avec de jeunes plants de blé cultivés sur un mélange de terre et d'écorces. Il a observé les résultats suivants :

- . la croissance des racines est d'autant moins bonne qu'il existe plus d'amendements,
- . quel qu'en soit le sol, l'écorce de résineux est moins toxique que celle des feuillus,
- . la désinfection à 100° C, opération fréquente dans les serres, provoque une inversion du phénomène, l'écorce de feuillus devenant moins toxique que celle de résineux.

De toute façon, l'humification de tels produits doit poser beaucoup de problèmes, du fait de la présence de tanins, cires et résines qui sont généralement des obstacles au développement des populations bactériennes.

IV - L'EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

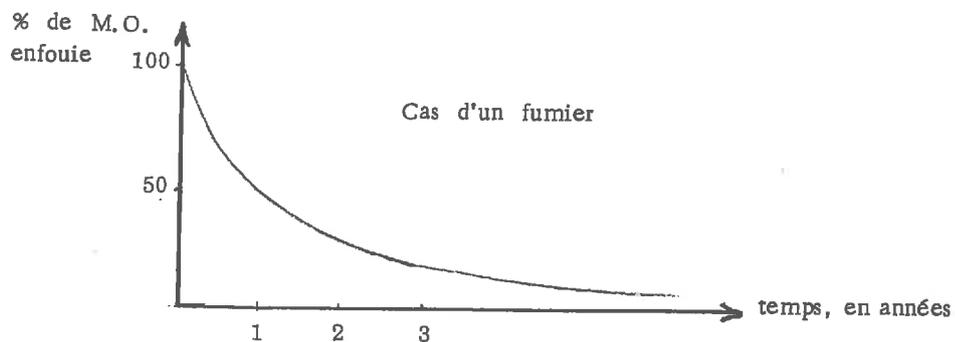
A - REVUE SUR L'EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

Nous envisagerons ici l'aspect quantitatif du problème et non pas les réactions chimiques qui correspondent aux phénomènes de minéralisation et d'humification.

Ce sont surtout S. HENIN et M. DUPUIS (1945) qui ont travaillé les problèmes relatifs au bilan de la matière organique dans le sol.

1 - Valeur humique des apports et restitutions

Les auteurs ont suivi l'évolution du taux de matière organique d'un sol limoneux de culture après un apport de matière organique. Les faits observés sont traduits par la courbe suivante :



Ils ont alors défini le coefficient isohumique K_1 :

K_1 est le rapport de l'augmentation du taux de matière organique du sol sur la quantité de matière organique apportée, en % de terre.

C'est donc le coefficient de transformation en matière humique des différentes substances organiques apportées au sol.

Le calcul de K_1 demande au moins trois ans d'expérimentation.

Indiquons quelques unes des valeurs qui ont été ainsi obtenues :

- fumier bien décomposé $K_2 = 0,50$
- fumier pailleux $K_1 = 0,325$
- paille $K_1 = 0,15 \text{ à } 0,19$
- engrais vert $K_1 = 0,20 \text{ à } 0,30$

2 - Les pertes ou exportations sous forme minérale

L'humus stable envisagé sur la courbe précédente subit une lente dégradation qui correspond à sa minéralisation et représente une perte pour le stock de matière organique du sol.

Pour traduire le phénomène, HENIN et DUPUIS ont défini le coefficient K_2 qui est le coefficient de destruction annuelle de l'humus stable, c'est-à-dire le pourcentage d'humus stable minéralisé chaque année.

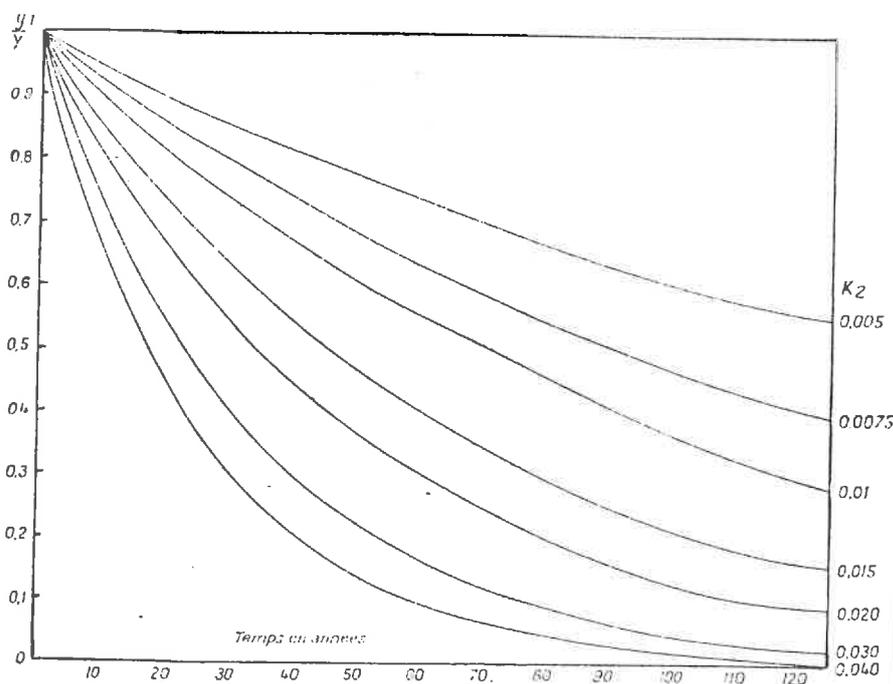
Le modèle mathématique de la minéralisation est :

$$y = Y e^{-K_2 t}$$

avec $\frac{Y}{y} = \text{taux de M.O. à l'instant } t = 0$

d'où $K_2 = - \frac{1}{t} \text{ Log. } \frac{y}{Y}$

Pour déterminer K_2 on utilise l'abaque suivante :



Son usage est des plus simples ; les calculs se réduisent à celui de y/Y . On cherche sur le graphique l'intersection de l'ordonnée correspondant à la valeur ainsi établie et l'abscisse correspondant au temps mesurant la durée de l'expérience. On obtient un point déterminant la valeur de K_2 . Une interpolation est parfois nécessaire. Les valeurs de K_2 ainsi obtenues sont généralement comprises entre 0,01 et 0,02. Elles sont de l'ordre de 0,03 pour les cultures maraîchères du Midi et de 0,04 sous serres.

Remarque :

Ces valeurs sont souvent exprimées en pourcentage, le symbole du pourcentage étant sous entendu, d'où $K_2 = 1$ ou $2...$

Des méthodes ont ensuite été mises au point pour estimer K_2 sans avoir à recourir à une expérimentation. Ainsi, en tenant compte des taux d'argile et de calcaire du sol sec, respectivement en A et C, exprimés en ‰, HEBERT (1957), JACQUIN (1963) et MOREL (1968) ont établi la formule suivante :

$$K_2 = \frac{1\ 200}{(A + 200) (C + 200)}$$

Les valeurs calculées sont parfois différentes des valeurs mesurées ; aussi, du fait du rôle de la température dans les phénomènes de minéralisation, M. DUPUIS (1975) adapte la formule précédente en y faisant intervenir la température moyenne annuelle, en °C, en plus des pourcentages de calcaire et d'argile.

L'expression devient alors, en première approximation :

$$K_2 = \frac{12}{(20 + C) (20 + A)} \times 0,1 \times t^{\circ} m$$

avec $t^{\circ} m$ = température annuelle moyenne.

Les estimations obtenues ainsi semblent nettement plus proches de la réalité.

Remarque :

Si on veut envisager le bilan d'entretien humique, il faut aussi tenir compte, en plus des restitutions et des pertes par minéralisation, des exportations qui sont fonction du métabolisme de la plante et du rendement.

B - LE CAS DES SOLS DU PILAT

1 - Méthode d'étude et résultats bruts

Du fait de l'orientation de notre étude, l'analyse des échantillons, prélevés en septembre, a porté essentiellement sur le carbone organique, dont le taux permet de déterminer celui de la matière organique et sur l'azote organique total, d'où la possibilité d'envisager le rapport C/N.

Nous avons aussi effectué la mesure du pH afin d'en observer l'évolution après défrichement ; cependant, nous n'y attacherons pas trop d'importance, par manque de renseignements précis sur les engrais qui ont été éventuellement apportés aux sols.

Enfin, par parcelle, un échantillon représentatif a été sélectionné et soumis à l'analyse granulométrique, afin de préciser cette importante condition de milieu.

Les teneurs en carbone total ont été déterminées par la méthode ANNE (1945).

Pour l'azote organique, c'est naturellement la méthode KJELDAHL qui a été employée et plus précisément l'appareil BOUAT et CROUZET.

Les mesures du pH ont été faites dans l'eau distillée dégazée, avec un rapport sol sur solution égal à 2,5.

Quant aux granulométries, elles ont été réalisées à la pipette de ROBINSON selon la méthode internationale. Les différents résultats obtenus ont été reportés dans les tableaux joints en annexe. Nous ne reproduirons ici qu'un tableau comportant les moyennes calculées pour les horizons culturaux. Ceux-ci correspondent généralement à une épaisseur de 20 à 30 cm. Pour déterminer ces moyennes, il s'est posé le problème de savoir s'il fallait éliminer les valeurs apparemment aberrantes ; finalement, nous avons considéré qu'il était préférable de les conserver, jugeant qu'elles traduisent assez bien l'hétérogénéité du milieu, hétérogénéité qu'il ne faut pas négliger. De plus, les moyennes obtenues en conservant ces valeurs extrêmes sont généralement peu différentes de celles obtenues en les éliminant.

En complément à ces moyennes, nous ajoutons dans ce tableau de résultats une colonne indiquant le nombre d'années de culture des différentes parcelles (postérieurement au défrichement initial).

Temps en années	C % terre sèche	M.O. % terre sèche	N % terre sèche	C/N %	pH	Série
1	5,593	9,640	0,454	12,266	4,683	8
4	5,543	9,560	0,453	12,166	4,950	6
5	5,250	9,060	0,361	14,250	4,675	1 a
5	4,320	7,447	0,362	11,933	5,212	7
7	2,720	4,686	0,216	12,200	5,176	5
8	5,740	9,892	0,441	12,860	4,940	3-4
9	5,843	10,096	0,438	13,386	4,700	2
10	2,765	4,770	0,227	12,100	5,005	1 b
15	2,271	3,912	0,205	10,966	5,150	1 c

Remarques :

. Pour retrouver la numérotation des parcelles, il faut se référer au plan joint. Cependant, la parcelle n° 8, située à Chavanol (voir carte) n'y figure pas à cause de son éloignement.

. Les notations 1a, 1b et 1c proviennent de ce que la parcelle n° 1 a été défrichée en trois fois.

Ce tableau montre une certaine cohérence, si ce n'est pour les deux lignes correspondant aux dates 8 et 9 ans dont on doit cependant noter l'analogie. Le plan montre que les deux parcelles incriminées sont voisines ; elles ont dû bénéficier simultanément d'un apport récent de fumier qui ne nous avait pas été signalé mais dont des traces ont été remarquées lors du prélèvement des échantillons. Pour le traitement ultérieur nous éliminerons donc des données aberrantes.

Nous pourrions peut être expliquer aussi la valeur apparemment un peu forte obtenue pour le taux de carbone de la série 1a en signalant qu'elle était une des rares parcelles à être déchaumée.

Analyses granulométriques

Tous les résultats obtenus sont regroupés dans un tableau fourni en annexe.

En retenant comme précédemment la moyenne de ces résultats, nous obtenons pour les horizons Ap la granulométrie suivante :

Sables grossiers	Sables fins	Limons grossiers	Limons fins	Argile	Matière organique
23,04	20,39	11,91	24,50	13,19	7,97

Remarque :

Tous les résultats sont corrigés de l'humidité.

Le triangle des textures adopté par le GEPPA indique alors une texture moyenne, de sable argilo-limoneux.

En observant le tableau des résultats granulométriques complets, nous pouvons remarquer différents phénomènes :

- La croissance du taux de sable grossier lorsqu'on passe de l'horizon supérieur à l'horizon inférieur, ce qui traduit une fragmentation moins poussée du matériau en profondeur. Ceci concorde avec les résultats obtenus par DEJOU, GUYOT et MORIZET (1966) lors de l'étude des sols sur micaschistes dans la région de Bessines-Laurière (Haute-Vienne).

- La même concordance se retrouve au niveau du taux d'argile qui croît lorsqu'on s'enfonce. Il y a donc un lessivage. L'indice d'entraînement est compris entre 1/1,4 et 1/1,1. Le lessivage est donc faible ; nous sommes en présence de sols bruns faiblement lessivés. L'illuviation est d'ailleurs nette sous végétation naturelle où on n'a pas de remaniements continus liés à la culture.

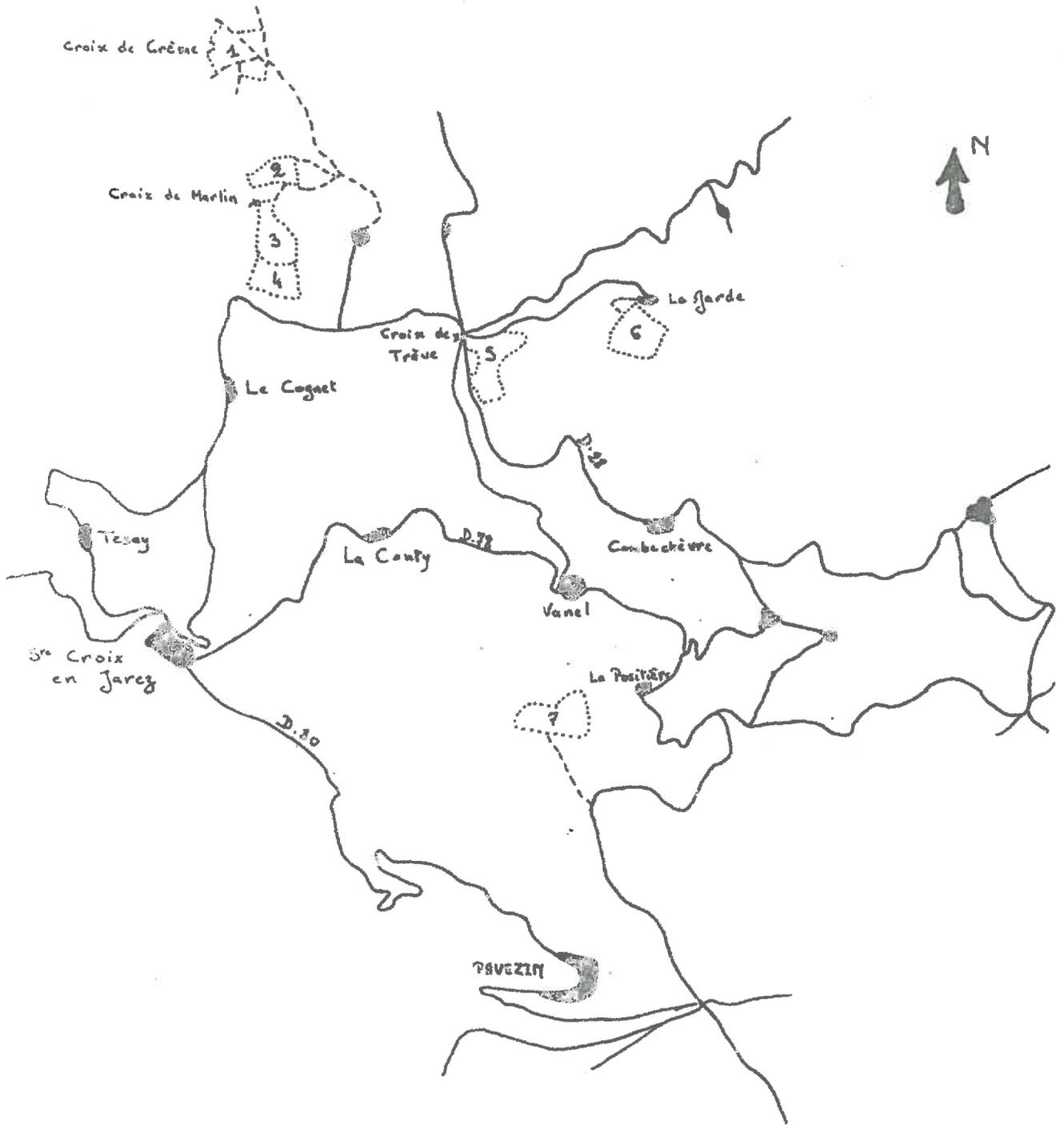
$$\text{Si on utilise le rapport } R = \frac{1,5 Lf + 0,75 Lg}{A + 10 M.O.}$$

avec Lf = limons fins, en ‰

Lg = limons grossiers, en ‰

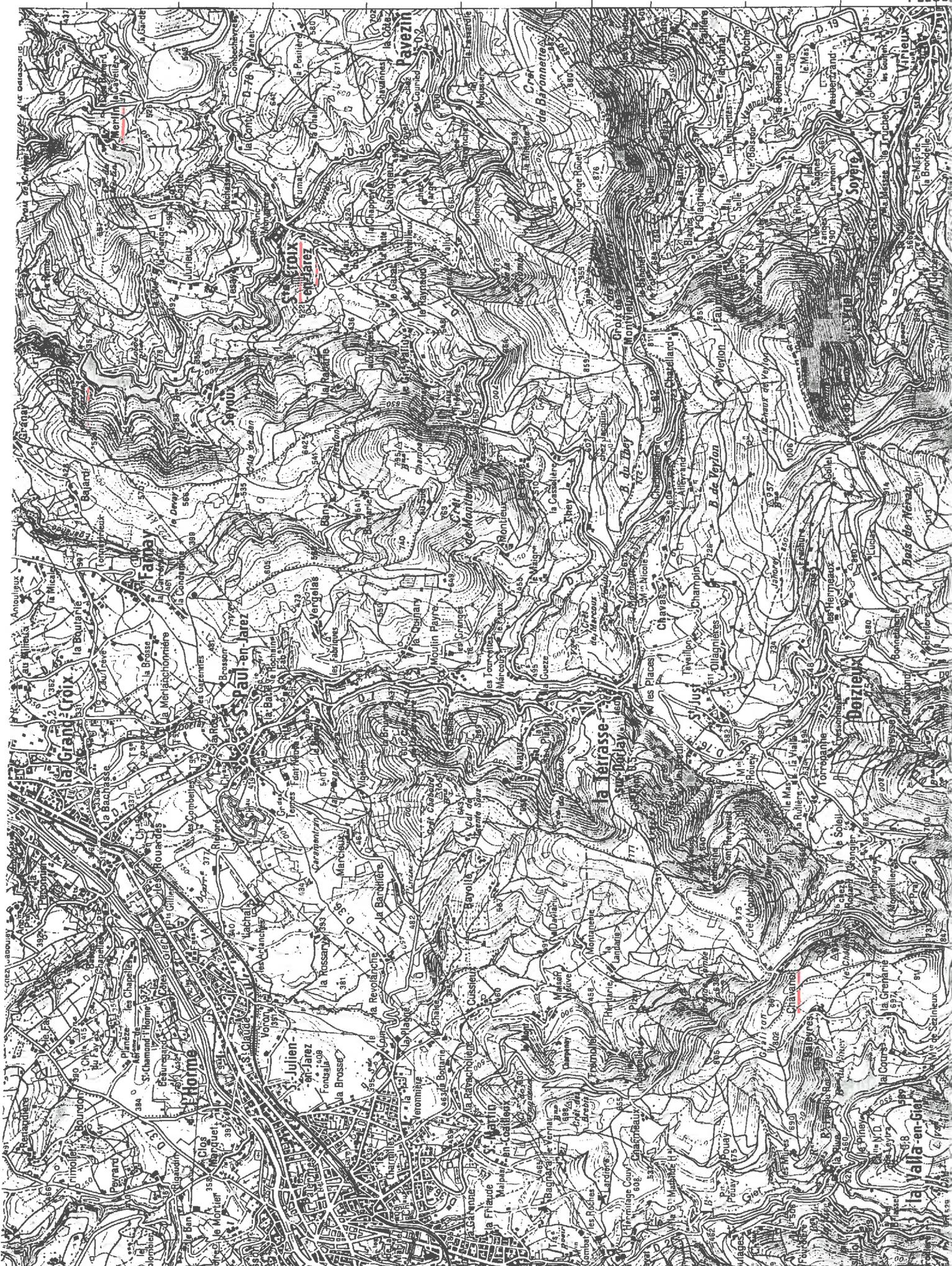
A = argile, en ‰

M.O. = matière organique en ‰



Légende

- ~~~~~ Route
- Chemin
- Limite de parcelle.



défini par REMY, MARIN-LAFLECHE (1974), on se rend compte que nos sols ne présentent pas de risques de battance, le rapport étant toujours inférieur à 1,4.

Le taux de matière organique est assez élevé, en rapport avec le défrichement, nous aurons l'occasion d'y revenir.

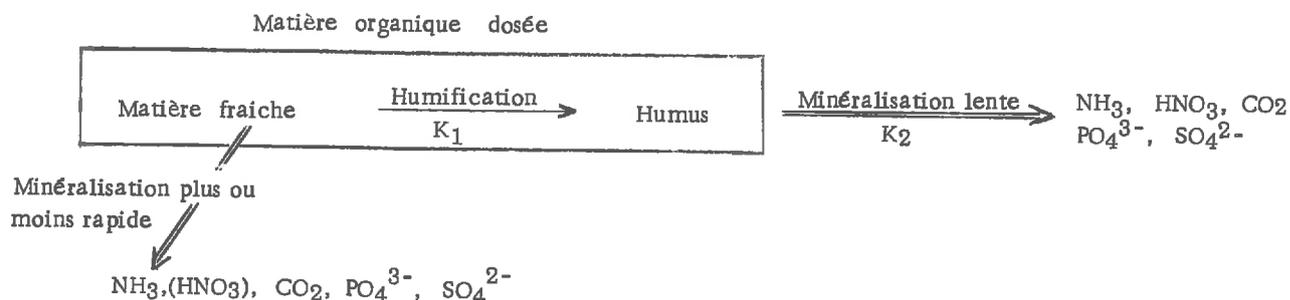
2 - Evolution du taux de matière organique

La matière organique enfouie peut évoluer de deux façons : elle est soit humifiée, soit directement minéralisée.

Donc, au niveau du stock global de matière organique, il y a trois phénomènes qui interviennent :

- la minéralisation de la matière fraîche,
- l'humification de la matière fraîche,
- la minéralisation de l'humus.

D'où la schématisation suivante :



Remarque :

A partir des composés minéraux résultant de la minéralisation, il peut y avoir synthèse de complexes humiques par réorganisation.

Faute de données et de temps pour entreprendre une expérimentation, il nous est impossible d'envisager quantitativement ces différents phénomènes qui sont régis par des lois complexes plus ou moins bien définies. Nous sommes donc amenés à étudier cette évolution d'une manière globale. Scientifiquement, la chose est moins intéressante, mais il est évident que c'est cependant ce bilan général qui intéresse l'agriculture.

L'étude sera faite en utilisant les moyennes des 21 séries de résultats d'analyses obtenus pour les horizons superficiels Ap.

Il est évident qu'un plus grand nombre de points expérimentaux eut été utiles mais cependant l'évolution quantitative de la matière organique est assez perceptible pour faire l'objet d'une tentative de modélisation mathématique. Pour cela nous envisagerons cinq formes d'ajustement : linéaire, parabolique, du 3ème degré, exponentiel et hyperbolique.

Du fait des possibilités offertes par la programmation du SES, nous allons étudier simultanément les trois premières formes d'ajustement que nous venons de citer.

Les solutions mathématiquement envisageables sont les suivantes :

- 1) - M.O. % = 10,434 - 0,525 t
- 2) - M.O. % = 11,230 - 0,799 t + 0,016 t²
- 3) - M.O. % = 9,781 + 0,277 t - 0,164 t² + 0,007 t³

En traçant les courbes représentatives de ces trois fonctions, nous remarquons immédiatement des anomalies du point de vue pédologique :

. l'équation du premier degré donne des taux de matière organique négatifs à partir de t = 20 ans, ce qui est évidemment impossible, mais ce qui a le mérite de montrer qu'il faut au moins 15 ans pour atteindre le seuil de 3 % qui représente l'équilibre régional pour le taux d'humus en terrain cultivé ;

. l'équation du second degré est d'abord décroissante pour ensuite croître à partir de t = 25 ans, ce qui est évidemment peu plausible, même en tenant compte des restitutions culturales qui arrivent à stabiliser, sans plus. De plus, ce résultat est incompatible avec les résultats obtenus par MOREL (1956 et 1968) sur la parcelle de DEHERAIN à Grignon.

. l'équation du troisième degré est successivement croissante, décroissante et croissante ce qui est évidemment aussi peu plausible.

Nous pouvons donc immédiatement exclure la troisième équation par trop mauvaise. Les deux autres sont à priori envisageables, si on se limite à notre domaine d'étude, c'est-à-dire lorsque le temps varie entre 0 et 15 ans.

Au plan mathématique, pour donner la préférence à un de ces deux modèles, il faut comparer les variances résiduelles leur correspondant. Si V_T est la variance totale, V_{R1} et V_{R2} les variances résiduelles relatives aux équations 1 et 2, nous avons :

$$V_T = 7,122$$

$$V_{R1} = 1,628$$

$$V_{R2} = 1,861$$

La variance résiduelle minimale correspond à l'équation du premier degré ; dans ce cas, on rend compte d'un pourcentage de la fluctuation totale égal à :

$$\frac{\text{fluctuation expliquée}}{\text{fluctuation totale}} \times 100 = \frac{34,594}{42,735} \times 100 = 80,9 \%$$

Ceci est statistiquement très correct et montre bien que le taux de matière organique trouvé dépend plus du temps qui s'est écoulé depuis le défrichement que de tout autre facteur. Cependant, cet ajustement linéaire est peu compatible avec les résultats obtenus par G. SIMON (1960) sur l'enfouissement des pailles.

Nous retiendrons donc en définitive, sur notre domaine, l'ajustement du second degré, à peine plus médiocre mathématiquement, mais plus conforme à ce qu'on sait de la dynamique des phénomènes en cause.

Ajustement exponentiel

Nous pourrions à priori, l'envisager de la forme $y = Ye^{-Kt}$, par analogie au modèle classique de HENIN et DUPUIS (1945) qui exprime l'évolution de la teneur en matière organique pour une parcelle cultivée.

Cependant, nous devons rejeter cette forme d'ajustement (qui serait $y = 11,230 e^{-0,088 t}$) à cause de ses principes d'établissement qui sont :

- la constance au cours du temps de la nature des constituants organiques du sol ; c'est peu probable ici.
- la proportionnalité des pertes au stock présent,
- le domaine de validité.

En effet, cette dernière forme d'ajustement est certainement la meilleure mais à long terme pour des durées supérieures à 15 ou 20 ans, c'est-à-dire avec des taux de matière organique de l'ordre de 2,5 à 3 %. A ce moment, toute la matière enfouie lors du défrichage doit être humifiée. L'évolution du taux de matière organique ne dépend plus alors que de la minéralisation de l'humus : nous sommes dans le domaine d'application du modèle (HENIN et DUPUIS).

Le coefficient K est donc alors le coefficient K_2 défini précédemment et que nous pouvons calculer en utilisant la formule établie par DUPUIS (1975).

	Minimum des températures moyennes	Maximum des températures moyennes	Moyenne des températures
	4°9	15°1	10°
K_2	0,009	0,027	0,018

Remarque :

Nous avons déduit cette valeur de 2,5 à 3 % de matière organique comme taux "normal" des parcelles cultivées, de l'étude de résultats expérimentaux obtenus dans le cadre de l'établissement de la carte pédologique de la région (100 000ème pédologique de St-Etienne - JP. LEGROS - M. BORNAND).

Ajustement hyperbolique

Pour compléter cette revue des modèles mathématiques utilisables nous avons voulu envisager, comme dans l'étude faite par J. BOIFFIN et A. FLEURY (1974) sur les conséquences du retournement des prairies, un ajustement de la forme :

$$y = \frac{a}{t + u} + b \quad b : \text{teneur à l'équilibre}$$

qui traduit une variation de la composition qualitative du stock organique initial. La résolution des systèmes permettant de déterminer K , u et b , nous a donné une valeur négative pour b , d'où l'élimination de cette formule.

Nous nous sommes donc rabattus sur l'équation $y = \frac{a}{t + u}$

La signification du coefficient u est la suivante : si $t = u$, nous avons $y = \frac{a}{2u}$

Or, à $t = 0$, $y = \frac{a}{u}$

Donc, u à la dimension d'un temps et représente le délai nécessaire à la destruction de la moitié du stock organique.

Pour déterminer a et u , utilisons les valeurs données par l'équation du second degré pour $t = 0$ et $t = 15$ ans.

$$\begin{aligned} t = 0 & \quad y = 11,230 = \frac{a}{u} \\ t = 15 & \quad y = 2,974 = \frac{a}{15 + u} \end{aligned}$$

D'où $a = 60,68$
 $u = 5,403$

on aurait donc $y = \frac{60,68}{t + 5,403}$

Ce modèle est peu satisfaisant aussi bien du point de vue logique lorsqu'on voit la valeur obtenue pour la "demie durée de vie" de notre stock organique, que pour la dispersion des points expérimentaux par rapport à sa courbe représentative.

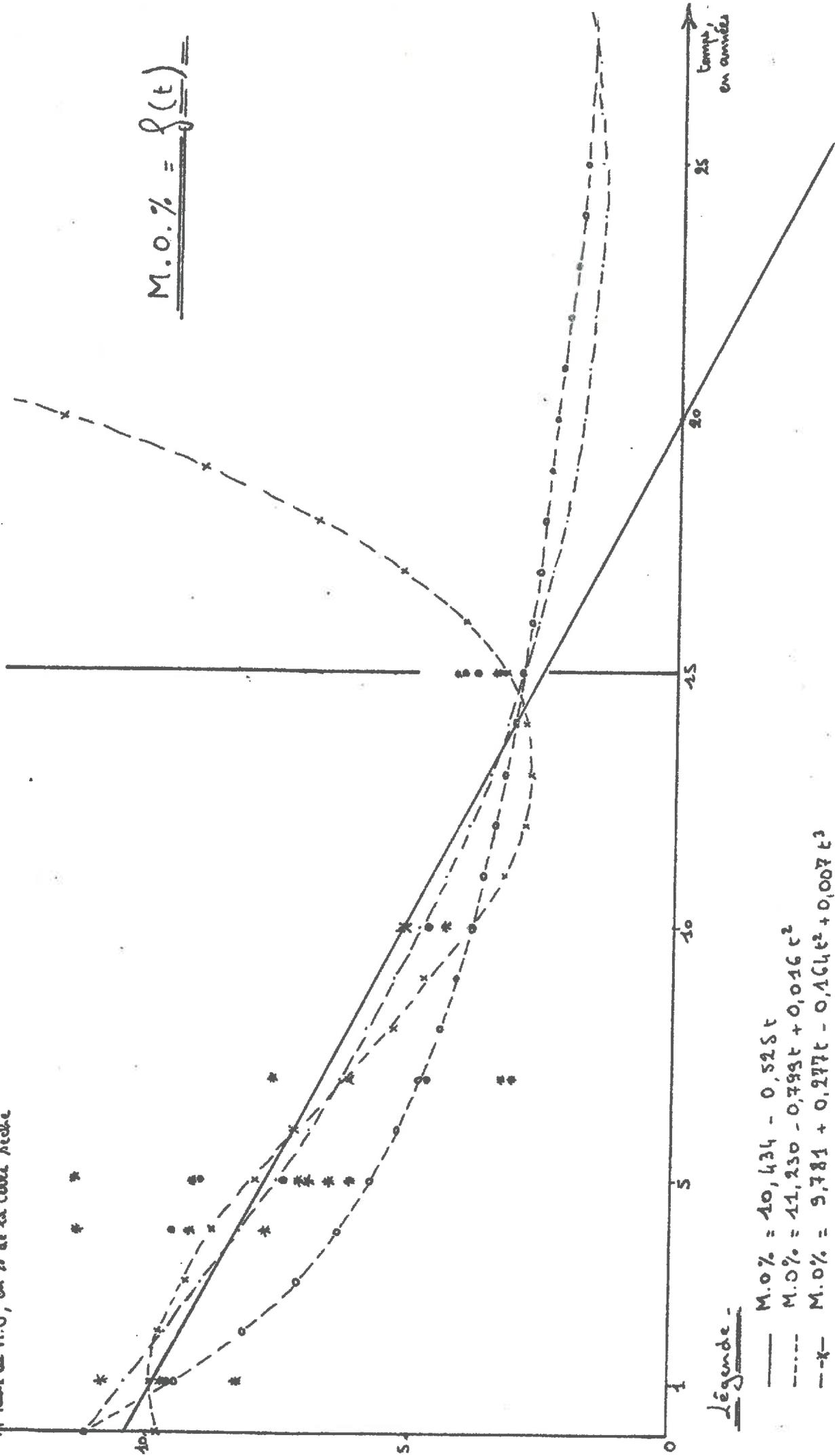
Finalement, l'ajustement le plus satisfaisant est celui du second degré, à condition de se cantonner à notre domaine d'étude, c'est-à-dire pour une période de temps s'étalant entre 0 et 15 ans. Pour des durées supérieures, nous devons nous trouver à peu de chose près dans les conditions d'application du modèle exponentiel de HENIN et DUPUIS (1945) qui peut alors prendre le relais à partir du seuil 3 %.

Remarque :

Si on avait opéré une étude analogue sur l'évolution du taux de carbone, la conclusion aurait été la même, aux coefficients près, puisque le taux de matière organique a été obtenu en multipliant le taux de carbone par 1,724.

↑ Taux de M.O., en % de la taxe nette

$$\underline{\underline{M.O.\% = f(t)}}$$



Légende -

— M.O.% = $10,434 - 0,525t$

--- M.O.% = $11,230 - 0,799t + 0,016t^2$

-x- M.O.% = $9,781 + 0,277t - 0,164t^2 + 0,007t^3$

-o- M.O.% = $\frac{60,68}{t + 5,403}$

* Point expérimental.

o Point correspondant à la moyenne des valeurs expérimentales.

Les analyses et les calculs précédents traduisent l'évolution quantitative globale de la matière organique. Comme nous l'avons vu, il serait maintenant utile d'entrer dans les détails et d'essayer de faire la part des différents phénomènes en cause : humifications et minéralisations. Cependant le cadre de ce travail est trop restreint pour que nous en ayons le temps. Par ailleurs, nous nous en sommes involontairement retiré la possibilité, dès le départ, en soumettant nos échantillons à un tamisage à deux mm. Cette opération est classique mais, dans notre cas, elle a eut l'inconvénient d'éliminer une grande partie des résidus encore organisés. Or ceux-ci continuent probablement à alimenter l'humification jusqu'à disparition complète ; ils doivent donc intervenir dans les bilans. D'ailleurs, les observations auxquelles nous nous sommes livrés montrent que de tels résidus persistent au moins 10-15 ans et c'est sans doute ce qui explique que le taux de matière organique de la fraction fine mette tout ce temps pour décroître et se stabiliser vers 3 %.

Cependant, il nous restait tout de même la possibilité de nous livrer à une étude sommaire des constituants organiques inférieurs à 2 mm.

Au binoculaire, la plupart des fragments visibles correspondent à des racines fraîches, vraisemblablement céréales. Il n'y a donc là rien d'intéressant et seule l'analyse pouvait apporter de nouveaux éléments d'information. Nous avons en fait effectué une dispersion pour les ultra-sons, en milieu aqueux avec adjonction d'un millilitre d'ammoniaque pour favoriser le phénomène et pendant 10 minutes. Nous avons chaque fois travaillé sur 10 grammes de terre. Puis l'ensemble a été passé aux tamis de 50 et 200 μ d'où l'obtention de trois fractions qui ont été ensuite analysées, après dessiccation à l'étuve à 105° C.

Le dosage du carbone et de l'azote par les méthodes définies précédemment fournit alors les résultats suivants :

Numéro de l'échantillon	Taille des particules en	C %	M. O. %	N ‰	C/N
5338 1 an	50	7,934	13,68	3,88	20,44
	50-200	1,845	3,18	0,89	20,73
	200	1,968	3,39	0,73	27,00
5351 7 ans	50	2,798	4,82	2,92	9,582
	50-200	0,738	1,27	0,82	9,00
	200	0,677	1,17	0,68	9,95
5382 15 ans	50	3,321	5,73	0,974	34,09
	50-200	0,615	1,06	0,304	20,23
	200	0,615	1,06	0,80	7,69

Ces trois échantillons correspondent respectivement à 1, 7 et 15 ans de culture.

Nous pouvons encore constater la décroissance du taux de matière organique en fonction du temps dans les deux fractions les plus grossières. En revanche, faute sans doute de données, aucun sens d'évolution ne se dé-

gage clairement pour la fraction inférieure à 50 . C'est sans doute cette dernière qui correspond à la matière humifiée et qui peut s'accroître sur quelques années du fait du défrichement ou des restitutions.

3 - Evolution du taux d'azote en fonction du temps

Nous allons envisager ici les mêmes ajustements que dans l'étude de l'évolution du taux de matière organique.

Ajustements du premier, second et troisième degré

Les solutions obtenues sont les suivantes :

$$1) - N \% = 0,462 - 0,020 t$$

$$2) - N \% = 0,536 - 0,046 t + 0,001 t^2$$

$$3) - N \% = 0,472 + 0,002 t - 0,006 t^2 + 0,0003 t^3$$

Les variances observées sont alors, en reprenant les notations précédentes :

$$V_T = 0,0119$$

$$V_{R1} = 0,0038$$

$$V_{R2} = 0,0033$$

$$V_{R3} = 0,0032$$

Le pourcentage de la fluctuation totale des points dont rend compte respectivement chacune des solutions envisageables est :

$$p1 = (0,052/0,071) \times 100 = 73,2 \%$$

$$p2 = (0,058/0,071) \times 100 = 81,6 \%$$

$$p3 = (0,061/0,071) \times 100 = 85,8 \%$$

Donc, sur le plan mathématique, l'équation du troisième degré serait celle qui traduit le mieux le phénomène ; cependant, sa représentation graphique montre qu'elle n'a de sens que pour t inférieur ou égal à 12 ans. De ce fait, nous retiendrons encore sur notre domaine d'étude, la solution du second degré.

Ajustement exponentiel

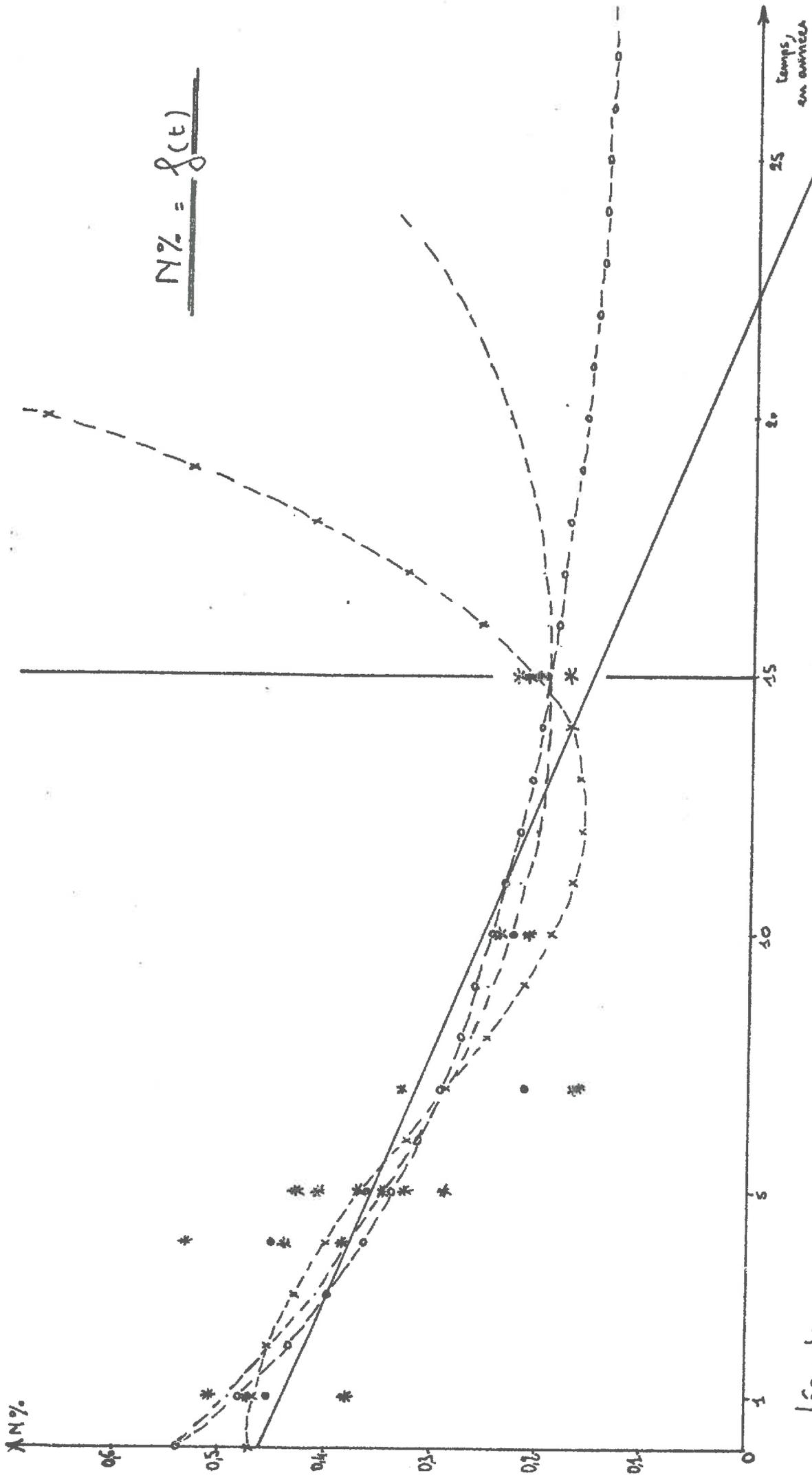
Il est à éliminer sur notre domaine d'étude pour les mêmes raisons que dans le cas de la matière organique.

Ajustement hyperbolique

En opérant comme dans le premier cas, nous obtenons l'équation :

$$y = \frac{4,590}{t + 8,552}$$

$$\underline{N\% = f(t)}$$



Légende:

- $N\% = 0,462 - 0,020t$
- - - $N\% = 0,526 - 0,046t + 0,001t^2$
- · - $N\% = 0,472 + 0,002t - 0,006t^2 + 0,0003t^3$
- o - $N\% = \frac{4,590}{t + 8,552}$

Les valeurs qu'elle donne pour des dates élevées sont faibles par rapport à celles fournies par MOREL (1956 et 1968) pour les parcelles de DEHERAIN. Ceci doit encore venir de ce que le phénomène que nous étudions est à fractionner en deux, la limite correspondant à l'apparition d'un taux de matière organique de l'ordre de 2,5 à 3 %. De part et d'autre de cette limite virtuelle, l'évolution ne suit pas les mêmes lois.

Sur notre domaine d'étude, les arcs de parabole et d'hyperbole sont pratiquement confondus. Cependant, par analogie avec le résultat retenu pour la matière organique, nous donnerons notre préférence à l'équation du second degré, la forme exponentielle devant la relayer pour des durées supérieures.

4 - Evolution du rapport C/N en fonction du temps

Tout d'abord, en nous reportant aux tableaux des résultats analytiques, placés en annexe, nous pouvons remarquer la différence notable des valeurs prises par le rapport C/N suivant le type de végétation en place.

Nous pouvons aussi remarquer que le défrichement abaisse la valeur de ce rapport. Après la mise en culture, cette évolution se poursuit, mais plus lentement et il semble y avoir une stabilisation vers 10 à 10,5, si on se réfère aux résultats analytiques obtenus lors de l'établissement de la carte pédologique de la région.

Pour exprimer mathématiquement cette évolution, opérons comme précédemment.

Les équations envisageables sont les suivantes :

$$1) - C/N = 13,012 - 0,110 t$$

$$2) - C/N = 12,170 + 0,179 t - 0,017 t^2$$

$$3) - C/N = 11,897 + 0,382 t - 0,051 t^2 + 0,001 t^3$$

Le tracé des courbes représentatives fait penser que, logiquement, la courbe la plus représentative du phénomène, sur notre domaine d'étude, est la droite. L'étude des variances confirme cette opinion puisque, en reprenant les notations définies précédemment, nous avons :

$$V_T = 0,963$$

$$V_{R1} = 0,848$$

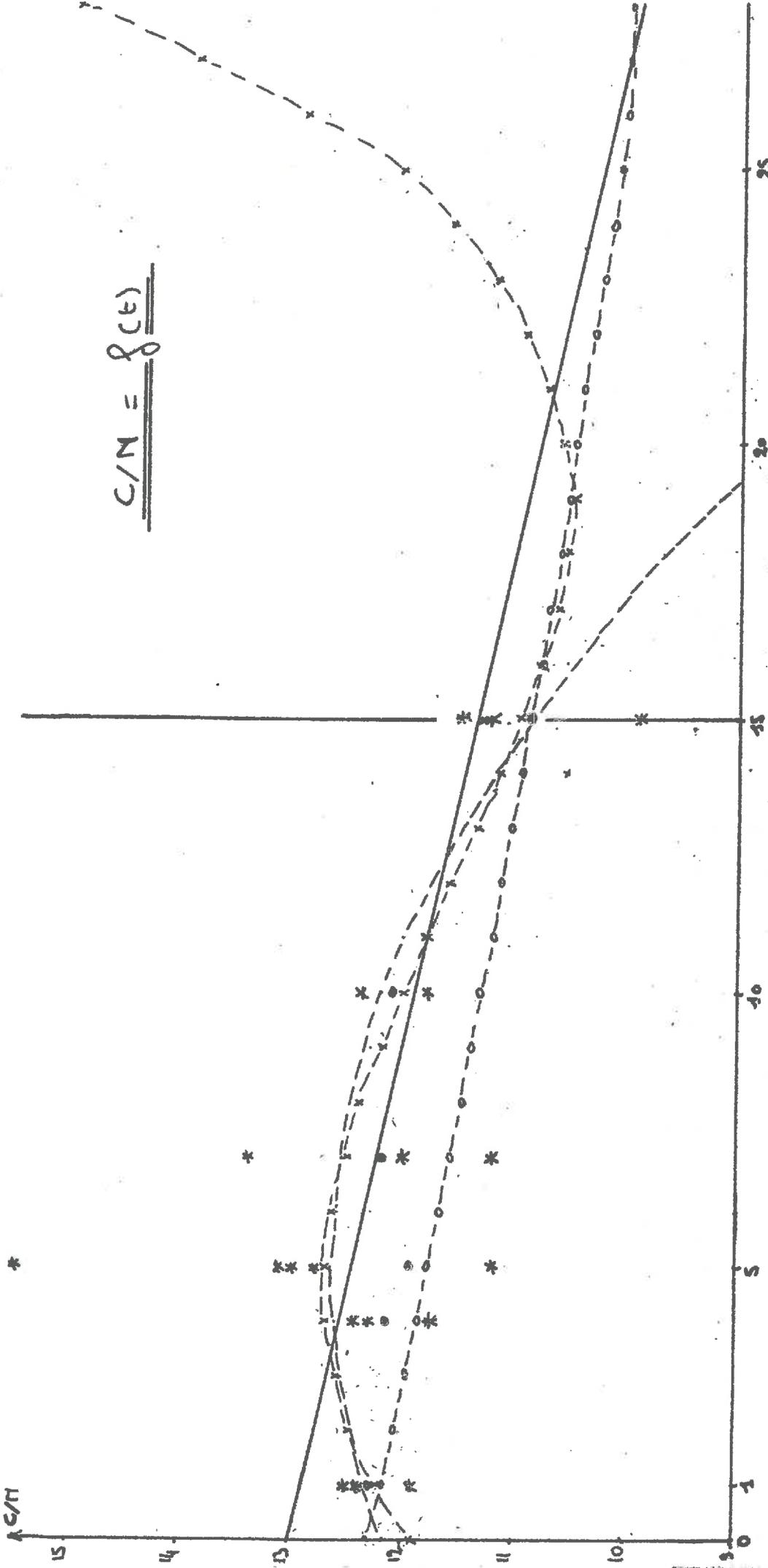
$$V_{R2} = 0,865$$

$$V_{R3} = 1,131$$

Le pourcentage de la fluctuation totale dont rend compte la droite est égal à :

$$P_1 = (1,539/5,774) \times 100 = 26,6 \%$$

C'est faible. Ceci montre que la prévision du rapport C/N est difficile et qu'on ne dispose pas de modèle adéquat. Cela peut sembler curieux puisque le taux de carbone et le taux d'azote peuvent quant à eux, être ajustés par régression. En fait, les fluctuations résiduelles, ou si on préfère les erreurs, peuvent s'ajouter et le calcul d'un paramètre (C/N) est plus difficile que celui d'un caractère (C).



$$\underline{\underline{C/M = f(t)}}$$

Légende:

- C/M = $13,012 - 0,110t$
- - C/M = $12,170 + 0,175t - 0,017t^2$
- x- C/M = $11,897 + 0,382t - 0,051t^2 + 0,001t^3$
- o- C/M = $\frac{1448,6}{t + 118,1}$

Ajustement hyperbolique

$$C/N = \frac{a}{t + u}$$

La détermination des valeurs a et u donne alors

$$a = 1448,6$$

$$u = 118,1$$

d'où l'équation $y = \frac{1448,6}{t + 118,1}$

Traçons maintenant la courbe représentative de cette fonction ainsi que la droite envisagée précédemment. Nous constatons d'abord que l'arc d'hyperbole est presque linéaire et ensuite que la dispersion des résultats expérimentaux autour de la courbe est aussi forte que dans le cas de la droite.

Remarque :

Connaissant les ajustements retenus pour la matière organique, donc le carbone et l'azote, nous avons pensé à étudier le rapport de ces ajustements pour déterminer celui de C/N. Le calcul des points de la courbe correspondante montre des successions de décroissance - croissance, d'où l'élimination de cette méthode.

5 - Résumé

	M.O.	N	C/N
équation retenue	11,230-0,799 t + 0,016 t ²	0,536-0,046 t + 0,001 t ²	13,012 - 0,110 t
limites de validité	0-15 ans	0-15	0-15
degré d'explication	80,9 %	81,6 %	26,6 %

C O N C L U S I O N

Cette étude a mis en évidence trois séries de faits.

1 - L'enfouissement de la végétation préexistante lors du défrichage correspond à une énorme restitution organique dont les effets se font sentir pendant 15 à 20 ans. La lenteur de l'évolution du stock d'humus est probablement liée à l'abondance des résidus grossiers et fortement liquifiés qui caractérisent les produits de défrichage. Tout ceci constitue un élément très important au plan économique et doit être considéré en tout premier lieu lorsqu'on envisage le bilan humique de l'exploitation.

2 - L'expérience montre que le milieu édaphique résultant du défrichage est très favorable à la végétation et permet d'excellents rendements pour le pays. La chose n'était pourtant pas évidente a priori, si on considère l'abondance des éléments ligneux sans doute stériles, les risques de toxicité toujours à craindre, la structure apparemment trop soufflée. Il est vrai que l'évolution du C/N est favorable dès le départ. En effet, alors que les témoins non défrichés ont un rapport compris entre 13 et 20, on obtient 12 dès la première année. Ensuite, la diminution est lente jusqu'à 10 ou 10,5.

En définitive, il est évident qu'on peut conseiller le défrichage par rotavator. C'est là une excellente pratique à deux réserves près cependant :

- la biomasse et l'épaisseur du substrat doivent être suffisantes pour que, dès le départ, le sol et les végétaux pulvérisés représentent une épaisseur correcte et un lacis dense. C'est seulement dans ces conditions que la pluie sera absorbée et que les risques d'érosion seront limités.

- la texture du sol doit être légère pour que le rotavator ne détruise pas la structure. C'est d'ailleurs le cas général dans l'est du Massif Central sur granite, gneiss et même sur micaschistes.

3 - L'évolution de la matière organique peut être modélisée. Mais le phénomène qui est pour l'essentiel sous la dépendance de la disparition d'un stock important de débris ligneux ne s'accomode pas des formules établies antérieurement par les agronomes et qui s'appliquent surtout à l'humification et à la minéralisation de résidus fournis en quantité plus faible (paille) ou bien déjà transformés (fumier). Ici, très globalement on peut s'attendre, après le défrichage, à une perte de 0,5 % de matière organique par an, pendant 15 ans.

A N N E X E S

ANNEXES I

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Serie n° 1 : La croise de Crème

Remarques: Temoin n° I : sous une plantation de jeunes pins, avec genêt et bruyère.

Temoin n° II : sous une pinède âgée de 20 à 30

Temoin n° III : sous châtaigniers, chênes.

Témoins

	n° labo	profondeur	C %	M.O. %	N %	C/N	pH
n° I	5377	0-10	11,44	19,78	0,576	19,8	4,30
n° II	5378	5-20	2,40	4,14	0,154	15,5	4,30
	5379	20-40	1,29	2,23	0,105	12,2	4,10
n° III	5380	0-5	7,63	13,14	0,383	19,9	4,05
	5381	5-50	2,89	4,98	0,136	14,7	4,40

Profils

1a _a	5388	0-30	3,80	6,57	0,291	13,0	4,65
1a _y	5390	0-15	6,70	11,55	0,432	15,5	4,70
1b _a	5391	0-15	2,52	4,35	0,213	11,8	5,30
1b _b	5392	0-20	3,01	5,19	0,242	12,4	4,71
1c _a	5382	0-35	2,40	4,13	0,212	11,3	5,35
1c _b	5385	0-25	2,46	4,24	0,213	11,5	5,25
	5386	25-40	1,57	2,70	0,139	11,2	5,25
	5387	40-60	0,65	1,11	0,079	8,2	5,10
1c _x	5393	0-30	2,46	4,24	0,224	10,9	4,80
1c _s	5395	0-20	1,91	3,29	0,202	9,4	5,20
1c _e	5397	0-30	1,97	3,39	0,173	11,3	5,00

Série n° 2

Témoins

	n° labo	profondeur	C %	M.O %	N %	C/N	pH
n° I	5363	0-10	8,98	15,17	0,620	14,4	4,35

Rq: Témoin prélevé sous une lande avec bruyère, genêt purgatif, molinie...

Profils

n° 1	5364	0-25	7,20	12,48	0,422	17,06	4,50
n° 2	5365	0-30	5,17	8,91	0,420	12,3	4,50
n° 3	5366	0-20	5,16	8,90	0,474	10,8	5,10

Séries n° 3 et 4: La croix de Marlin.

Profils

n° d ₁	5367	0-30	8,48	14,60	0,621	13,6	4,70
n° d ₂	5368	0-15	7,68	13,24	0,588	13,0	5,00
n° d ₃	5369	0-20	4,36	7,51	0,355	12,2	5,20
	5370	20-40	2,67	4,61	0,203	13,1	4,95
n° g ₁	5373	0-25	4,74	8,17	0,386	12,2	4,80
n° g ₂	5374	0-20	3,44	5,94	0,257	13,3	5,00
	5375	20-50	1,29	2,22	0,119	10,8	4,82

Série n° 5 : La croix de Trêve

Profils

	n° labo	profondeur	C %	M.O %	N %	C/N	pH
n° 1	5351	0-20	1,93	3,31	0,160	12,0	5,15
	5352	20-40	0,85	1,45	0,071	11,9	5,05
n° 5	5357	0-20	4,45	7,68	0,332	13,4	5,20
n° 8	5361	0-25	1,78	3,07	0,158	11,2	5,18
	5362	25-50	0,92	1,58	0,076	12,1	5,05

Série n° 6 : La Garde

Profils

n° 4	5402	0-20	4,55	7,85	0,385	11,8	4,80
n° 6	5405	0-15	6,07	11,50	0,536	12,4	4,80
n° 7	5406	0-20	5,41	9,33	0,438	12,3	5,25
	5407	20-40	2,55	4,40	0,290	8,7	4,95

Serie n° 7

Témoin

	n° labo	profondeur	C %	M.O %	N %	C/N	pH
n° I	5410	5-50	5,69	9,80	0,319	17,8	4,35

Rq: Témoin prélevé sous une jeune chênaie.

Profils

n° 1	5408	0-15	5,35	9,22	0,407	13,1	5,20
n° 3	5412	0-20	4,24	7,32	0,329	12,8	5,05
n° 6	5416	0-20	3,57	6,15	0,345	10,3	5,20
	5417	20-50	2,15	3,71	0,181	11,8	4,70
n° 8	5419	0-25	4,12	7,10	0,367	11,2	5,40
	5420	25-50	1,26	2,17	0,122	10,3	5,00

Série n° 8 : Chauvanel.

Témoins

	n° labo	profondeur	C %	M.O %	N %	C/N	pH
n° I	5342	0-15	4,49	7,74	0,360	12,4	5,00
	5343	15-30	1,85	3,19	0,157	11,7	5,35
n° II	5347	0-30	7,01	10,09	0,518	13,5	4,50

Rq: Témoins prélevés sous une lande composée de genêts à balais, fougères, ronces, bouillottes

Profils

n° 1	5334	0-20	5,64	9,72	0,471	11,9	4,60
	5335	20-40	2,37	4,08	0,214	11,1	4,88
n° 3	5338	0-30	6,34	10,93	0,509	12,4	4,70
	5339	30-60	2,37	4,08	0,241	9,8	5,00
n° 5	5344	0-20	4,80	8,27	0,382	12,5	4,75

Série	n° labo	profondeur	SG %	SF %	LG %	LF %	F %	M.O %
1a	5390	0-15	20,13	17,58	7,33	26,19	16,71	12,06
1b	5391	0-15	31,33	21,73	12,17	20,67	9,68	4,42
1c	5385	0-25	16,11	18,19	13,99	30,55	16,82	4,34
	5386	25-40	19,18	16,41	12,58	42,43	6,63	2,76
	5387	40-60	26,77	14,59	12,24	26,37	18,90	1,13
1c	5395	0-30	28,74	26,56	12,98	20,17	9,21	3,34
5	5351	0-20	28,94	18,89	15,30	22,03	11,46	3,37
	5352	20-40	28,14	16,05	15,13	23,35	15,86	1,48
6	5406	0-20	19,28	18,17	11,91	27,83	12,12	9,69
	5407	20-40	28,21	18,09	14,09	21,77	13,33	4,52
7	5419	0-25	19,85	21,63	13,21	22,35	15,64	7,32
	5420	25-50	18,80	21,12	14,14	22,53	21,20	2,22
8	5334	0-20	19,95	20,39	7,42	28,25	13,90	10,08
	5335	20-40	29,56	17,83	10,75	22,17	15,52	4,18

Remarque : tous les résultats, y compris la matière organique, sont corrigés de l'humidité.

Granulométries

ANNEXES II

PROBLEMES POSES PAR LE DEFRICHEMENT

A N N E X E S

PROBLEMES POSES PAR LE DEFRIchement

Ces problèmes sont nombreux et on est amené à en tenir compte avant toute opération.

1 - Problèmes juridiques

Les articles du code rural et forestier fournis plus loin montrent que tout défrichement est assujéti à une autorisation administrative. De plus, celle-ci n'est pas suffisante : depuis le 24 décembre 1969, une taxe sur le défrichement a été instaurée. Elle est théoriquement destinée à assurer le financement d'opérations de boisement et d'aménagement forestier par l'Etat. Son montant évolue en 3 000 et 6 000 francs par hectare suivant l'utilisation ultérieure du terrain. Cette taxe est récupérable en cas de boisement compensateur.

Cependant, le défrichement de certains terrains est exempté de cette taxe : il en est ainsi, par exemple, des "opérations ayant pour but de remettre en valeur d'anciens terrains de culture ou de pacages envahis par une végétation spontanée où les terres occupées par des formations telles que les garrigues, landes et maquis", ce qui doit être notre cas ici.

Parfois, on observe aussi des subventions au défrichement : il en est ainsi dans l'Hérault où, dans le cadre de la politique d'amélioration viticole, on subventionne des défrichements pour l'instauration de vignes sur les côteaux.

2 - Problèmes techniques et pédologiques

Il faut d'abord que tous les engins généralement utilisés pour les travaux de défrichement ou de culture puissent intervenir. Ceci demande donc d'envisager d'abord le problème de la topographie des lieux.

On admet généralement que la culture mécanisée ne peut être faite que sur des pentes inférieures à 16 %. Cependant, dans notre cas particulier, nous observons des pentes parfois supérieures : ainsi, à Chavanoil, elle est de l'ordre de 20 %, ce qui demande une très grande qualification de la part de ceux qui travaillent de telles parcelles et de grandes précautions.

Pour sa part, la parcelle située près de la croix de Crème a vu son défrichement limité à cause de la pente qui, devenant excessive aurait empêché l'emploi de la moissonneuse batteuse ; la partie non défrichée doit cependant l'être ultérieurement, mais pour y établir une prairie.

Le travail de parcelles en pente demande un matériel bien adapté ; ainsi par exemple, les tracteurs doivent être assez légers tout en étant puissants (80 à 100 chevaux). Ainsi l'énergie disponible ne sera pas uti-

lisée en majeure partie pour mouvoir l'engin. Les roues sont remplies avec de l'eau afin d'abaisser le centre de gravité. L'adjonction d'arceaux de sécurité ou de cabines résistantes est conseillée. De toute façon, l'élément le plus important est la qualification du personnel et son habitude à un tel travail.

Il faut ensuite tenir compte de la densité des affleurements rocheux qui amènent une complication du travail et des pertes de temps ; il en est ainsi de la parcelle située près de Chavanoz qui se trouve fractionnée en trois bandes. Cependant, il est parfois possible de détruire ces affleurements si la roche est assez friable.

Le parcellaire intervient aussi puisque la mécanisation des cultures demande, pour être rentable, des surfaces suffisantes d'un seul tenant.

Il ne faut pas oublier non plus la profondeur du sol qui peut être un facteur limitant suivant la culture qu'on projette d'installer ; la pierrosité, quant à elle, peut entraîner une gêne dans les façons culturales et provoque une usure rapide des outils.

Le choix du matériel de défrichage sera fonction de la nature du sol, de la végétation préexistante et des spéculations envisagées.

Ainsi, ayant ici des sols légers, de texture généralement sablo-limoneuse, la végétation étant essentiellement de type arbustive et le sol ne devant pas être travaillé profondément, l'outil de défrichage adopté est le rotavator qui opère après élimination des arbres.

3 - Problèmes liés à la couverture végétale

Il est évident que la présence de nombreux grands arbres rendra le défrichage plus difficile et plus coûteux que si on avait une simple lande, puisque les arbres doivent être arrachés et sortis de la parcelle.

4 - Problèmes économiques

Ils sont d'abord liés à la potentialité agronomique des sols, en tenant compte du contexte régional : il serait peu logique de refuser de défricher une parcelle capable de donner 40 quintaux de blé à l'hectare sous le prétexte que les sols de Beauce permettent des rendements supérieurs alors que la moyenne locale est voisine de ces 40 quintaux.

D'ailleurs, pour ce qui est de la potentialité des sols, il faut noter que l'étude de la végétation naturelle permette de s'en faire une idée intéressante (A. LIBOIS, J. CHRETIEN - 1968).

Ensuite, le défrichage demande un investissement important : quelle que soit la méthode utilisée il faut des outils spécifiques et des engins de grande puissance alors que celle-ci n'est pas toujours indispen-

sable pour la culture ultérieure. Une qualification particulière est aussi requise. Ceci explique que le plus souvent, les travaux de défrichement sont faits par des entreprises ou par des agriculteurs spécialisés dans ces techniques. Il faut aussi évidemment que la spéculation prévue soit rentable dans les conditions locales, que l'écoulement des produits ne soit pas un problème qu'on découvre au dernier moment alors qu'il est trop tard. Cette rentabilité peut être compromise par un trop grand éloignement de la parcelle par rapport à la ferme, ce qui occasionne des pertes de temps, des problèmes d'organisation de chantier, des frais de déplacement.

Nous venons donc de voir quelques-uns des paramètres à envisager avant toute opération de défrichement. Le problème est de savoir comment les combiner pour les faire intervenir d'une manière réfléchie dans la décision finale.

Dans le cadre de la mise en valeur des terres de Causse, G. CALLOT (1972) a établi un classement systématique des sols en vue de déterminer leur aptitude au défrichement. Ce classement tient compte des facteurs suivants : topographie, fréquence des affleurements rocheux, pierrosité, profondeur et nature du sol, couvert végétal, ancien parcellaire, facilités d'accès, éloignement. Il a ainsi retenu trois types de zones d'aménagement :

- zones ne présentant pas d'obstacles majeurs au défrichement,
- zones présentant une ou plusieurs caractéristiques défavorables au défrichement,
- zones déconseillées pour le défrichement,

d'où la possibilité d'une cartographie selon cette méthode, ce qui serait bien utile dans de nombreux secteurs du Massif Central.

Photo n° 1

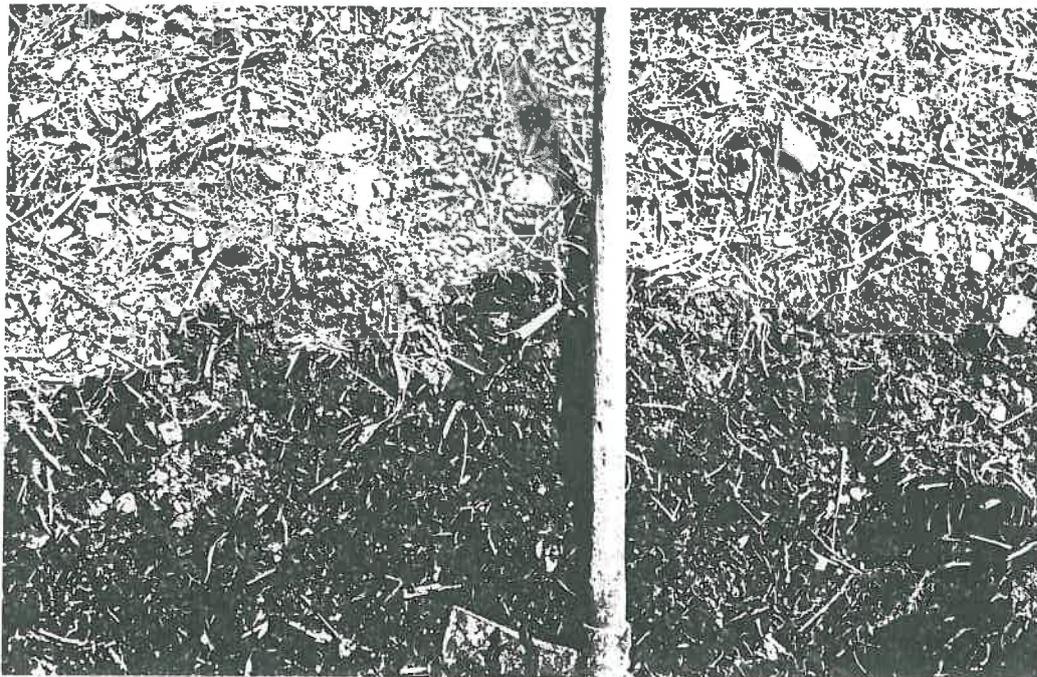


Photo n° 2

Photo n° 3

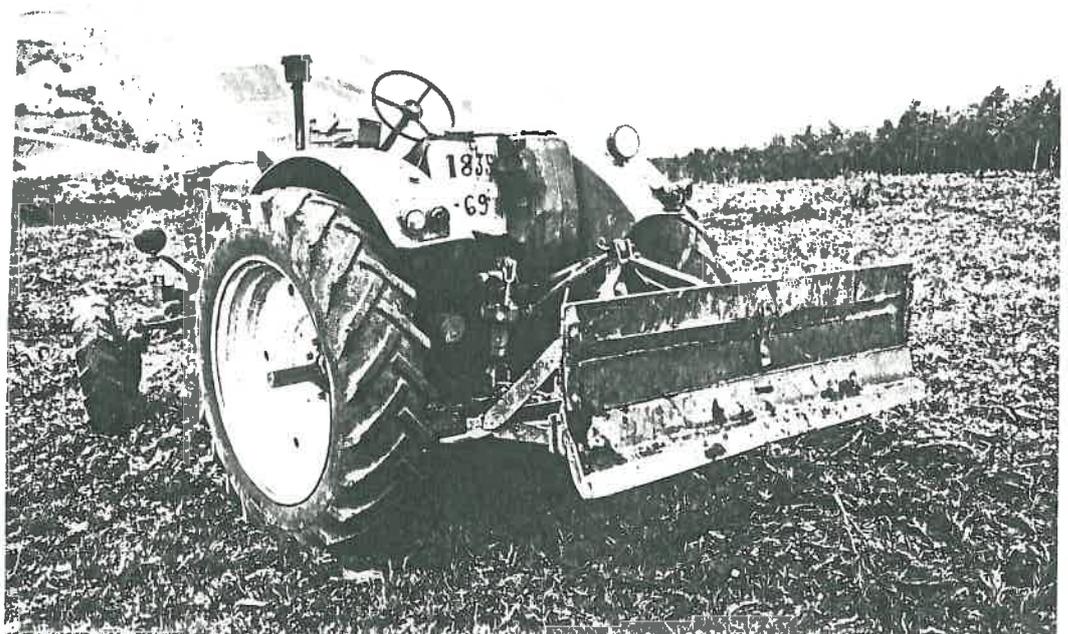


Photo n° 4

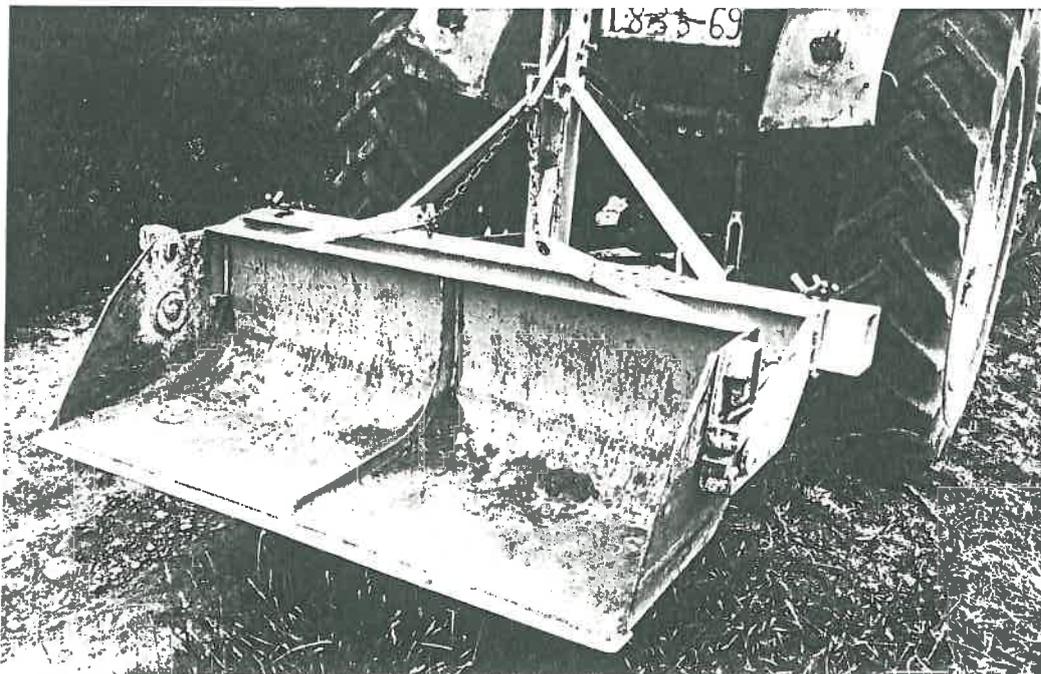


Photo n° 5

L E G E N D E D E S P H O T O S

PHOTO n° 1

Aspect général de la région. Les deux parcelles très allongées dans le sens de la pente, qu'on distingue vers le centre de la photo, sont celles qui ont été défrichées à Chavano1

PHOTO n° 2

Aspect du sol après le broyage de la végétation préexistante et son incorporation à l'horizon travaillé

PHOTOS n° 3, 4 et 5

Certains des appareils utilisés lors du défrichement de Chavano1, pour retirer les grosses pierres, les arbres les plus gros

CODE FORESTIER

ARTICLE 157 (L. n° 69-1160 du 24 déc. 1969, art. 11).

Aucun particulier ne peut user du droit d'arracher ou de défricher ses bois sans avoir préalablement obtenu une autorisation administrative.

Une déclaration de défrichement contenant élection de domicile dans le canton de la situation des bois est déposée à la sous-préfecture.

L'autorisation est délivrée par le Ministre de l'Agriculture après reconnaissance de l'état des bois et après avis du préfet.

Un procès-verbal détaillé de l'enquête effectuée est dressé dans les quatre mois de la déclaration ; il est notifié au demandeur qui est invité à présenter ses observations. Le Ministre de l'Agriculture ne peut refuser son autorisation qu'après avis de la section compétente du Conseil d'Etat

Si la notification du procès-verbal aux demandeurs n'a pas été effectuée dans le délai prévu à l'alinéa précédent, ou si dans les six mois de cette notification le ministre n'a pas rendu sa décision, le défrichement peut être effectué.

Lorsque l'autorisation a été accordée, le droit de défricher ne peut être exercé que pendant dix ans à compter de l'autorisation.

ARTICLE 158 (L. n° 69-1160 du 24 déc. 1969, art. 11)

L'autorisation au défrichement peut être refusée lorsque la conservation des bois est reconnue nécessaire :

- . au maintien des terres sur les montagnes ou sur les pentes ;
- . à la défense du sol contre les érosions et envahissement des fleuves, rivières ou torrents ;
- . à l'existence des sources et cours d'eau ;
- . à la protection des dunes et des côtes contre l'érosion et les envahissements de sables ;
- . à la défense nationale ;
- . à la salubrité publique ;
- . à la nécessité d'assurer le ravitaillement national en bois et produits dérivés en ce qui concerne les bois provenant de reboisements exécutés en application du livre V du présent code ;
- . à l'équilibre biologique d'une région ;
- . à l'aménagement des périmètres visés au 2° et au 3° de l'article 52-1 du Code Rural.

ARTICLE 159

En cas de contravention à l'article 157 ci-dessus, le propriétaire est condamné à une amende calculée à raison de 1 800 F au moins et de 5 400 F au plus par hectare de bois défriché.

Le propriétaire doit, en outre, s'il en est ainsi ordonné par le préfet sur proposition du conservateur des eaux et forêts, rétablir les lieux en nature de bois dans le délai que fixera le préfet et qui ne peut excéder trois années.

La coupe à blanc étoc ou l'exploitation abusive, suivies de pacage et qui auraient pour conséquence d'entraîner la destruction de l'état boisé seront assimilées au délit de défrichement et punies comme tel ; il en sera de même de la destruction de l'état boisé causée par les dégats de lapins, quand le propriétaire en aura favorisé le pullulement.

A l'égard des reboisements exécutés ou subventionnés par l'Etat, toute destruction de l'état boisé provoquée soit par des coupes à blanc étoc ou des exploitations abusives, les unes et les autres non suivies de repeuplement dans un délai de trois ans, soit par des dégats de lapins, soit pour toute autre cause, sera assimilée au défrichement et donnera lieu à l'application des peines et pénalités concernant le défrichement.

ARTICLE 160

Faute par le propriétaire d'effectuer la plantation ou le semis dans le délai prescrit par la décision ministérielle, il y est pourvu à ses frais par l'Administration des eaux et forêts sur l'autorisation préalable du préfet, qui arrête le mémoire des travaux faits et le rend exécutoire contre le propriétaire.

ARTICLE 161

Les dispositions des quatre articles qui précèdent sont applicables aux semis et plantations exécutés, par suite de la décision ministérielle, en remplacement de bois défrichés.

ARTICLE 162

Sont exceptés les dispositions de l'article 157 ci-dessus :

- 1 - Les jeunes bois pendant les vingt premières années après leur semis, sauf les cas prévus par les articles 161 et 163 du présent code ou si les semis ou plantations ont été exécutés en application du livre V du présent code ;
- 2 - Les parcs ou jardins clos et attenants à une habitation principale, lorsque l'étendue close est inférieure à dix hectares ;
- 3 - Les bois d'une étendue inférieure à quatre hectares, lorsqu'ils ne font pas partie d'un autre bois qui compléterait une contenance de quatre hectares, ou qu'ils ne sont pas situés sur le sommet ou à la pente d'une montagne ou qu'ils ne proviennent pas de reboisements exécutés en application du livre V du présent code.

ARTICLE 163

Le Ministre de l'Agriculture pourra subordonner "son autorisation" au défrichement à la conservation sur le terrain considéré de réserves boisées suffisamment importantes pour remplir les rôles utilitaires définis par l'article 158 ci-dessus ou à l'exécution des travaux de reboisement sur d'autres terrains. En cas de non-exécution dans un délai maximum de trois ans des travaux de reboisement imposés, les lieux défrichés de-

vront être rétablis en nature de bois dans un délai fixé par le Ministre de l'Agriculture et qui ne pourra excéder trois années. Le défrichement des réserves boisées dont la conservation est imposée au propriétaire donnera lieu à une amende égale au triple de l'amende prévue par l'article 159 du présent code. Le Ministre de l'Agriculture pourra, en outre, dans les conditions fixées à l'alinéa précédent, ordonner la remise en nature de bois des terrains devant être maintenus à l'état de réserves boisées. Faute par le propriétaire d'effectuer la plantation ou le semis dans le délai prescrit par la décision ministérielle, il y sera pourvu à ses frais dans les conditions stipulées à l'article 160 ci-dessus.

ARTICLE 164

Préalablement à toute demande d'autorisation de lotissement dans un terrain boisé ne rentrant pas dans les exceptions de l'article 162, l'intéressé est tenu d'obtenir "une autorisation de défrichement".

ARTICLE 165

L'action ayant pour objet les défrichements effectués en contravention de l'article 157 ci-dessus se prescrit par six ans à compter de l'époque où le défrichement aura été consommé.

ARTICLE 11

- 1 - Voir code forestier, article 157
- 2 - " " article 158
- 3 - " " article 163 et 164

4 - Il est institué une taxe perçue à l'occasion du défrichement de surfaces en nature de bois ou de forêts. Donnent également ouverture à la taxe les faits de défrichement indirects définis au troisième alinéa de l'article 159 du code forestier.

5 - Sans préjudice de l'application des lois et règlements en vigueur, tout propriétaire assujetti aux obligations prévues aux articles 157 et suivants du Code Forestier est passible de la taxe ci-dessus visée. Cette taxe est applicable aux collectivités ou personnes morales soumises aux dispositions de l'article 85 du Code Forestier.

6 - L'assiette de la taxe est constituée par la surface des bois et forêts défrichés. Sont toutefois exemptés :

- . les défrichements visés à l'article 162 du Code Forestier ;
- . les défrichements exécutés par les sections de communes, les collectivités locales, leurs groupements, leurs établissements publics en vue de réaliser des équipements d'intérêt public sous réserve de la reconstitution d'une surface forestière équivalente dans un délai de cinq ans ;
- . les défrichements exécutés en application de l'article 19 du Code de l'Urbanisme et de l'Habitation ;
- . les défrichements ayant pour but des mises en valeur agricole et intéressant des massifs boisés de moins de dix hectares d'un seul tenant ;
- . les défrichements nécessités par les travaux déclarés d'utilité publique et effectués dans les périmètres de protection et de reconstitution forestière, conformément aux dispositions des articles 2 et 8 de la loi n° 66-505 du 12 juillet 1966 ;
- . les défrichements situés dans des zones définies par décret après avis conforme du ou des conseils généraux intéressés.

N'entrent pas dans le champ d'application du présent article :

- . les opérations ayant pour but de remettre en valeur d'anciens terrains de culture ou de pacage envahis par une végétation spontanée ou les terres occupées par les formations telles que garrigues, landes et maquis ;
- . les occupations portant sur les noyeraies, oliveraies, plantations de chênes truffiers et vergers à châtaignes ;
- . les opérations de défrichement ayant pour but de créer à l'intérieur de la forêt les équipements indispensables à sa mise en valeur et à sa protection, sous réserve que ces équipements ne modifient pas fondamentalement la destination forestière de l'immeuble bénéficiaire et n'en constituent que les annexes indispensables.

7 - Le taux de la taxe est fixé à :

- . 6 000 F par hectare de superficie défrichée lorsque le défrichement a pour objet des opérations d'urbanisation ou d'implantation industrielle ;
- . 3 000 F par hectare de superficie défrichée dans les autres cas.

Toutefois, dans ces derniers cas, lorsque le montant de la taxe due par un redevable pour une année dans un département donné n'excède pas 3 000 F, la cotisation correspondante n'est pas perçue et, lorsque ce montant est compris entre 3 000 et 6 000 F, la cotisation correspondante est établie sous déduction d'une décote égale à la différence entre le montant de la cotisation et 6 000 F.

8 - La taxe est recouvrée par les comptables de la direction générale des impôts. Elle est due d'après la superficie des terrains défrichés au cours de l'année précédente. Elle est liquidée au vu d'une déclaration souscrite avant le 31 janvier par le propriétaire auprès du Directeur Départemental de l'Agriculture du lieu de défrichement. Cette déclaration doit être conforme au modèle fixé par l'administration.

La taxe doit être versée au comptable des impôts du lieu de défrichement dans les six mois de la notification au redevable.

Le propriétaire qui aura procédé, dans un délai de cinq ans, au boisement de terrains nus d'une superficie au moins équivalente à celle ayant donné lieu à versement de la taxe pourra bénéficier d'une restitution de la taxe acquittée, à condition que le boisement réponde aux conditions définies par décret et qu'il soit réalisé dans le département de situation des bois défrichés ou dans un département limitrophe.

9 - Le défaut de production dans le délai imparti de la déclaration prévue au 8, ainsi que tout défrichement effectué en infraction aux dispositions des articles 85 et 157 du Code Forestier, entraînent l'exigibilité immédiate de la taxe et d'une amende fiscale égale à 50 % du montant de cette taxe. L'action en répétition des sommes dues peut s'exercer dans le délai de six ans à compter du fait générateur de la taxe. La taxe et l'amende sont liquidées au vu des procès-verbaux dressés par les agents habilités à constater les infractions en matière forestière et notifiés aux intéressés.

10 - La taxe et, éventuellement, l'amende fiscale de 50 % ou l'indemnité de retard due en vertu de l'article 1727 du code général des impôts sont recouvrées dans les conditions fixées aux articles 1915 à 1918 dudit code.

11 - Le recouvrement de la taxe est garanti par le privilège prévu à l'article 1929-1 du code général des impôts et par l'hypothèque légale prévue à l'article 1929 ter du même code.

12 - Les réclamations des redevables sont recevables jusqu'au 31 décembre de l'année suivant celle du versement de la taxe ou de la notification d'un avis de mise en recouvrement s'il a été procédé à cette notification. Les instances sont introduites et jugées comme en matière d'impôts directs.

13 - La taxe ne sera pas due pour les défrichements réalisés à compter du 1^{er} janvier 1970 et pour lesquels la demande de défrichement aura été déposée à la sous-préfecture avant le 1^{er} octobre 1969.

La taxe sera due pour tous autres défrichements imposables et réalisés après le 1^{er} janvier 1970.

Les opérations de défrichement reconnues nécessaires pour la mise en oeuvre de programmes régionaux d'aménagement bénéficiant de l'aide de l'Etat seront exonérées de la taxe, sous réserve qu'elles fassent l'objet, avant le 1^{er} juillet 1970, de l'autorisation visée à l'article 157 du Code Forestier.

14 - Un crédit d'un montant égal au produit de la taxe est inscrit chaque année au budget du Ministère de l'Agriculture pour assurer le financement d'opérations de boisement et d'aménagement forestier par l'Etat, les collectivités locales et les propriétaires forestiers privés ou le financement de l'accroissement du domaine forestier de l'Etat.

15 - Un décret en Conseil d'Etat fixera en tant que de besoin les conditions d'application du présent article. Ce décret sera pris après avis du conseil supérieur de la forêt et des produits forestiers.

B I B L I O G R A P H I E

- ANNE P. - Dosage du carbone organique des sols
Ann. Agr. 1945 - Série A (2), pp. 161-172
- BAKER JB. - SWITZER GL. and NELSON LE. - Biomass Production and Nitrogen Recovery after Fertilization of Young Loblolly Pines
Soil Science Society of America Proceedings Vol. 38 n° 6 - Nov. Dec. 1974, pp. 958-961
- BALLAY D. - CATROUX G. : Possibilités de limitation des nuisances et des pollutions dues aux élevages porcins. Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 351-382
- BOIFFIN J. - FLEURY A. : Quelques conséquences agronomiques du retournement des prairies permanentes. Ann. Agr. 1974, Vol. 25 n° 4, pp. 555-573
- BONFILS P. : Méthodes d'analyse des sols
S. E. S. n° 91 - Nov. 1967
- BONNET G. - Recueil des données statistiques climatologiques relatives au département de la Loire
Chambre d'Agriculture de la Loire.
- CALLOT G. - Méthode d'appréciation et de classement des terres de Causse en vue du défrichement, Un exemple sur les Causse Sud Aveyron.
Ann. Agr. 1972, Vol. 23, n° 2, pp. 145-163
- CATROUX G. - GERMON JC. - GRAFFIN Ph. : L'utilisation du sol comme système épurateur
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 178-193
- CATROUX G. - GERMON JC. - HEITZ F. - BIDAN P. : L'épandage des eaux résiduaires de sucreries
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 307-337
- Code rural et forestier - Dalloz - Paris.
- COPPENET M. : L'épandage du lisier de porcherie. Ses conséquences agronomiques
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 403-423
- COTTON G. : Législation agricole - 1972 - Dalloz - Paris.
- DEJOU J. - GUYOT J. - MORIZET J. : Etude des sols reposant sur granites à deux micas et micaschistes à biotite dans la région de Bessines-Laurière (Haute-Vienne).
A. F. E. S. 1966 n° 10, pp. 288-315
- DEJOU J. - GUYOT J. - MORIZET J. - CHAUMONT C. - ANTOINE H. : Etude de l'évolution superficielle des micaschistes à deux micas de la région de Bersac-Trézennes
A. F. E. S. 1970 n° 3, pp. 27-55
- DUCHAUFOUR Ph. : Précis de Pédologie - Masson et Cie - Paris.
- DUPUIS M. : Nouvelle méthode de calcul de K₂ - Communication orale - 1975
- HENIN S. - DUPUIS M. : Bilan de la matière organique des sols
Ann. Agr. 1945 - Série A (1), pp. 17-29

- JUSTE C. : Nouvelle possibilité d'utilisation des vinasses de distillerie en agriculture
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 339-347
- LA MARQUE J. : Droit de la protection de la nature et de l'environnement
Librairie Générale de Droit et de Jurisprudence, Paris.
- LEFEVRE G. : Bilan de la matière organique : comment gérer et compléter les 75 % non commercialisés de la production agricole.
Ferme Moderne 1975 : La fertilisation raisonnée
- LEGROS JP. : Eléments de statistique appliquée à la Science du sol
S. E. S. n° 214 - Déc. 1973
- LIBOIS A. - CHRETIEN J. : Notes préliminaires sur la recherche d'une relation entre la flore et le sol, dans les friches du Jura plissé du Sud
C.R. Ac. Agr. 1968, pp. 934-938
- MAAS EF. and ADAMSON RM. : Resistance of Sarvdusts, Pecits and Barle to decomposition in the presence of soil and nutrient solution
Soil Science Society of America Proceedings Vol. 36, n° 5, Sept. - Oct. 1972, pp. 769-772
- Mc. KEE WH. Jr. and Eugène SHOULDERS : Slash Pine Biomass Response to site Reparation an soil Properties
Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 38, Janv. Fév. 1974, n° 1
- MONNIER G. : Action des matières organiques sur la stabilité des sols.
Ann. Agr. 1965, Vol. 16, n° 4-5, pp. 327-401 et 472-534
- MOREL R. - RICHER A. et MASSON P. - Etude expérimentale de la variation du taux de matière organique du sol dans le champ d'expériences de la Station Agronomique de Grignon.
Ann. Agr. 1956, n° 2, pp. 183-204
- MOREL R. : Evolution de l'azote et du carbone organique du sol au cours d'une expérience de longue durée - Ann. Agr. 1968, Vol. 19, n° 2, pp. 153-174
- MULLER J. : Epanchage par aéroaspersion des eaux de féculerie. Etude de leur composition. Incidence sur le sol et les eaux de la nappe.
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 2-3, pp. 289-306
- OLLIER C. et RONDEPIERRE J. : Equipement rural et améliorations foncières
Eyrolles 1967, Paris.
- REMY JC. - MARIN-LAFLECHE A. : L'analyse de terre : réalisation d'un programme d'interprétation automatique.
Ann. Agr. 1974, Vol. 25, n° 4, pp. 607-632
- SIMON G. : L'enfouissement des pailles dans le sol
Ann. Agr. 1960, Vol. 11, n° 1-2, pp. 5-53 et 177-219
- SMITH JH. and DOUGLAS CL. : Wheat straw decomposition in the field
Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 35, n° 3, March-April 1971, pp. 269-272