

50376
1969
120

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DES SCIENCES

50376
1969
120

P. Lampin

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION

DU

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES

DE BIOLOGIE VEGETALE

**LA VEGETATION PIONNIERE
D'UN TERRIL EN COMBUSTION**

TERRIL DE L'ANCIENNE FOSSE N° 16 DU GROUPE LENS - LIEVIN

COMMUNE DE LOOS EN GOHELLE



SOUTENU A LILLE EN JUIN 1969

PAR PIERRE LAMPIN



030 040403 7

INTRODUCTION

- Présentation du terril
- Raisons du choix

CHAPITRE I : MORPHOLOGIE

A/ MISE EN PLACE DANS LE PAYSAGE

B/ ETUDE TOPOGRAPHIQUE

- 1° Edification
- 2° Description
- 3° Etablissement d'une carte topographique
 - a) Méthode utilisée
 - b) Résultats

C/ EROSION

I) L'eau

- Altération sur place
- Transport
- Conséquences

II) La pesanteur

III) La combustion

- Localisation
- Origine
- Conséquences

CHAPITRE II : ECOLOGIE

A/ METHODES D'ETUDE

I) Caractères physiques du substrat

- a) Localisation et orientation
- b) Valeur de la pente
- c) Température du sol
- d) Granulométrie

- Détermination de la quantité "terres fines"
- Etude de la fraction "terres fines"
- Etude la fraction sable

II) Caractères chimiques du substrat

- a) Dosage de l'eau
- b) Mesures de pH
- c) Dosages de sels

B/ LES MILIEUX ECOLOGIQUES

I) Le contexte climatique

- a) Température
- b) Pluviosité
- c) Insolation

II) Le substrat

a) Granulométrie

b) L'eau

- Rôle de l'ensoleillement
- Rôle de la granulométrie
- Rôle de la combustion

c) La combustion

- La température
- Le pH
- Les sulfates

III) La pente et l'éboulis

IV) Définition des différents milieux

a) Zones soumises à une température normale

- L'adret
- L'ubac

b) Zones soumises à la combustion

- L'adret
- L'ubac

C/ VEGETATION ET FIXATION DU TERRIL

I/ Les pentes non fixées

II/ Les pentes en voie de fixation

III/ Les pentes les plus évoluées

CHAPITRE III : ETUDE SOCIOLOGIQUE DE LA VEGETATION

A/ PHYSIONOMIE GENERALE

- Les pentes non fixées
- Les pentes fixées et cônes de déjection
- Les zones de combustion

B/ INTERPRETATION PHYTOSOCIOLOGIQUE

I/ Méthodes d'étude

II/ Etude sociologique

1° Composition du tableau des relevés

- Classement des relevés
- Classement des plantes

2° Analyse des relevés

- a) Aspect pionnier de la végétation
- b) La "friche prairiale"
- c) Groupement thermophile

III/ Aspect dynamique

CONCLUSION

DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Pour le Géographe et le Géologue, le terril est un exemple de "relief postiche" et, sur les cartes, les indications les concernant sont souvent peu précises ; ainsi, sur les cartes topographiques en courbes de niveau, le relief des terrils est souvent représenté par des hachures, d'autre part, l'altitude du sommet n'est que très rarement indiquée.

Pour qui s'intéresse au monde vivant, le terril est, au contraire, un objet d'observation passionnant : les taches vertes qui, au printemps apparaissent sur sa surface gris ardoise, marquent la progression de la vie, colonisant un milieu primitivement azoïque.

Près de l'ancienne fosse n° 16 de Lens a été édifié un ensemble comportant :

- Un terril plat exploité jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale
- Installés en partie sur ce dernier, deux terrils coniques abandonnés vers 1952 et actuellement en combustion
- Deux terrils coniques géants empiétant eux aussi sur le plateau et actuellement en pleine édification.

RAISONS

Il nous a semblé préférable dans cette étude de nous limiter à un seul terril, afin d'éviter la dispersion. Notre choix s'est porté sur le cône 1952 (côté ouest), pour les raisons suivantes :

- Relativement jeune, il comporte de nombreuses zones dénuées de végétation : la végétation pionnière y est donc encore bien représentée
- Soumis à une combustion lente depuis de nombreuses années, phénomène courant sur les terrils, on peut y observer l'action de cette combustion sur la végétation

Deux raisons accessoires ont enfin confirmé ce choix :

- Ce terril est d'un accès facile et nous avons assisté à son édification.

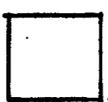
Les premières observations ont débuté au printemps 1967 (étude floristique). Les relevés phytosociologiques ont été exécutés en Juin-Juillet, les observations saisonnières et les mesures écologiques se sont poursuivies durant toute l'année 1968.

Dans cette synthèse, nous envisagerons successivement :

- 1) L'étude morphologique du terril
- 2) L'étude écologique de la végétation
- 3) L'étude phytosociologique de cette végétation.



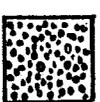
cités



cultures



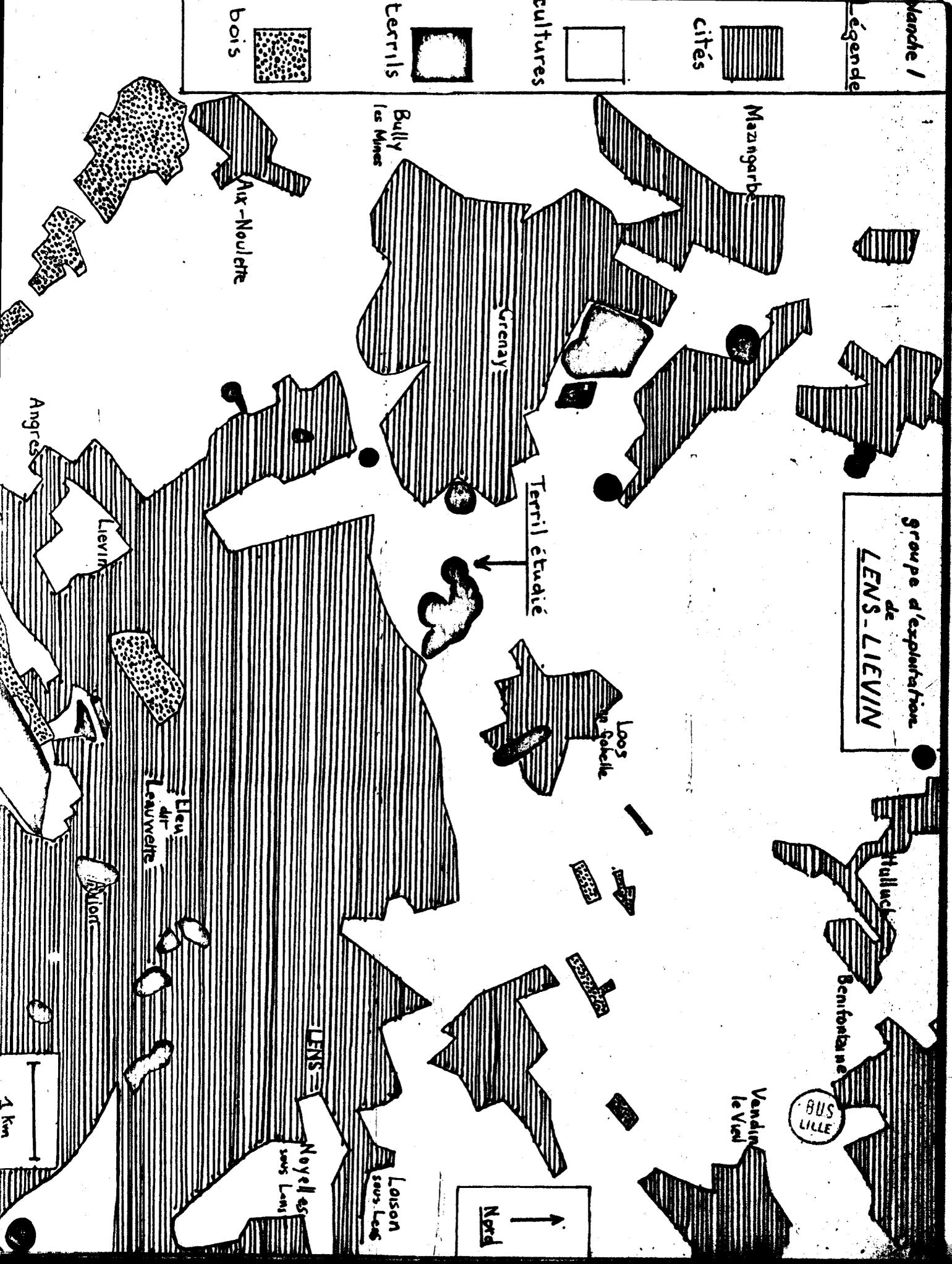
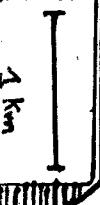
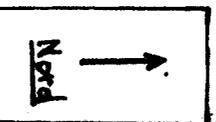
terrils



bois

Groupe d'exploration
de
LENS-LIEVIN

BUS
LILLE



Mazargarbe

Bully
les Mines

Ais-Noulère

Greney

Terril étudié

Loos
de Gohelle

Elou
de Lauwerhe

LENS

Noyelles
sous Lens

Loison
sous Lens

Vendin
le Vieil

Benfontaine

Hully

Lievin

Angres

CHAPITRE I

MORPHOLOGIE -

Les points suivants seront envisagés dans ce chapitre :

- Mise en place dans le paysage
- Etude topographique
- Erosion

A) MISE EN PLACE DANS LE PAYSAGE

Installé sur le territoire de la commune de Loos-en-Gohelle, à mi-distance environ entre Arras et Lille, ce terril appartient au groupe Lens-Liévin (Bassin du Pas-de-Calais).

A quelques kilomètres plus au sud apparaissent les premiers contreforts des collines d'Artois (Vimy, Notre Dame de Lorette), vers le nord, les régions plus plates de Béthune et La Bassée annoncent déjà la Flandre.

Le défrichement de la région déjà réalisé au temps des Gaulois et repris au Moyen-Age, l'installation des mines, des usines et des cités minières font que toute la végétation originelle boisée est complètement disparue.

Le paysage comporte une juxtaposition caractéristique d'industries de cités minières et de cultures.

La carte simplifiée présentée ci-contre (Planche I), représente l'occupation du terrain par les cités minières, les usines et les fosses, les cultures, les bosquets et les terrils.

Cette portion de carte couvre environ 140 km², les terrils en occupent au total 3, c'est-à-dire plus de 2 % ; malgré les prélèvements de "terres rouges" sur les terrils en combustion, on peut donc considérer qu'ils constitueront désormais un élément important du paysage.

Les terrils coniques attirent l'attention du voyageur par leur allure très artificielle en tas de sable. Les anciens terrils en plateau choquent beaucoup moins par leur altitude plus faible, leur végétation plus évoluée et aussi par le fait qu'ils aient été souvent installés dans des dépressions (anciens marais par exemple).

B) ETUDE TOPOGRAPHIQUE

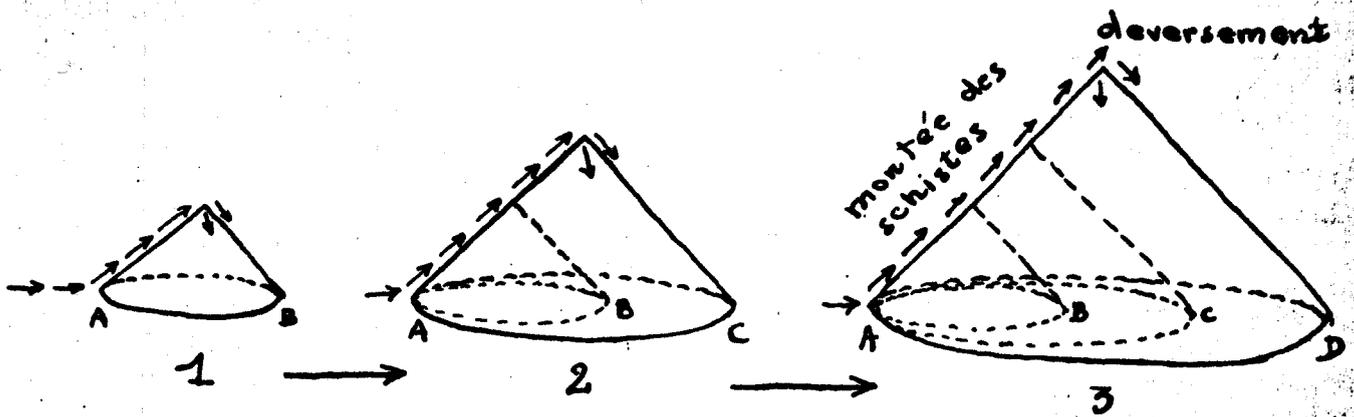
La morphologie du terril étudié s'explique par la technique utilisée pour son édification qu'il est nécessaire de préciser.

1° Edification

Le schéma n° 1 présenté ci-contre indique la façon dont ont été déversés les "stériles" :

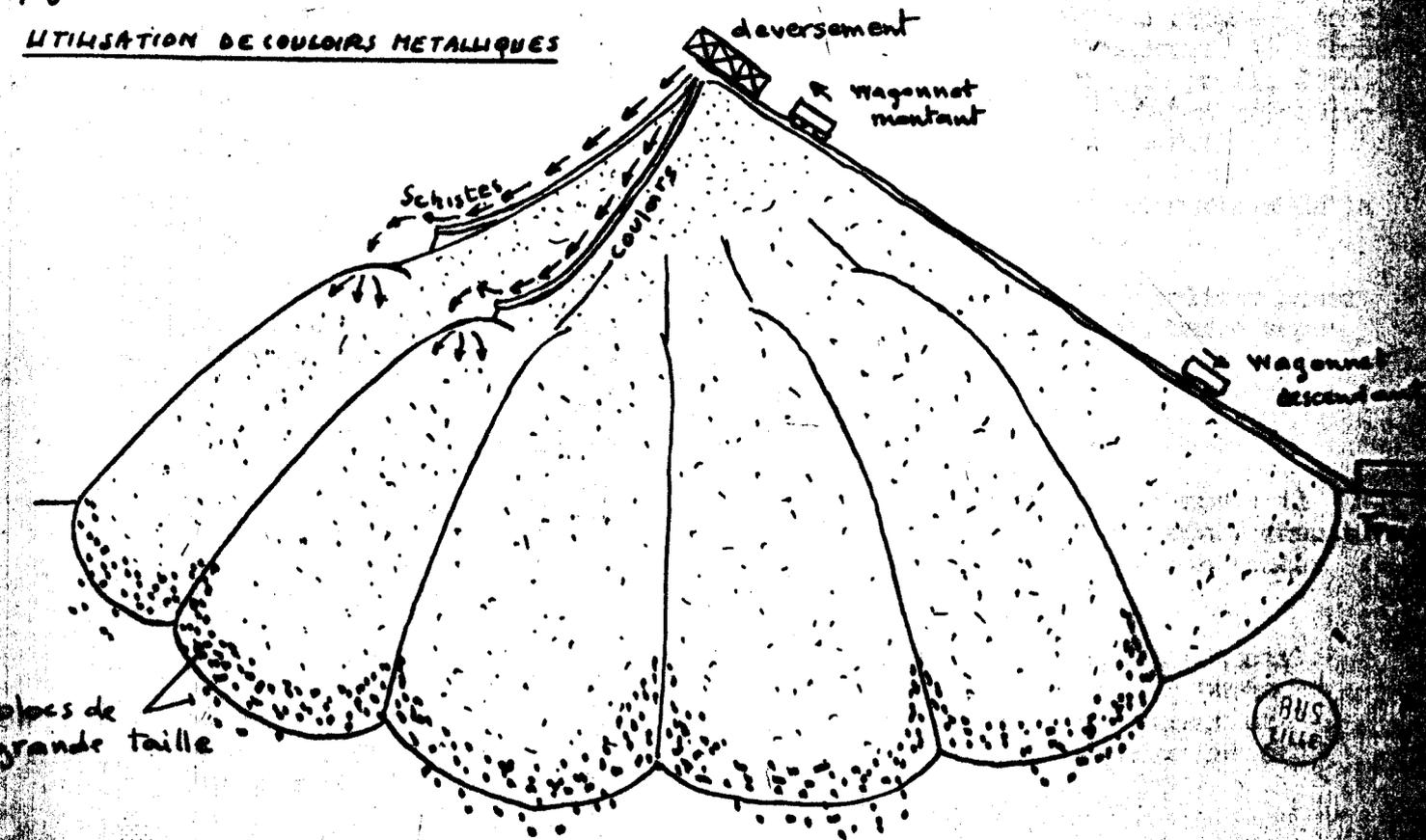
EDIFICATION DU TERRIL.

ACCROISSEMENT D'UN TERRIL CONIQUE



Le côté rampe d'accès est toujours plus ancien que le "front" du terril.

UTILISATION DE COULOIRS METALLIQUES



La Figure 1 représente la structure du terril à trois époques successives :

- L'arrivée des schistes (petites flèches) se fait par la gauche (point A), le déversement s'opère à partir du sommet du monticule.

-- Les stades 2 et 3 indiquent comment le sommet se déplace latéralement et verticalement, la montée des schistes se faisant toujours par la même voie que l'on s'est contenté d'allonger. Ainsi s'établit un front de déversement où les schistes se recouvrent par couches successives et, sur la face opposée, une rampe d'accès où il n'y aura plus de déversement. L'édification de ce terril ayant demandé plus de 10 ans, la face "front" apparaît plus évoluée que la face "rampe d'accès".

Remarque : Comme il sera vu ultérieurement, l'orientation N.E. de la rampe a renforcé considérablement cette différence qui se répercute notamment sur la végétation.

2° Description (Schéma 1, Figure 2)

L'observation de la surface montre que le "cône" est très imparfait au point de vue géométrique : une succession de "croupes" et de "vallées" le sillonnent selon les lignes de plus grande pente.

En effet, pour obtenir un terril aussi large et aussi peu élevé que possible, les schistes n'étaient pas abandonnés à eux-mêmes au sommet du terril ; ils étaient introduits dans des sortes de rigoles formées d'éléments métalliques (couloirs) placés bout à bout. En faisant varier la longueur et l'orientation de ces rigoles, on a pu donner au terril la forme désirée. C'est ainsi que l'emplacement des couloirs est encore marqué par des croupes. Au fil des années, les eaux des fortes pluies ont entretenu et même accusé les fonds de vallées séparant les croupes ; ces vallées ont ainsi pris le profil d'un torrent avec bassin de réception dans la partie supérieure, chenal d'écoulement habituellement à sec, et cône de déjection à la base du terril.

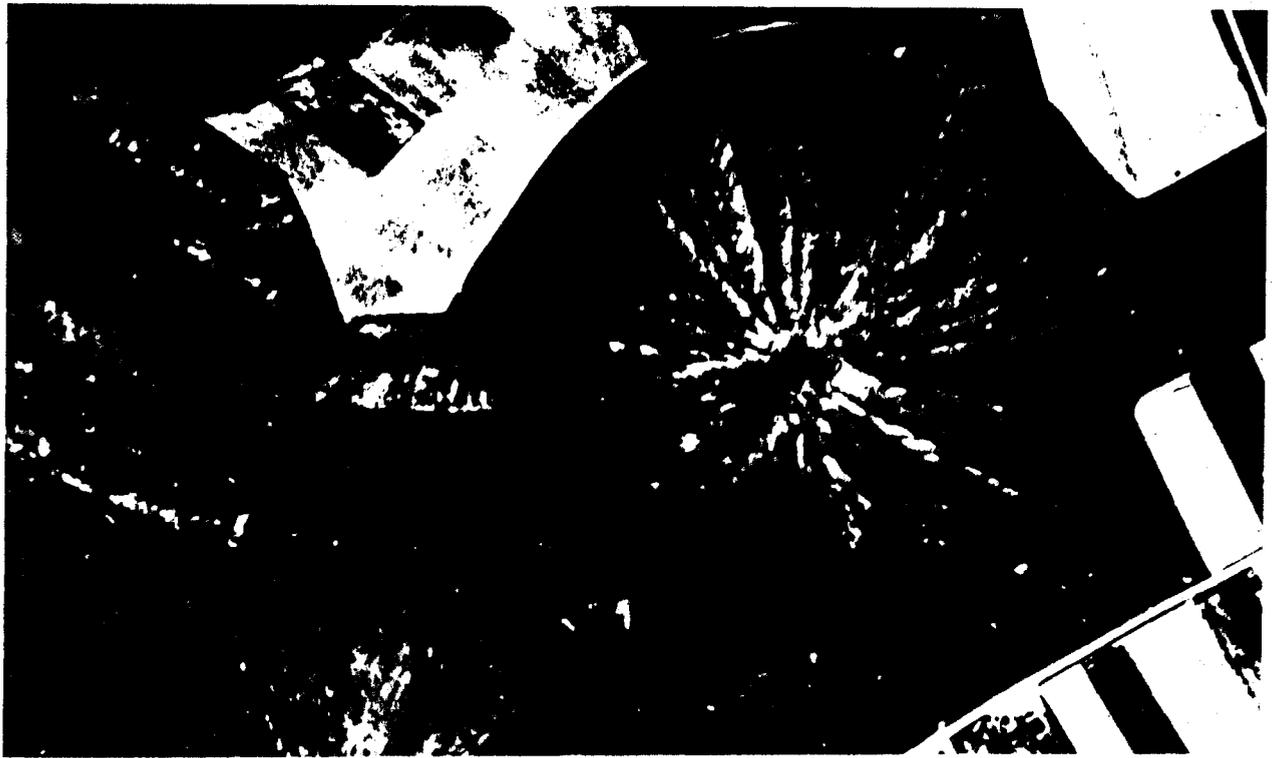
La photo de la page suivante illustre cet aspect curieux de la morphologie.

Dans le but de résumer la morphologie et aussi de localiser aussi précisément que possible les observations, l'élaboration d'une carte topographique au $\frac{1}{2000}$ a été tentée.

3° Etablissement de la carte topographique

a - Méthode utilisée : Ce travail comportait trois temps : il fallait tout d'abord déterminer le contour exact de la base du cône, ensuite placer le sommet sur la carte et en déterminer l'altitude et enfin tracer au mieux les courbes de niveau.

Une carte topographique au $\frac{1}{10\ 000}$ agrandie a permis d'obtenir le contour approximatif et surtout les dimensions ; la photo aérienne (n° 1) présentée ci-contre a permis de corriger le contour et aussi de placer les "vallées" principales. (La carte et la photo ont été fournies par l'I.G.N.)



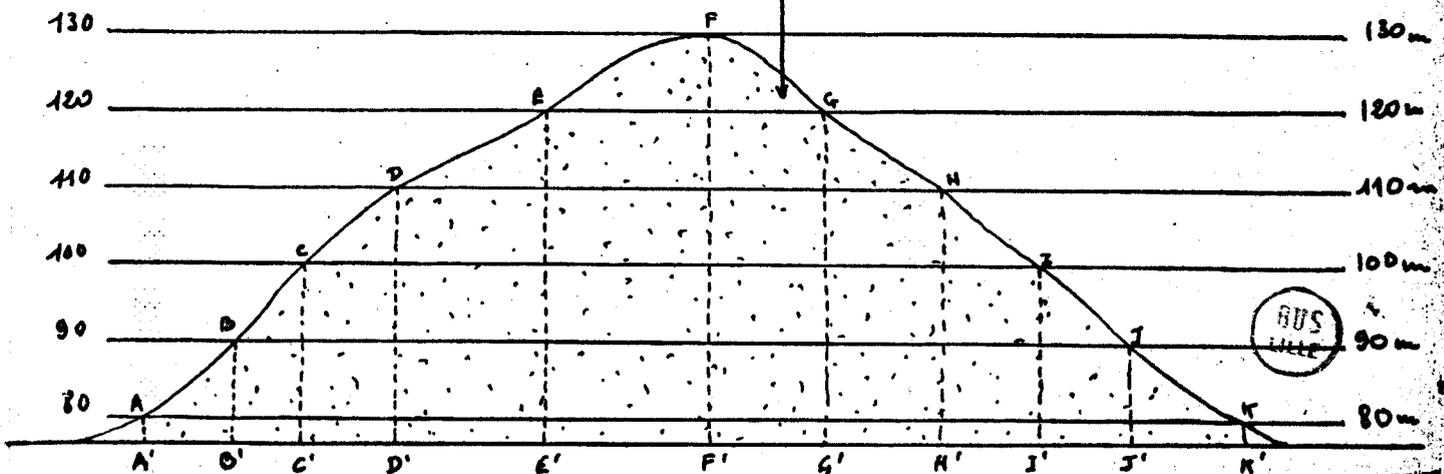
1 Photo aérienne du terril.

héma 2

ETABLISSEMENT DES COURBES DE NIVEAU.

Ecran comportant une série de droites parallèles et horizontales

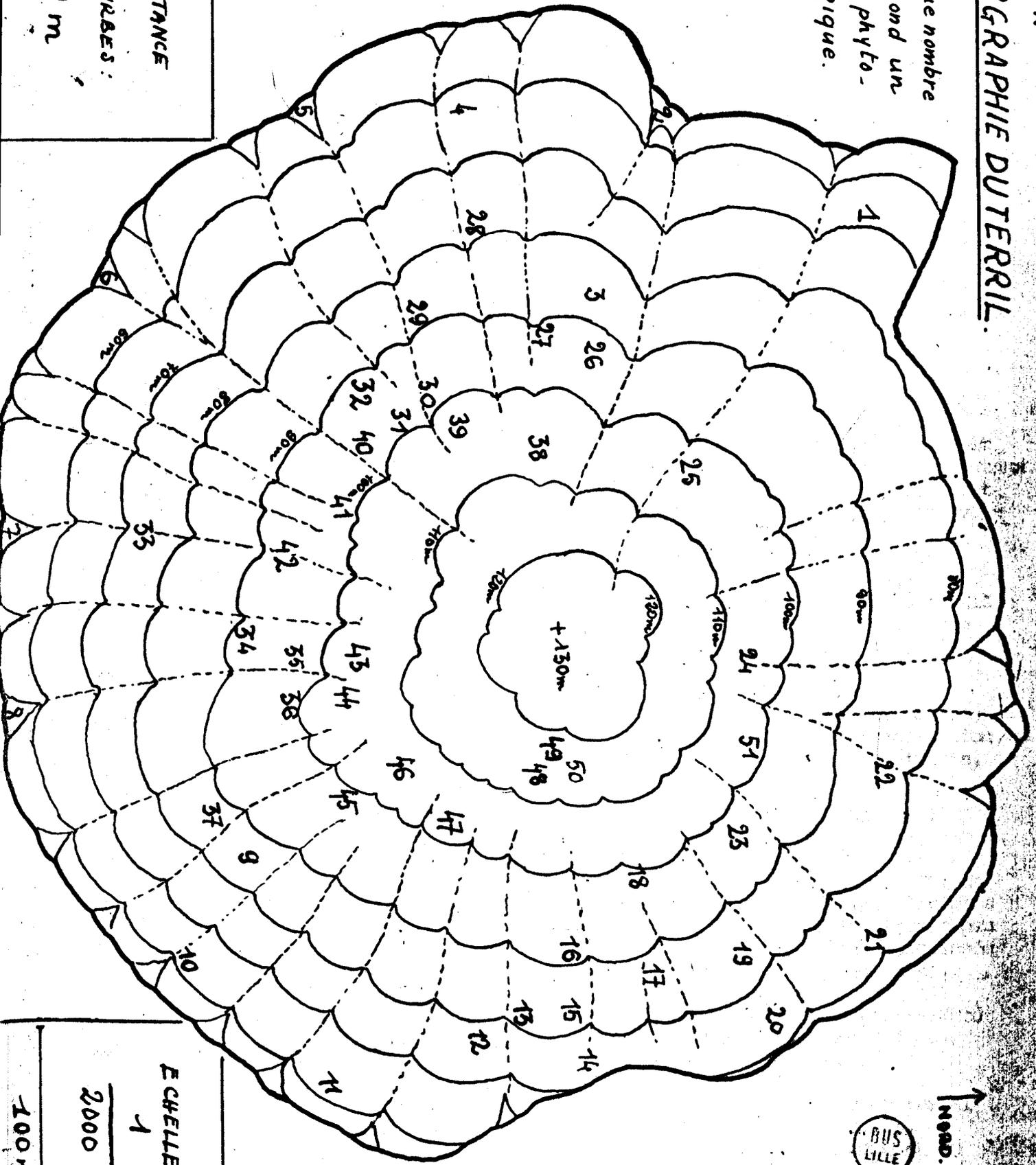
photographie du terril projetée sur l'écran.



points à reporter sur la carte en élaboration.

TOPOGRAPHIE DUTERRIL.

A chaque nombre correspond un relevé phytosociologique.



EQUIDISTANCE
DES COURBES:
10 m

↑ Nord.



ECHELLE:
1

2000

100m

Il restait à placer le sommet et à représenter le relief, détails peu visibles sur la carte au $\frac{1}{10\ 000}$.

L'arpentage, réalisé à la surface du cône nous a permis de connaître la valeur exacte des distances sommet-base ou apothèmes : des jalons (gros blocs de grès peints en blanc), disposés tous les 50 m et selon les huit directions principales (S., S.E., E., etc...) ont été conservés et ont servi de points de repère par la suite.

L'emplacement du sommet sur la carte était ainsi connu ; il restait à en déterminer l'altitude : pour chaque direction étaient connues les valeurs du rayon de la base et du côté oblique (apothème) correspondant ; la valeur de l'angle formé par ces deux segments devait permettre, par une construction simple, d'obtenir cette altitude. La photographie du terril à distance constante et selon huit directions différentes a résolu ce problème.

La valeur moyenne de cette altitude du sommet (80 m) a été retenue.

La représentation du relief par les courbes de niveau a été obtenue par les mêmes photos du flanc du terril : chacune de ces vues était projetée sur un écran comportant un réseau de traits parallèles et horizontaux. (Voir schéma n° 2). Le trait supérieur venait effleurer le sommet, le trait inférieur se superposait à la base du terril ; il y avait autant d'intervalles que de dizaines de mètres entre la base et l'altitude du sommet. Les points d'intersection entre ces traits et la surface du terril étaient ensuite repérés puis projetés sur le trait de base. Ainsi pour chaque direction principale était connu un point d'une courbe de niveau ; la dernière partie de ce travail a consisté à joindre ces points en tenant compte des irrégularités visibles souvent sur la photo aérienne et observées sur le terrain.

Remarque : Cette méthode, notamment dans sa dernière partie, manque de précision. La carte obtenue s'est malgré tout révélée utile dans la localisation, et la comparaison des observations présentées dans les chapitres suivants.

b - Résultats : L'établissement de cette carte (planche 2) nous a permis de préciser la topographie générale du terril.

La hauteur du terril est de 80 m ; comme il est installé sur un sol d'altitude 50 m, l'altitude du sommet est de 130 m. La surface latérale (celle qui est offerte à la végétation) est de 133 000 m², elle diffère peu de la surface de base : 127 000 m² ; ceci est dû à la forme très surbaissée du cône. Le volume approximatif est de 3 385 000 m³ (schistes et grès).

Ce terril n'est pas isolé ; il se raccorde dans sa partie Nord Est à un ancien terril plat ; là les courbes de niveau débutent à 70 m (altitude du plateau), alors que la base Ouest se trouve à 50 m.

Si l'on exclut les faces Nord et Nord Est, le flanc du terril comporte deux parties de pente différente : jusqu'à 80 m, les courbes de niveau sont rapprochées (pente forte), elles s'écartent par contre de 80

à 110 m, ce qui correspond à un replat sensible sur le terrain. Les versants N. et N.E. sont plus réguliers.

La surface est sillonnée de petites vallées radiales (pointillés), séparées par des croupes plus ou moins accentuées. Chaque vallée est un chenal d'écoulement aboutissant à un cône de déjection de forme triangulaire.

Cet aspect est encore celui d'un terril jeune ; l'observation des anciens cônes permet de prévoir l'évolution de celui-ci : le sommet va s'aplatir et s'arrondir jusqu'à se confondre avec le replat. La différence de pente entre ce replat et les zones inférieures va s'atténuer jusqu'à ce que le versant forme une courbe régulière et surbaissée.

C) EROSION

Trois facteurs interviennent dans la lente mais continuelle modification du terril : l'eau, la pesanteur, la combustion.

/ I/ L'eau

Le terril étudié a été abandonné en 1952. A cette époque, il était constitué de l'amoncellement d'éléments schisteux et gréseux dont la taille variait du simple caillou au bloc de plusieurs dizaines de kilogs. Actuellement, quelques blocs de grés (cuirelles) ont résisté ; le schiste a été débité en un gravier fin. L'examen de ces éléments montre qu'ils ont une forme plate et ont conservé la structure litée du schiste.

Le rôle de l'eau se manifeste ici de deux façons :

- d'une part, elle participe de façon active à la désagrégation sur place du schiste

- d'autre part, elle intervient dans le transport des éléments fins ainsi élaborés.

Altération sur place Elle s'opère tout d'abord par des processus mécaniques : l'eau s'insinue dans les plans de schistosité et, en période de gel, l'augmentation de volume de la glace joue le rôle d'un coin et transforme le bloc en un amoncellement de plaquettes. Cette action est bien visible à la fin de l'hiver, mais en période plus douce et humide, elle doit se poursuivre en mettant en jeu d'autres forces telles les forces de tension superficielle et de dilatation.

A côté de cette action purement mécanique, l'eau devrait intervenir dans les processus chimiques conduisant normalement à "l'argilisation" du schiste mais, ainsi que le montrent les analyses granulométriques, le pourcentage d'éléments argileux est encore très faible (13 % de la fraction "terres fines" elle-même peu abondante dans le substrat brut). On peut supposer que cette action chimique se manifestera de plus en plus au fur et à mesure que la granulométrie deviendra de plus en plus fine.

Transport La désagrégation du schiste le rend plus facilement transportable ; ici encore l'action de l'eau se manifeste de façon évidente.

En cas de pente nulle ou faible, les eaux de pluie s'infiltreront rapidement et ne ruissellent pas à la surface. Dans le terril étudié, la présence de petites "vallées" dues au mode d'édification du terril (voir ci-dessus) fait que, en cas de forte pluie, l'eau concentrée au fond d'un "chenal d'écoulement" peut en éroder les versants et déposer des matériaux à la base du terril en formant des petits "cônes de déjection". Ces dépôts en pente douce, formés d'éléments assez fins et bien tassés seront assez vite colonisés par la végétation.

Conséquences Les anciens terrils prennent une forme de plus en plus surbaissée, sans modification sensible de leur périmètre. Comme il n'y a pas de perte de matière (sauf en cas de combustion), il faut admettre qu'il y a tassement progressif de leurs matériaux.

Les blocs de grandes dimensions étant débités comme nous l'avons vu en éléments de plus en plus petits, les lacunes séparant les éléments sont de plus en plus réduites ; il semble donc que la désagrégation des blocs schisteux facilite le tassement.

Remarque Les matériaux des terrils actuels (terrils de lavoir) ont, au moment de leur dépôt, une taille faible ce qui accélère évidemment leur évolution, notamment au point de vue de la végétation.

II/ La pesanteur

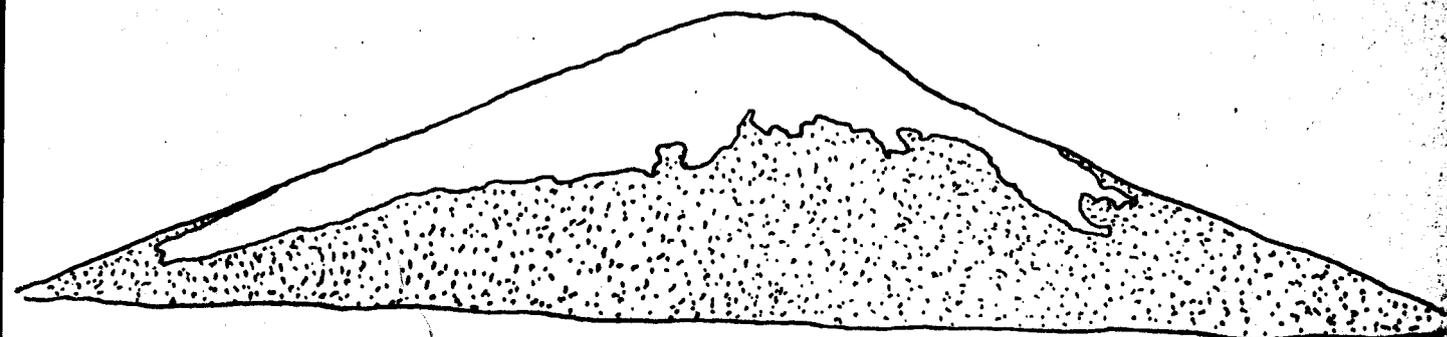
On peut observer son action là où la pente est forte (35 ou 40 degrés par rapport à l'horizontale), et le recouvrement végétal faible. Le bruit des particules roulant le long du versant est perceptible, notamment par temps sec. On peut remarquer aussi que, dans ces endroits, les plantes situées vers le bas sont à demi enfouies dans un sol très meuble ; un jalon haut d'une dizaine de centimètres a été ainsi complètement recouvert de matériaux en un an.

Une grande partie des bas de pente est de ce fait formée d'éboulis meubles et de granulométrie grossière où l'installation des végétaux s'avère difficile ; un certain classement des particules selon leur taille s'opère dans ces éboulis et se répercute sur la végétation (voir chapitre suivant).

III/ La combustion

Comme beaucoup d'autres terrils de la région, celui-ci se consume lentement et ceci depuis de nombreuses années.

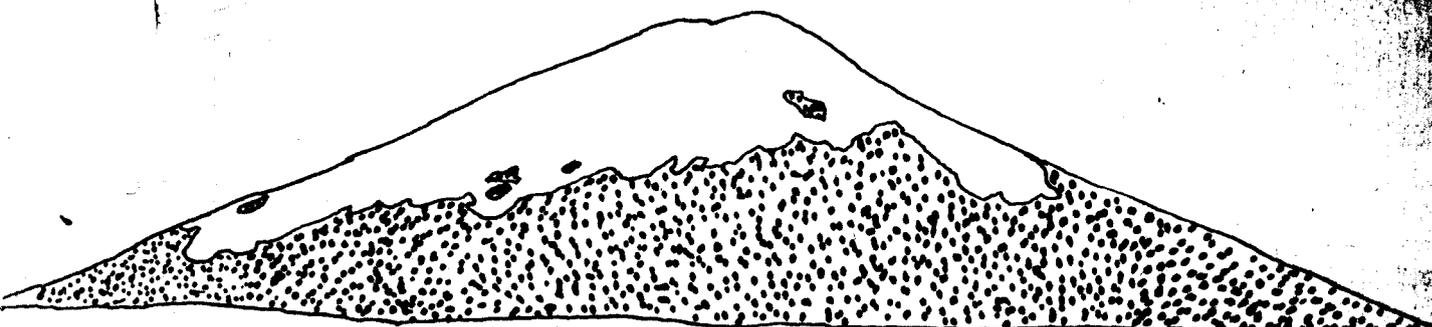
D'APRÈS DEUX PHOTOGRAPHIES.



Jul 67



végétation abondante



dec 67



neige

Une diminution brutale de la végétation s'observe à partir de l'endroit où la température du substrat est suffisante pour faire fondre instantanément une forte chute de neige.



La photographie présentée ci-dessus matérialise pour la face S.W les zones et points de combustion : le cliché a été pris quelques minutes après une forte chute de neige qui a fondu immédiatement sur les secteurs anormalement chauds qui ont ainsi conservé la teinte sombre du schiste. Tout le sommet et une grande partie du replat (celui-ci est bien visible sur pente droite) sont soumis à un réchauffement. Sur la partie gauche, on peut distinguer quelques taches noires isolées qui correspondent à des points de combustion entourant la grande zone centrale. Les parties inférieures sont par contre à une température normale .

Les points où la combustion est intense apparaissent parfois incandescents la nuit, et par temps de pluie, ils laissent s'échapper des colonnes de vapeur d'eau assez spectaculaires. Signalons enfin qu'au sommet, la chaleur et les émanations sulfureuses sont presque insupportables.

Origine Le Laboratoire Central des Houillères (Groupe Lens-Liévin) a réalisé des analyses chimiques de schistes et cuerelles (grès) dont le résultat complet est présenté dans le Tableau I.

L'analyse immédiate donne les résultats suivants :

	Echantillon I	Echantillon 2
Cendres	94 %	92,70 %
Matières volatiles	5,80 %	7 %

Tableau I :

Echantillons de schistes de la Fosse 7 de Lens

(d'après les documents des Houillères)

DESIGNATION	ECHANTILLON 1 Schistes cuerelleux	ECHANTILLON 2 Schistes
<u>ANALYSE IMMEDIATE :</u>		
Cendres %	94,00	92,70
Matières volatiles %	5,80	7,00
<u>ANALYSE CHIMIQUE :</u>		
Silice (SiO ₂)	65,60	60,10
Alumine (Al ₂ O ₃)	18,40	21,20
Oxyde ferrique (Fe ₂ O ₃)	4,20	6,20
Carbonate de Fer (CO ₃ Fe)	-	-
Chaux (CaO)	0,70	Traces
Magnésie (MgO)	1,10	1,90
Oxyde de Manganèse (Mn ₃ O ₄)	Traces	0,20
Sulfates (SO ₃)	1,00	0,60
Carbone (C)	1,20	1,00
Eau combinée (H ₂ O)	3,80	4,70
Carbonates en CO ₂ Combinés à CaO et MgO)	1,30	1,60
Alcalis évalués en Na ₂ O	2,70	2,30
Non dosés	-	0,20

De l'analyse chimique, nous pouvons aussi extraire les résultats suivants :

	Echantillon 1	Echantillon 2
Oxyde ferrique	4,20 %	6,20 %
Sulfates (SO ₃)	1,00 %	0,60 %
Carbone	1,20 %	1,00 %
Eau combinée	3,80 %	4,70 %

Notons d'abord la présence d'une quantité appréciable de carbone (environ 1 %) : elle explique la teinte sombre du schiste houiller et la possibilité de combustion.

Le pourcentage important de composés ferriques (environ 5 %) donne au schiste une teinte rouge caractéristique lorsque la combustion a chassé le carbone dont il est question ci-dessus.

Notons d'autre part que les anciens procédés de tri à la main faisaient qu'une certaine quantité de charbon non retenu était déversée sur le terril avec les stériles, augmentant encore la richesse en carbone minéral combustible. Ce charbon est d'ailleurs recherché par les "grapilleurs" que l'on rencontre parfois sur les terrils en exploitation.

Mais il faut se demander ici quelle est la source de chaleur susceptible de déclencher la combustion. L'origine en est rarement artificielle ; il arrive pourtant que les entreprises exploitant les "terres rouges" (schistes et grès ayant subi la combustion et utilisés comme matériau de revêtement) utilisent pour cela des tas de pneus usagés amoncelés dans des tranchées creusées au bulldozer.

Ce n'est pas le cas ici et il est probable que, comme cela nous a été affirmé, les composés soufrés jouent le rôle de l'allumette dans la mise en route et l'entretien de la combustion ; il est remarquable que, autour des points de combustion, des traînées de sulfates (sulfate de fer notamment), parfois de soufre cristallisé et des émanations sulfureuses soient toujours présentes. L'oxydation des sulfures passant au sein du terril à l'état de soufre et de sulfates serait suffisamment exothermique pour déclencher la combustion du carbone. La quantité importante de soufre (0,6 à 1 % en sulfate SO₃) notée dans l'analyse rend cette explication vraisemblable.

Conséquences sur la morphologie La quantité relativement importante de matières volatiles fait que la combustion s'accompagne d'une diminution de volume prenant les aspects suivants :

- Formation de poches de gaz parfois explosifs comme en témoignent certains accidents dans les carrières d'exploitation de "terres rouges".
- Formation de puits et de crevasses parfois profonds de plusieurs mètres d'où s'échappent gaz carbonique et sulfureux ou vapeur d'eau.
- Affaissement des zones qui ont été soumises à cette combustion.

CAPITAL

Remarque : Les procédés modernes de tri en lavoir ont fait baisser le taux de carbone dans les stériles. Ceci semble expliquer que les terrils actuels ne se consomment en général pas.

Ainsi, sous l'action de plusieurs facteurs d'ordre physico-chimique, le terril s'est modifié et évolue actuellement :

- Ses pentes tendent à s'adoucir et à se stabiliser
- Les éléments constituant le sol deviennent de plus en plus fins, ce qui se traduit par une plus grande capacité de rétention en eau
- Le tassement progressif de ces éléments permet aux forces de capillarité de mieux s'exercer rendant possible la remontée de l'eau de sol en période sèche
- Il est à noter enfin que la combustion débarasse le substrat d'éléments qui, comme le soufre minéral et le carbone minéral, sont peu favorables à l'installation de la vie.

CHAPITRE II

ÉCOLOGIE -

Nous envisagerons successivement dans ce chapitre :

- Les méthodes d'étude
- Les différents milieux écologiques
- Les relations entre la végétation et la fixation du terril

A) METHODES D'ETUDE

Les méthodes simples, utilisables si possible "sur le terrain", ont été préférées aux méthodes plus précises de Laboratoire impliquant des transports d'échantillons et des délais plus importants. L'essentiel était d'obtenir des ordres de grandeur qui viendraient préciser les observations.

I/ Caractères physiques du substrat

a) Localisation et orientation Le quadrillage du terril s'est révélé très utile ici : tous les 50 m et à partir du sommet, un gros bloc de grès peint en blanc servait de point de repère. Huit alignements de telles bornes matérialisaient les 8 directions principales ; le report des observations sur la carte a été ainsi grandement facilité.

b) Valeur de la pente Un appareil inspiré du clinomètre, encombrant mais efficace, a permis cette mesure pour tous les relevés exécutés. Notons que, sur un sol aussi accidenté, une mesure ne peut être faite qu'à 5 degrés près.

c) Température du sol Nous avons utilisé pour cela un thermomètre à mercure, le réservoir se trouvant pour chaque lecture à 5 cm de profondeur. Une température de 42°5 a été ainsi mesurée sous un coussinet de Polytrichum formosum (orientation nord, pas d'émanations sulfureuses, température atmosphérique 16°C).

Cette température du sol varie évidemment en fonction de la température atmosphérique, on ne peut donc comparer des températures prises à quelques jours d'intervalle en des endroits différents.

d) Granulométrie Trois séries de mesures complémentaires ont été faites :

- Détermination de la quantité "terres fines" : simple et rapide, cette mesure est particulièrement intéressante. Elle consiste tout d'abord à prélever l'échantillon de substrat en un lieu déterminé sur la carte, puis à le sécher à l'étuve (70°C jusqu'à poids constant). Lorsque ce résultat est obtenu (en relativement peu de temps), l'échantillon est soigneusement effrité à la main et criblé à l'aide d'un tamis comportant des trous ronds de 2 mm de diamètre ; par double pesée, on détermine enfin les proportions relatives des terres fines et de gravier. Le pourcentage de terres fines permet ainsi de comparer la finesse granulométrique de milieux différents comme il sera vu par la suite.

Tableau 2

Résultats granulométriques

a - Etude des terres fines :

Exposition :	N.	S.	E.	W.
Sables: 0,05 à 2 mm	70	74	69,4	70,5
Limons: 0,002 à 0,05 mm = 2 à 50 μ	17,6	11,6	17,4	17,1
Argiles: moins de 0,002 mm	12,4	14,4	13,2	12,4
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

b - Etude de la fraction sableuse :

Exposition :	N.E.	S.W.	N.W.	S.W.	N.E.	
Altitude :	90 m	55 m	70 m	95 m	70 m	Moyenne
Ø supérieur à 3,2 mm	29,2	44,7	40,6	34,9	32,8	36,4 %
de 1,6 à 3,2 mm	21,9	20,4	23,7	21	16,5	20,7 %
de 0,8 à 1,6 mm	15,6	13,4	14,6	16,3	13,9	14,7 %
de 0,4 à 0,8 mm	10,5	8	7,8	9,7	10,1	9,2 %
de 0,2 à 0,4 mm	8	5,3	4,7	7,2	9,4	6,9 %
de 0,1 à 0,2 mm	5,7	3,4	3	4,4	6,9	4,6 %
de 0,05 à 0,1 mm	3,8	3,6	4,1	4,4	5	4,1 %

- Etude de la fraction "terres fines" La mesure précédente ne donne qu'une valeur repère, mais elle peut être utilisée sur un grand nombre d'échantillons. L'étude granulométrique, par contre, est plus complète mais plus longue et plus délicate.

Cette mesure a été tentée sur 4 échantillons moyens en utilisant la méthode simplifiée mise au point à la Station Agronomique de Laon par J. C. Rémy, Ingénieur-Agronome, licencié ès-Sciences.

Chaque échantillon moyen a été obtenu de la façon suivante : sur une face donnée du terril ont été prélevées au hasard des petites quantités de sol en des endroits variés. C'est une partie du mélange obtenu qui a été soumis aux manipulations suivantes :

- Séchage, effritement, criblage au tamis de 2 mm
- Pesée de 20 g de terres fines ainsi obtenues
- Destruction de la matière organique par l'eau oxygénée à 110 vol.
- Dispersion des éléments à l'aide d'une solution d'hexamétaphosphate de sodium
- Pesée de la fraction sable isolée avec le tamis de 0,05 mm
- Détermination des pourcentages de limons et d'argiles à l'aide du densimètre de Mériaux

Les résultats obtenus pour les 4 faces du terril sont présentés dans le Tableau 2a. On remarque l'importance de la fraction sable (71 %) par rapport à celles des limons (16 % en moyenne) et des argiles (13 %).

La fraction sableuse étant prépondérante, il nous a semblé intéressant de l'étudier plus particulièrement dans une troisième série de mesures :

- Etude de la fraction sable Une autre série de 5 échantillons moyens a été utilisée (Tableau 2b).

Chaque échantillon séché et effrité a été soumis à l'action d'une batterie de 7 tamis comportant successivement des trous de 3,2 mm, 1,6 mm, 0,8 mm, 0,4 mm, 0,2 mm, 0,1 mm, 0,05 mm ;

On peut remarquer que, d'après le tableau récapitulatif, dans la fraction sable les fractions les plus grossières sont encore les mieux représentées ;

II/ Caractères chimiques du substrat

a) Dosage de l'eau La teneur en eau est habituellement déterminée sur la fraction terres fines du substrat, on considère en effet que les éléments grossiers n'interviennent pas dans l'alimentation en eau au niveau des racines. L'échantillon de sol prélevé à profondeur constante était ainsi criblé sur le terrain (tamis 2 mm) pour extraire les cailloux et graviers ; le transport au Laboratoire s'effectuait dans des récipients étanches. Le dosage de l'eau s'effectuait ensuite le plus vite possible en mesurant la diminution de poids après passage à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant.

Les valeurs qui seront utilisées proviennent d'échantillons prélevés en un laps de temps d'une heure environ ; l'humidité du sol varie en effet d'une journée à l'autre et la comparaison risquerait ainsi d'être faussée sans cette précaution.

b) Mesures de pH Cette mesure demande l'utilisation d'eau distillée fraîchement préparée dans laquelle on dilue, à proportions constantes, l'échantillon de sol. L'utilisation de bleu de bromothymol avec mélanges tampons, puis du papier indicateur "Merck", ont donné des résultats similaires : acidité faible. Remarquons que la filtration préalable du mélange eau-terre est indispensable.

c) Dosages de sels Les sulfates (de Fer, notamment) sont souvent abondants autour des points de combustion. On peut supposer qu'ils ont une influence sur la végétation qu'on y rencontre. Malheureusement, le dosage systématique était irréalisable dans le cadre de ce travail. Une réaction simple a pourtant été utilisée sur un grand nombre d'échantillons : les proportions restant constantes d'un essai à l'autre, l'échantillon préalablement séché et pesé était introduit dans de l'eau distillée portée à l'ébullition. Après filtration, du chlorure de baryum était ajouté au filtrat ; l'apparition d'un précipité (de sulfate de baryum) a permis de noter la présence constante d'ions SO_4 dans le sol colonisé par les plantes autour des points de combustion.

Les dosages du carbone organique et de l'azote devraient aussi apporter de précieux renseignements permettant de mieux comprendre comment s'opère l'élaboration d'un sol véritable.

Quelques essais d'extraction d'insectes inférieurs à l'aide de l'appareil de Berlèse ont été tentés ; la faune obtenue était abondante (même à proximité des points de combustion) mais difficilement déterminable. L'étude des microorganismes (algues unicellulaires - bactéries) serait, elle aussi, probablement très utile pour éclairer les premiers stades de la colonisation, mais elle n'a pas été tentée ici.

B) LES MILIEUX ECOLOGIQUES

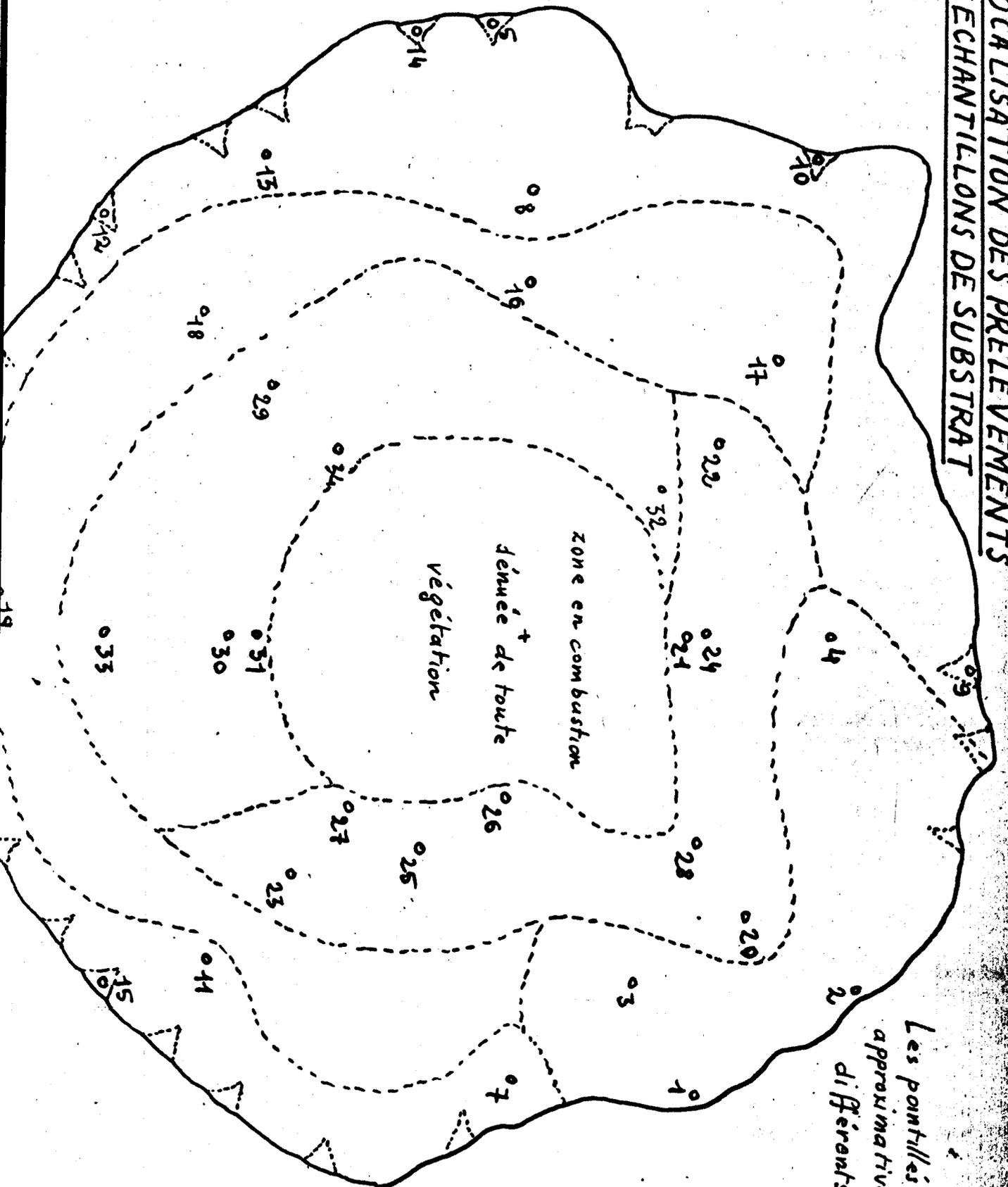
I/ Le contexte climatique

Les données climatiques peuvent être considérées comme intermédiaires entre celles de Lille et d'Arras qui sont d'ailleurs très proches :

a) Températures Les températures enregistrées à 2 m sous abri par la station d'avertissements agricoles d'Arras en 1967 (où ont été faits la plupart des prélèvements mesures et relevés) ; donnent les moyennes suivantes :

Janvier	: 2,9°C
Février	: 5,3°C (anormalement doux)
Mars	: 7,1°C "
Avril	: 7,9°C (anormalement frais)
Mai	: 12,0°C
Juin	: 14,3°C
Juillet	: 18,0°C
Août	: 17,0°C
Septembre	: 14,3°C
Octobre	: 10,3°C
Novembre	: 4,6°C (anormalement froid)
Décembre	: 2,9°C (")

LOCALISATION DES PRELEVEMENTS
D'ECHANTILLONS DE SUBSTRAT



Les pointilles delimitent
approximativement les
différents milieux.



Nord.
↑

Le maximum absolu a été enregistré le 13 Juillet (32°C).

Le minimum absolu a été enregistré le 11 Décembre (-12°C).

Ces températures (voisines de celles de Lille) sont celles d'un climat semi-atlantique assez froid par rapport au reste de la France.

Il est aussi intéressant de signaler que le nombre de jours de gelée est de 74 pour Arras alors qu'il est de 60 pour Lille et de 40 à Saint-Inglevert (sur la côte). Ces moyennes portent sur la période 1891-1930.

b) Pluviosité Elle est voisine de celle de Lille ou d'Arras : 770 mm d'eau répartis en 175 jours de pluie (période 1891-1930). Elle est caractérisée par l'alternance d'une saison humide de Juin-Juillet à Décembre et d'une saison sèche de Janvier à Juin. Les pluies d'été viennent ainsi compenser en partie l'importante évaporation subie par la surface du terriil.

e) Insolation La station météorologique de Lille ne bénéficie que de 1651 heures d'insolation, durée minimum pour toutes les stations françaises. Cette nébulosité importante semble plutôt favorable à l'installation de la végétation sur le terriil : une période ensoleillée en été suffit souvent pour donner à la face sud un aspect aride dû à la faimaison des plantes.

II/ Le substrat

Nous considérons successivement les facteurs granulométrie, eau et température. Nous avons prélevé les échantillons destinés à la mesure aux endroits 1, 2 etc... marqués sur la planche IV ; les valeurs de ces mesures sont rassemblées dans le tableau n^o 3. et ont servi à dresser des schémas écologiques du substrat (Planches V VI VII)

a) Granulométrie et structure L'aspect rocailleux de certaines portions du terriil frappe l'observateur et ne peut manquer de se répercuter profondément sur la vie végétale.

Ainsi qu'il a été vu plus haut, l'échantillon moyen de sol est caractérisé par l'abondance des éléments les plus grossiers (pierres, graviers, sables grossiers) par rapport à une quantité faible d'éléments fins (argile : 13 %)

Résultats (Planche V)

Le pourcentage de terres fines a été déterminé en différents points du terriil (voir planche IV).

Deux zones à granulométrie relativement fine apparaissent dans les secteurs E. N.E. et N W

La rampe d'accès au terriil ayant une direction N.E. (voir "édification du terriil"), il est normal que l'on observe dans cette direction des éléments très altérés donc fins.

Inversement, les secteurs W, S.W., S. et S.E. présentant une granulométrie grossière car ils correspondent au front de déversement, donc aux dépôts plus récents.

TABLEAU N° 3

CARACTERES ECOLOGIQUES DU SUBSTRAT

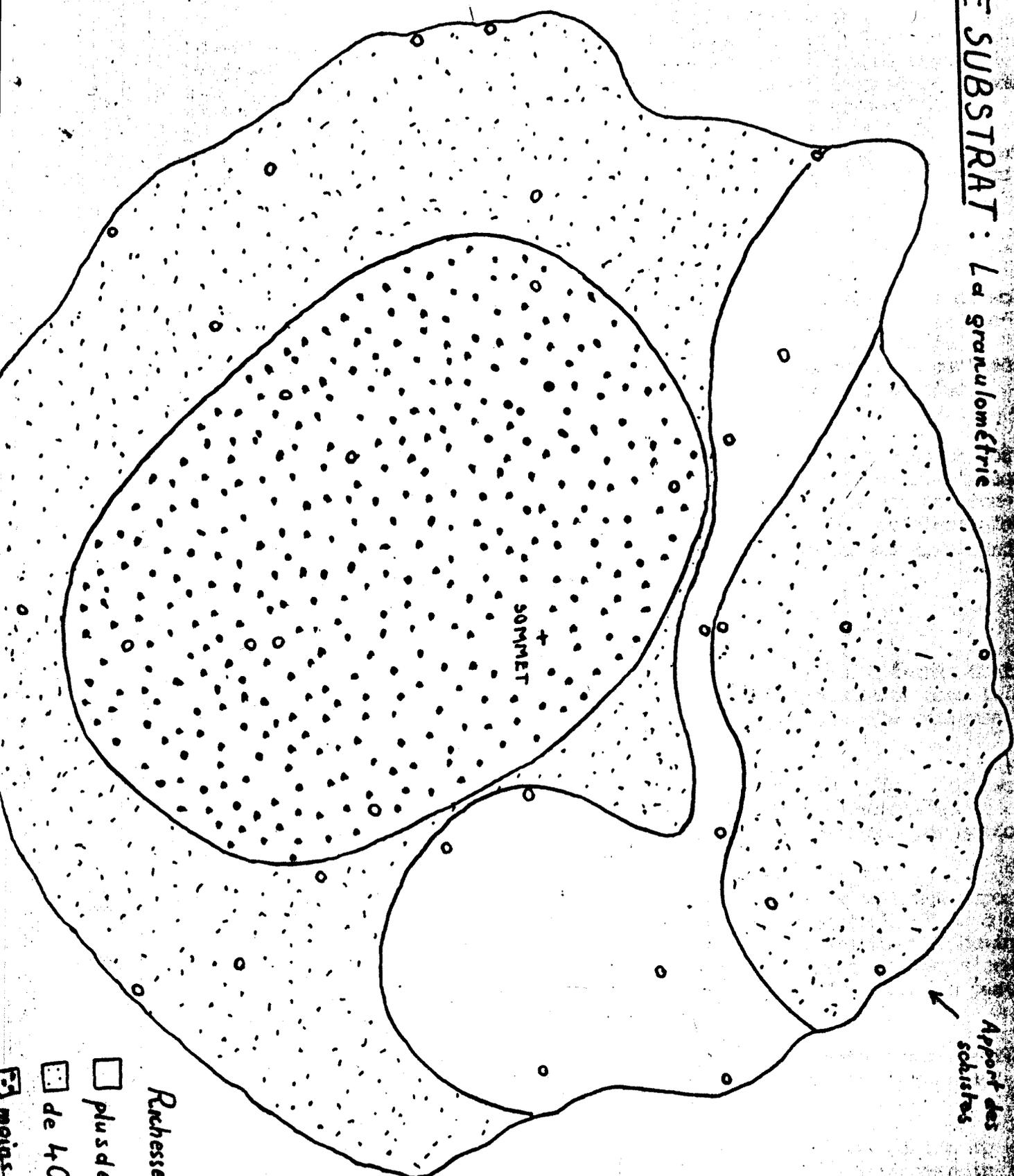
TEMPERATURE

GRANULOMETRIE ET HUMIDITE

Altitude en m	Exposition	Valeur en ° C	N° du pré- lèvement	Altitude en m	Exposition	"terres fines" en %	Eau en %
95	N	6	1	70	NE	72	24,5
105	N	10	2	70	NE	46	18,8
107	N	15	3	85	E	55	18
120	N	20	4	90	N	45	17,1
80	NE	6	5	50	W	43	13,2
85	NE	10	6	55	S	47	12,3
105	NE	15	7	75	E	52	11,5
110	NE	20	8	75	W	45	11,4
95	E	6	9	75	N	47	11,1
110	E	10	10	50	NW	50	10,6
115	E	15	11	70	SE	47	10,5
117	E	20	12	50	SW	45	10,6
90	SE	6	13	60	SW	44	11
100	SE	10	14	50	W	32	11,4
108	SE	15	15	55	SE	32	10,1
110	SE	20	16	85	W	32	9,8
78	S	6	17	90	NW	51	9,6
82	S	10	18	70	SW	48	7
95	S	15	19	60	S	41	6,9
97	S	20	20	85	NE	32	16
75	SW	6	21	110	N	54	13,3
80	SW	10	22	100	NW	52	12,6
95	SW	15	23	90	SE	41	12
97	SW	20	24	110	N	43	11,4
85	W	6	25	100	SE	50	10,4
93	W	10	26	110	E	54	9
94	W	15	27	100	SE	37	8,4
95	W	20	28	100	NE	50	7,1
80	NW	6	29	85	SW	32	6,9
95	NW	10	30	95	S	27	6,9
112	NW	15	31	100	S	37	5,7
115	NW	20	32	105	NW	21	5,1
			33	80	S	22	4,6
			34	100	SW	24	4



LE SUBSTRAT : La granulométrie



BUS LILLE

Nord →

↑
Apport des
schistes

Recherche en terres fines

□ plus de 50 p 100

◻ De 40 à 50 p 100

◻ moins de 40 p 100

Une autre observation demande un essai d'explication : les zones les moins riches en éléments fins s'observent dans les parties supérieures de ce front de déversement (elles correspondent à un replat bien sensible sur le terril). On peut se demander si, étant donné la grande perméabilité du substrat et l'abondance des pluies, un "lessivage" des éléments fins et colloïdaux ne s'opère pas au détriment des parties supérieures du terril. Des dépôts d'éléments colloïdaux (argiles riches en oxyde de fer) sont d'ailleurs observables au pied des parties anciennes du terril(N.E.).

2 - Rôle des éléments grossiers

Il réside avant tout dans la grande taille des interstices du sol : en cas de pluie, la descente de l'eau sous l'effet de la pesanteur ne rencontre guère de résistance et ceci explique la grande perméabilité du substrat ; ce n'est qu'en cas de fortes pluies et sur des pentes accentuées que l'on pourra assister à un certain ruissellement (formation de cônes de déjection).

La grande taille des lacunes du sol a une autre répercussion sur la circulation de l'eau : on sait que, dans les tubes très étroits, l'ascension d'un liquide sous l'effet des forces de tension superficielle est inversement proportionnelle au diamètre du tube ; dans le cas d'une terre graveleuse, comme c'est le cas ici, la remontée de l'eau par capillarité est très limitée et explique la sécheresse du milieu en période estivale.

3 - Rôle des "terres fines"

On considère souvent dans l'étude des sols que les éléments dont le diamètre est inférieur à 2 mm ont une importance prépondérante dans la vie de la plante ; c'est cette fraction que l'on étudie dans les analyses agronomiques.

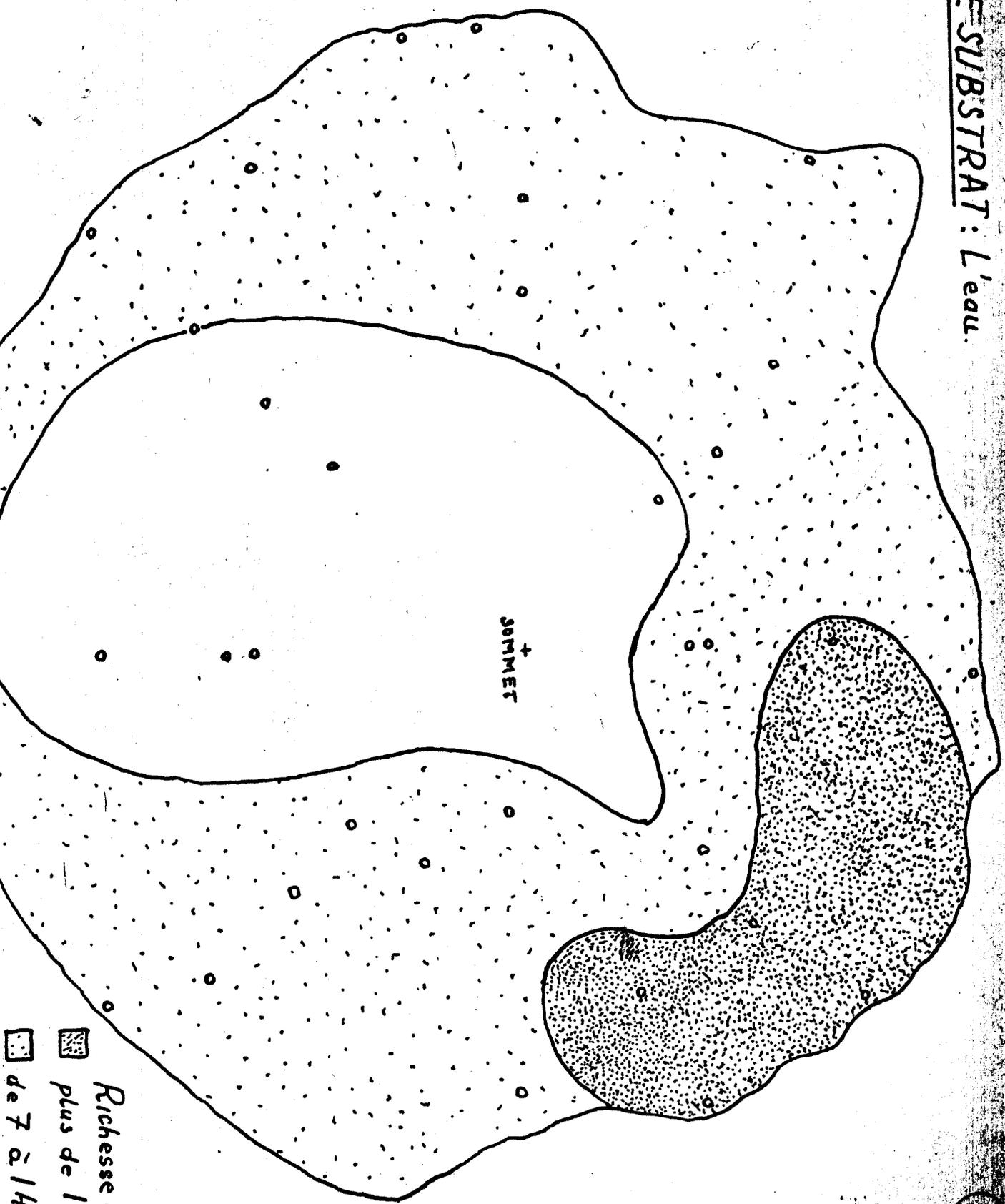
Contrairement aux éléments grossiers, les éléments fins s'opposent dans une certaine mesure à la pénétration de l'eau de pluie sous l'effet de la pesanteur ; mais favorisent la circulation de l'eau du sol par action des forces de capillarité.

La fraction colloïdale des terres fines a d'autre part une importance considérable sur la cohésion du sol : elle joue le rôle d'un ciment ou d'une colle unissant les éléments grossiers ; les agglutinants argileux et humiques ne peuvent, par leur faible quantité, assurer cette cohésion ; ainsi s'explique le manque de cohésion du substrat qui se manifeste notamment dans les pentes fortes (éboulis).

L'importance de la fraction "terres fines" augmente d'autre part la capacité de rétention en eau du sol : l'argile et l'humus jouent donc ici aussi un grand rôle.

Le substrat du terril pauvre en "terres fines" apparaît encore comme un milieu sec par la trop faible quantité d'eau qu'il peut retenir lors des chutes de pluie.

LE SUBSTRAT: L'eau.

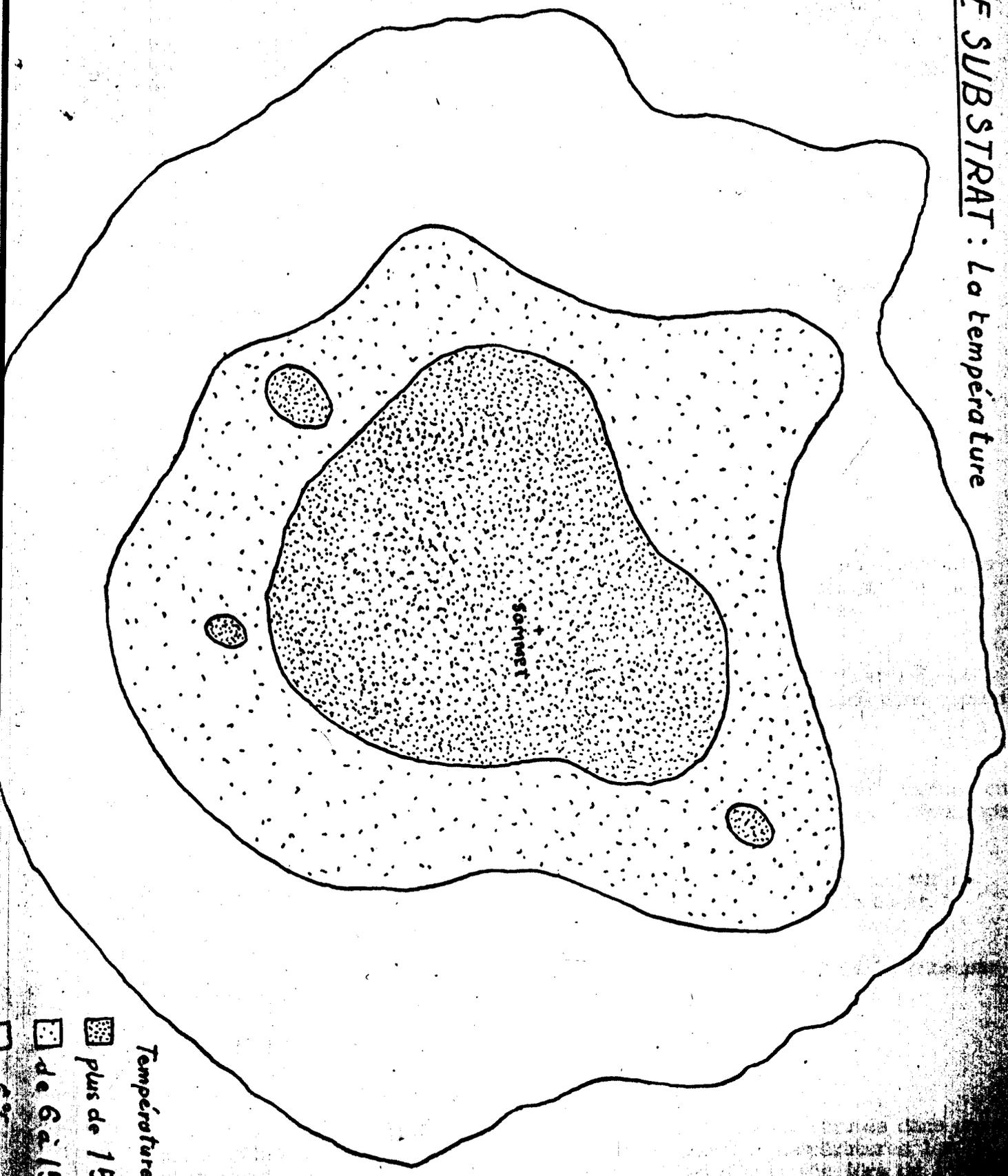


SOMMET

Nord
↑

Richesse en eau:
▣ plus de 14 p 100
▣ de 7 à 14 p 100

LE SUBSTRAT : La température



Nord

Température à 5 cm

■ plus de 15°C

■ de 6 à 15°C

□ de 0 à 6°C

b) L'eau du sol Ainsi que le montre clairement la carte présentée ci-contre, la richesse en eau proprement dite dépend essentiellement de l'exposition donc de l'ensoleillement du point considéré (Planche V).

- Rôle de l'ensoleillement

Le terril ayant la forme d'un cône, il y a toute une gradation de l'ensoleillement depuis la face Sud, où les rayons frappent presque perpendiculairement le sol, jusqu'à la face Nord où, même en période estivale cet angle est très faible.

Cette perte d'eau est accrue par les caractéristiques du substrat :

- Absence évidente de nappe aquifère
- Capacité de rétention faible
- Circulation capillaire difficile
- Couleur gris-foncé du schiste absorbant bien les rayons calorifiques solaires .

- Rôle de la granulométrie

Il apparaît dans le secteur sud où les parties supérieures plus rocailleuses apparaissent plus sèches, et aussi dans le secteur Est où à une granulométrie plus fine correspond une humidité plus forte.

- Rôle de la combustion

Là où elle est active, elle provoque une évaporation plus rapide (comparer les cartes VI et VII).

Mais la condensation de la vapeur d'eau qui, remontant par les anciennes fissures de combustion, peut localement enrichir le substrat en eau et créer de petites "oasis" où mousses, graminées, fougères se développent en abondance.

En conclusion, l'exposition a ici le rôle essentiel et, sur ce terril comme sur tous les terrils coniques, on peut parler d'un adret à l'aspect aride et d'un ubac toujours plus verdoyant.

Les résultats des mesures du pourcentage d'eau dans le substrat sont présentés dans le Tableau n° 3.

C) LA COMBUSTION ET SES CONSEQUENCES

1 - La température

Les résultats des mesures de température sont résumés dans une carte (Planche VI). Le sommet du terril est soumis aux températures les plus fortes. Il semble que les échafaudages de bois utilisés lors de l'érection du terril et abandonnés dans l'axe vertical du terril aient, après combustion, laissé place à une véritable cheminée où le passage des gaz de combustion est facilité.

schéma 3

FACE SSW d'après une photographie

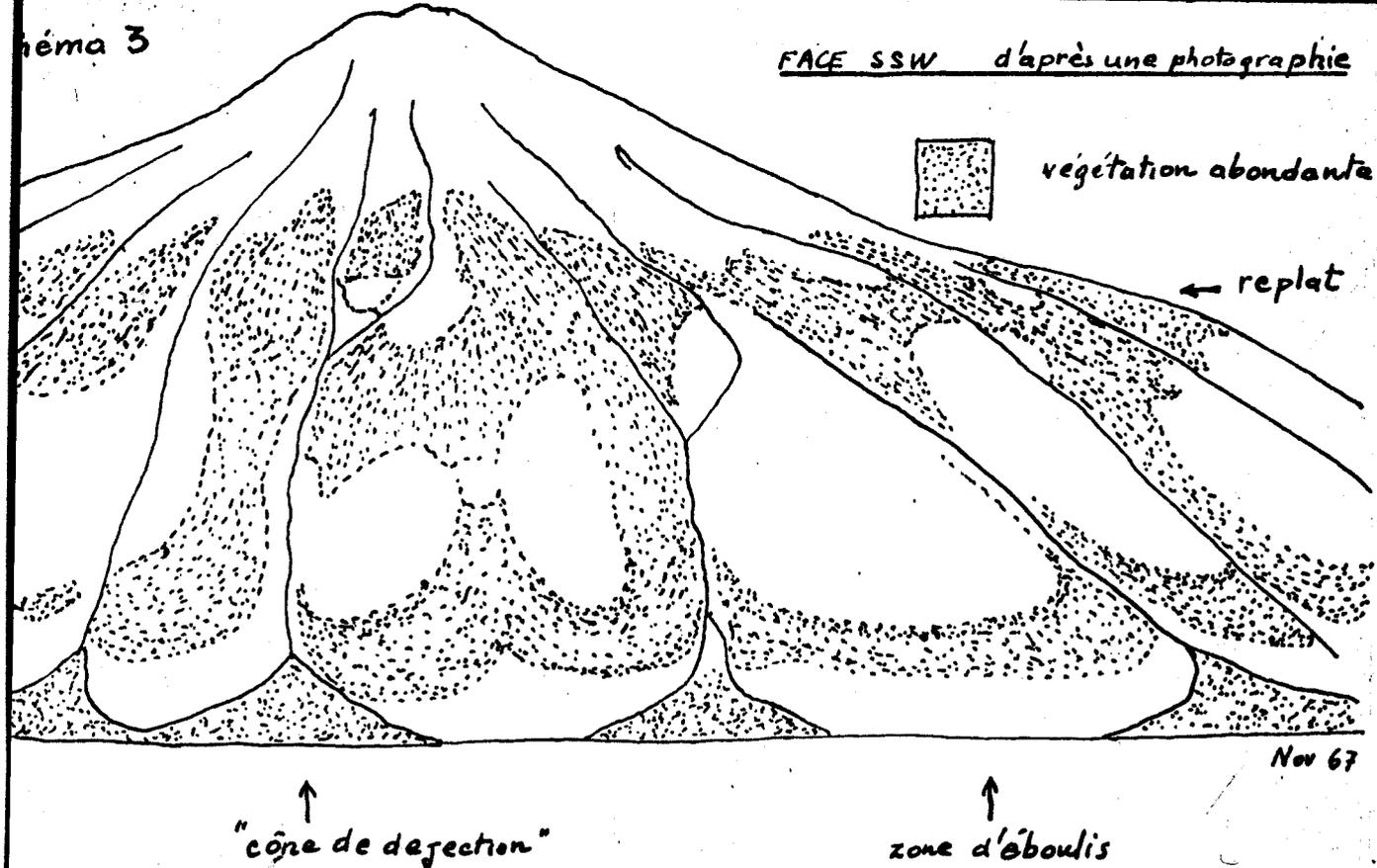
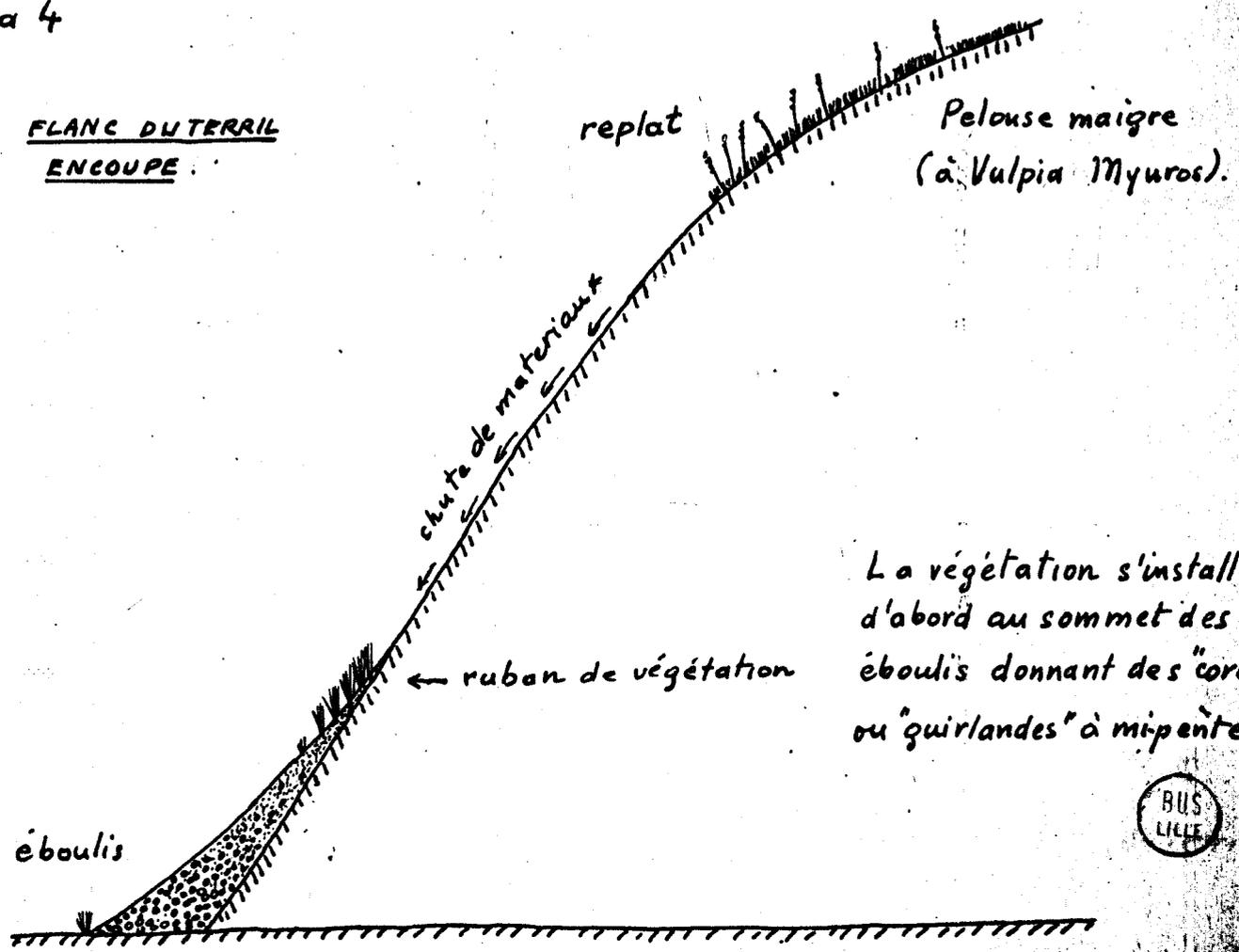


schéma 4

FLANC DU TERRIL
ENCOUPE :

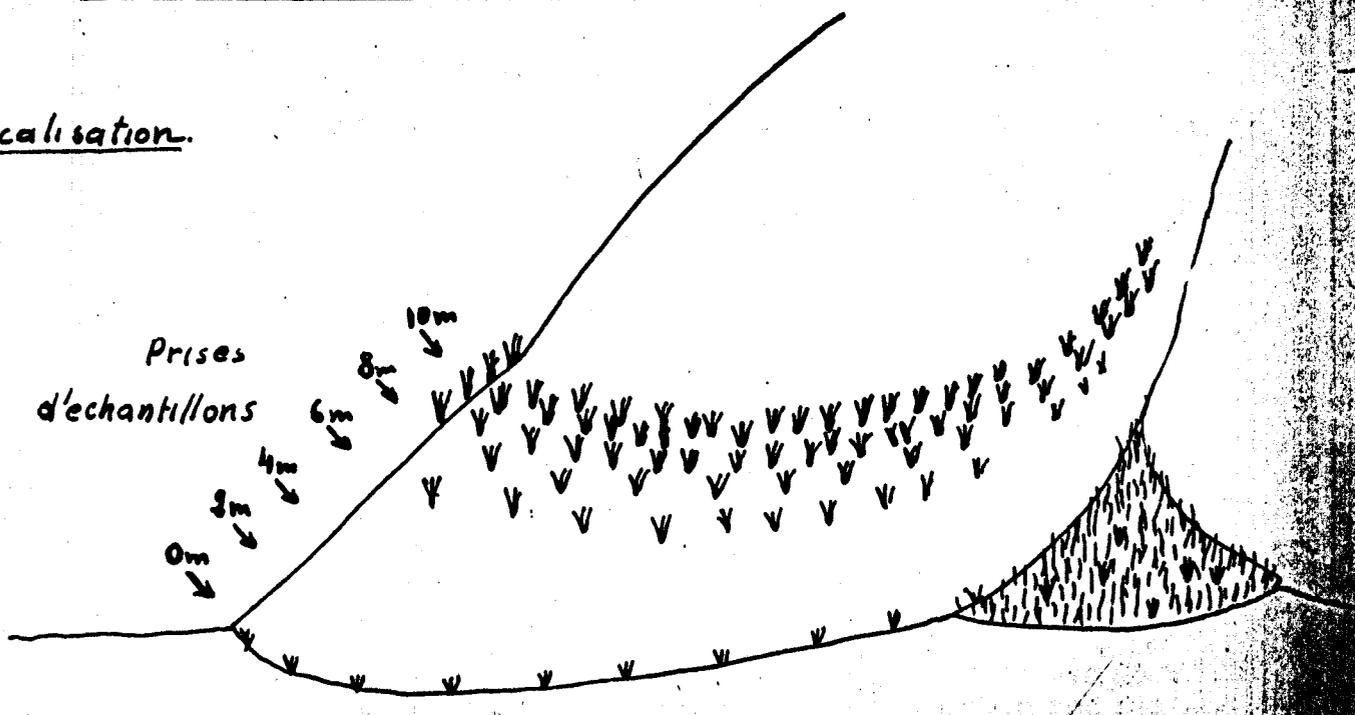


La végétation s'installe d'abord au sommet des éboulis donnant des "cordons" ou "guirlandes" à mi-pente

BUS
LILLE

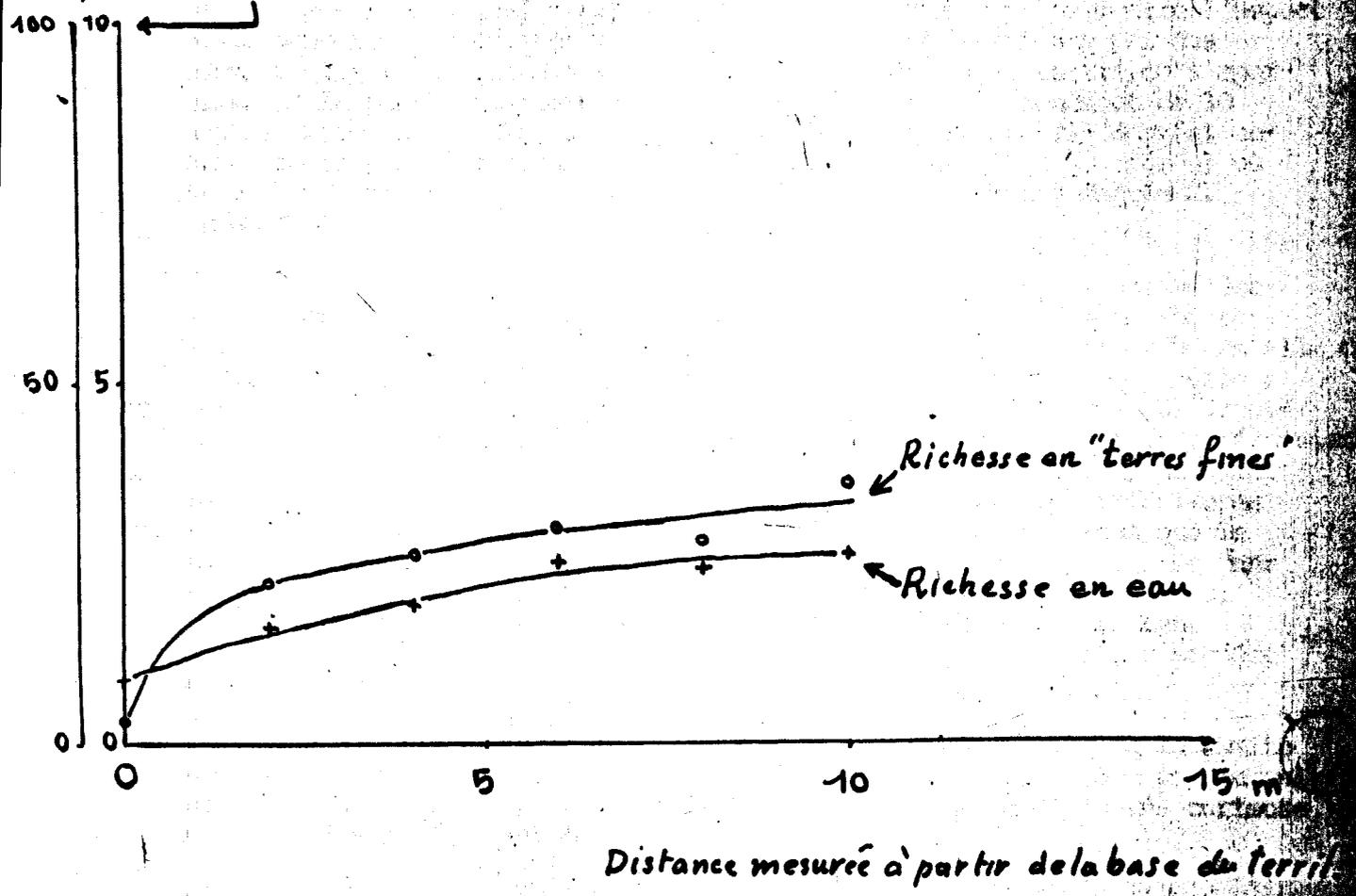
ETUDE DU SUBSTRAT D'UN EBOULIS.

Localisation.



Pourcentage

"terres fines" Echelle humidité



2 - Le pH

Une acidité plus forte du substrat s'observe lorsque l'on approche des zones de combustion.

3 - Les sulfates

Aux abords des zones de combustion, le sol s'avère riche en ions, notamment en ions sulfate .

III/ La pente et l'éboulis

1) La pente (cf planche II)

D'une façon générale, la partie supérieure du terril est en pente douce (replat). Ainsi que le secteur Nord et tous les cônes de déjection.

Les autres parties du terril, c'est-à-dire les flancs dont l'exposition va du N. W. à l'Est en passant par le Sud présentent des phénomènes d'éboulis.

2) Les éboulis

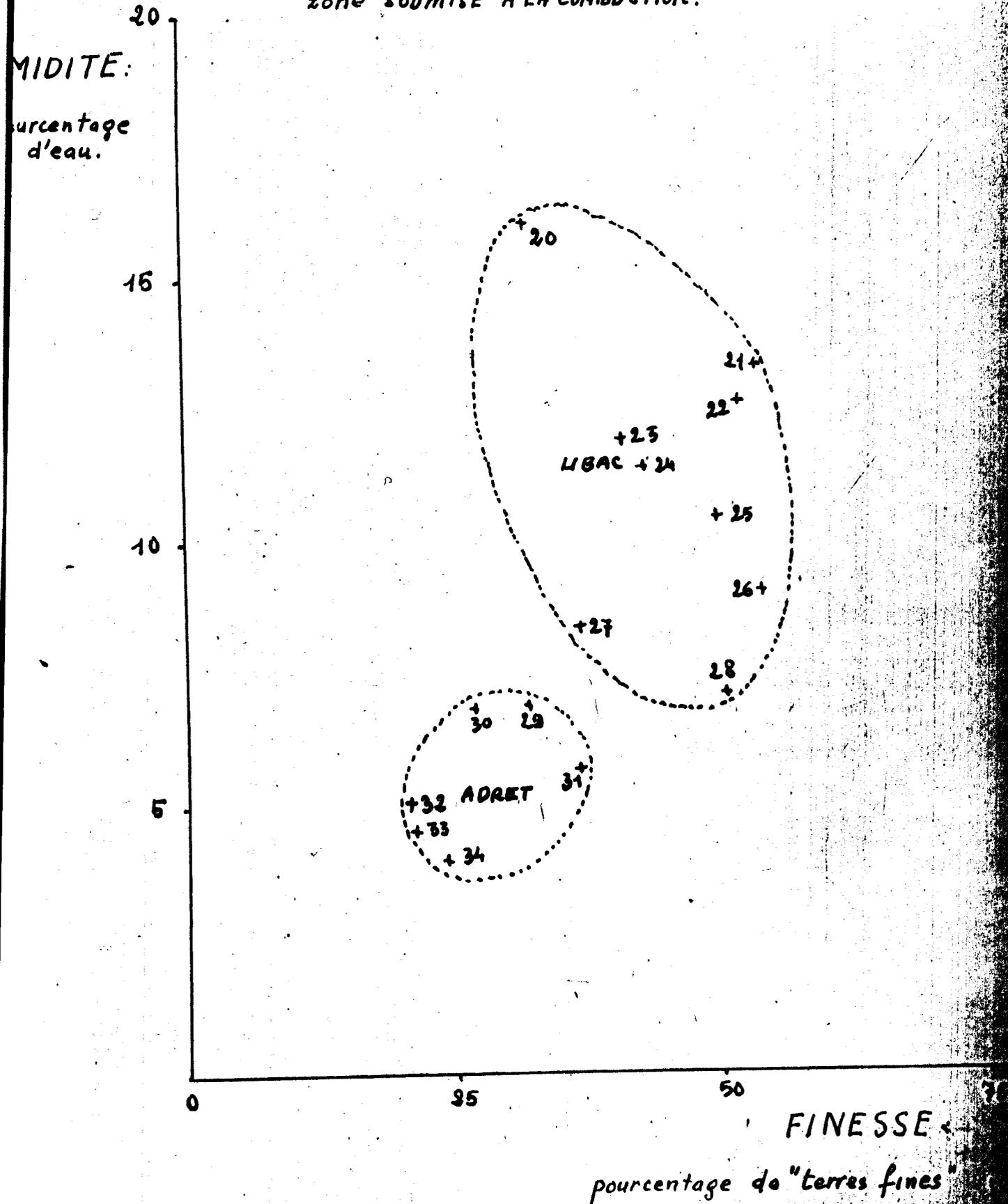
Le schéma 3 réalisé à partir d'une photographie montre l'aspect de la zone SSW. Le bas des pentes est occupé alternativement par des éboulis et par des cônes de déjection. En gravissant le terril, on s'aperçoit que la pente qui était de 15 à 20 degrés pour les cônes et de 30 degrés pour les éboulis, devient bientôt plus importante (35 degrés) ensuite cette pente importante fait place à un replat (25 à 30 degrés) où la combustion élève déjà la température du sol de quelques degrés C. (schéma n° 4)

Les cônes de déjection sont toujours occupés par une végétation abondante prenant souvent une allure prairiale. Cette même végétation envahit plus lentement les pentes proprement dites ; elle s'y installe curieusement d'abord à une certaine altitude à la limite du sol meuble des éboulis et du substrat mieux tassé des parties supérieures. La granulométrie grossière et l'humidité faible qui en découle (capacité de rétention peu importante, remontée difficile de l'eau de pluie infiltrée) semblent devoir expliquer le faible recouvrement végétal des parties inférieures des éboulis. Un véritable classement des éléments s'opère ainsi que le montre l'observation directe et aussi la série de mesures présentée dans le schéma n° 5. D'autre part, la pente et surtout le départ continu de matériaux sous l'effet de la pluie et de la pesanteur permettent d'expliquer la difficile installation des plantes dans les zones situées au-dessus des éboulis.

Ainsi s'établit un véritable cordon de végétation à la limite des zones de départ et d'accumulation des matériaux, cette zone se poursuit vers le haut le long des "vallées", la végétation prend alors une curieuse disposition "en festons" ou "en guirlandes" (schéma n° 3).

CARACTERISTIQUES DESECHANTILLONS DE SUBSTRAT

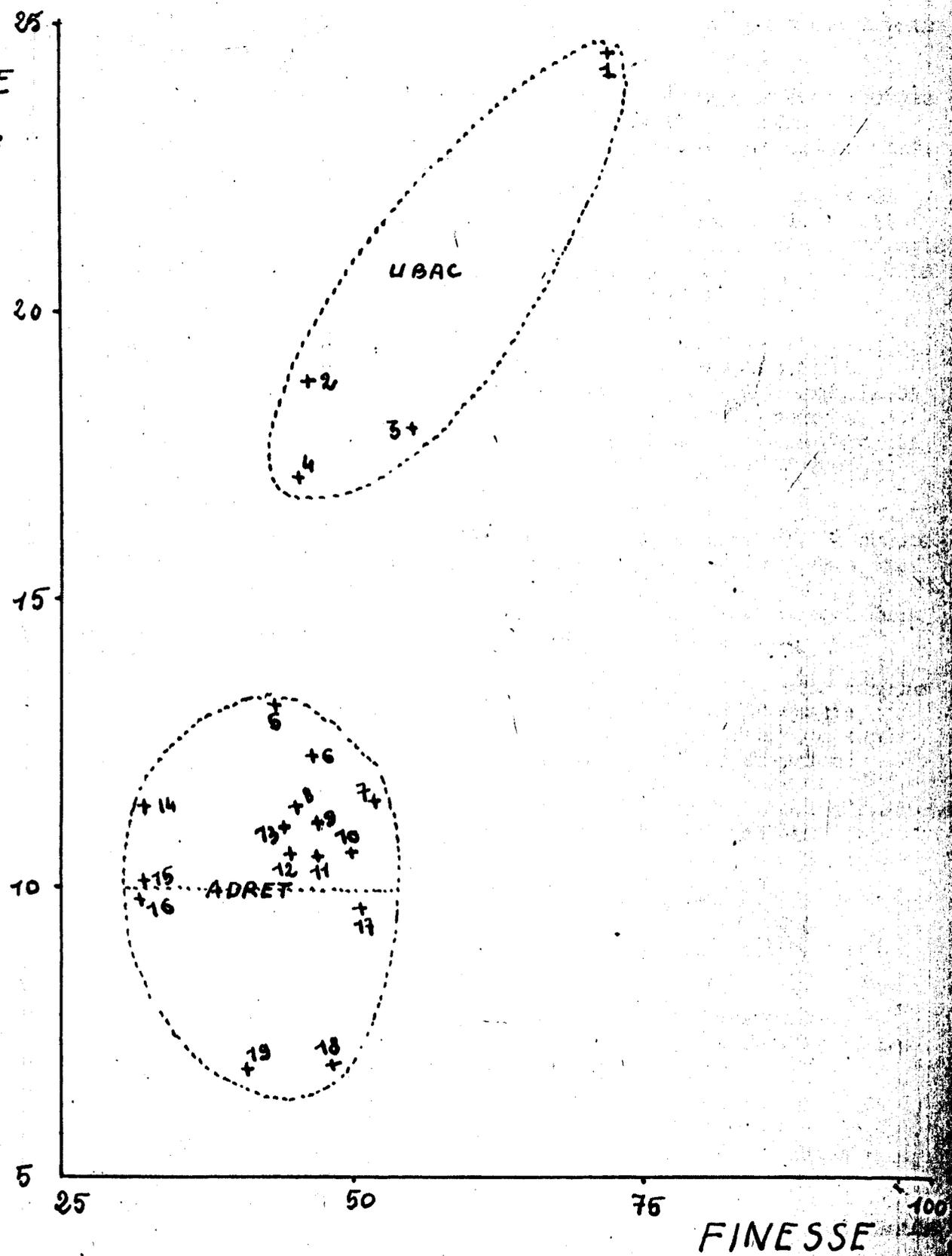
ZONE SOUMISE A LA COMBUSTION.



CARACTERISTIQUES DES ECHANTILLONS DE SUBSTRAT.

zone non soumise a la combustion.

UMIDITE
pourcentage
d'eau.



FINESSE
pourcentage de "terros fines"

IV/ Définition des différents milieux

A partir de ces données écologiques, définissons les différents milieux les uns par rapport aux autres.

Deux zones sur le terril s'opposent nettement : la zone soumise à la combustion et la zone normale. A l'intérieur de chaque zone, nous considérons la variation simultanée des facteurs granulométrie et humidité.

Il nous a paru intéressant de matérialiser la conjonction de ces facteurs en établissant un système d'axes où la granulométrie serait placée en abscisse et l'humidité en ordonnées ; ainsi, deux points d'écologie voisine seraient proches l'un de l'autre, deux points d'écologie différente seraient éloignés. C'est ce qui a été fait dans les graphiques 1 et 2.

Pour les zones soumises à la combustion (Graphique 1), deux "nuages" de points apparaissent ; ils correspondent à des expositions différentes : exposition S.-S.W pour les prélèvements 29 à 34 ; exposition N.E. pour les prélèvements 20 à 28 (voir Planche n° 4) ; ici encore se manifeste le phénomène d'"adret" et d'"ubac". Remarquons, d'autre part, la conjonction : humidité faible, granulométrie grossière ; humidité forte, granulométrie fine.

Pour les zones à température normale (Graphique n° 2), le groupe de prélèvements "adret" (5 à 19) se différencie du groupe "ubac" (1 à 4).

Les caractéristiques favorables de ce dernier groupe sont dues à l'exposition mais aussi au fait que le dépôt soit plus ancien.

Si dans le "nuage" inférieur des points ("adret"), nous traçons une droite passant par "10 % d'humidité", nous isolons 4 prélèvements (16 à 19) qui correspondent aux zones d'éboulis alors que le groupe supérieur (5 à 15) correspond à des pentes fixées ou en voie de fixation.

En définitive, les mesures écologiques enrichies des observations faites sur le terrain nous amènent à distinguer différents milieux dont nous donnerons brièvement les caractéristiques essentielles.

a) Zones soumises à une température normale

B'adret

Cette partie correspond aux bas de pentes exposés au N.W. W, S.W, S, et S.E. Elle est formée des dépôts les plus récents du terril. Les caractères écologiques généraux de cet adret sont :

- Une insolation importante
- Une granulométrie grossière (30 à 55 % de "terres fines")
- Une humidité du sol faible (6,5 à 13,5 %)
- Une certaine mobilité du substrat sur des surfaces importantes
- Un recouvrement végétal variable mais en général faible.

Les différents milieux de l'adret sont les suivants :

- Les cônes de déjection

Les caractères particuliers de ce milieu (échantillons 9, 10, 5, 14, 12, 6 et 15) sont les suivants :

- . Humidité relativement forte (10,5 à 13,5 %)
- . Pente faible (15 à 20 degrés)
- . PH légèrement acide (6,2 à 6,4)
- . Recouvrement végétal variant entre 75 et 100 %

Les prairiales (Arrhenatherum elatius) envahissent presque toujours ces cônes de déjection.

- Les pentes stabilisées ("guirlandes" de végétation) :
échantillons 8, 13, 11, 7.

Les caractéristiques écologiques sont proches de celles des cônes de déjection :

- . Humidité variant de 10,5 à 11,5 %
- . pH compris entre 6,2 et 6,4
- La pente est par contre plus forte : environ 30 °
- . Le recouvrement en général plus faible (de 60 à 80 %)

Sur ces zones les mieux stabilisées s'installent peu à peu les prairiales succédant à de robustes rudérales (Diploaxis, Echium, etc...)

- Les pentes non stabilisées
échantillons 17, 16, 18 et 19.

- . L'humidité est faible : 6 à 10 %
- . La granulométrie est grossière (notamment pour les éboulis)
- . Le pH est légèrement acide : 5,8 à 6,2
- . La pente est forte : 35°
- . Le recouvrement est très faible : 5 à 10%

La végétation de ces zones est peu abondante ; elle n'est constituée que de touffes de rudérales dont la vitalité permet de résister à des conditions très défavorables (mobilité du substrat).

L'ubac

Il correspond aux secteurs E, N.E, et N ; c'est la partie la plus ancienne du terril. Les caractéristiques écologiques sont les suivantes :

- Insolation faible
- Granulométrie relativement fine (45 à 75 % de "terres fines")

- Humidité forte (17 à 25 %)
- Le pH varie entre 6,2 et 6,4
- Le sol est partout tassé et stabilisé
- Le recouvrement est important : 75 à 100 %

Quelques dizaines d'arbres et arbrisseaux (bouleaux, saules, érables) des ronciers, des peuplements denses de fougère Aigle donnent déjà une allure de fruticée à cette face.

(B) b - Les zones soumises à la combustion

Les parties les plus brûlantes absolument dépourvues de végétation ne sont pas étudiées. Les caractéristiques écologiques générales sont les suivantes :

- Une température pouvant être parfois supérieure de 20°C à celle d'un sol témoin limono-crayeux
- Une pente relativement faible (25°)
- Sol toujours riche en sulfates

Cette partie forme un anneau continu autour de la zone de combustion.

Adret : Echantillons 29, 30, 31, 32, 33, 34.

Elle est caractérisée par :

- Une insolation forte
- Une granulométrie très grossière (20 à 35 % de "terres fines")
- Une humidité très faible (4 à 7 % d'eau)
- Un pH acide (5,4 à 6,2)
- Le recouvrement est variable (5 à 75 %)

La végétation prend l'aspect d'une maigre pelouse (*Vulpia Myuros*) de plus en plus ouverte au fur et à mesure que l'on s'approche des points de combustion.

Ubac : Echantillons 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Elle est caractérisée par :

- Une granulométrie plus fine (30 à 55 % de "terres fines")
- Une humidité relativement forte (7 à 16 %)
- Un pH variant de 5,8 à 6,2
- Le recouvrement est variable (10 à 60 %)

Ici encore la végétation est assez hétérogène : des mousses (*Barbula hornschuchiana*, *Polytrichum formosum*, *Bryum argenteum*), des rudérales, des prairiales (*Vulpia*, *Agrostis alba*...) s'installent de préférence dans les crevasses d'où une vapeur d'eau dépourvue d'émanations sulfureuses s'échappe.

C) VEGETATION ET FIXATION DU TERRIL

Il est indéniable qu'une couverture végétale soit efficace dans la stabilisation des pentes d'un terril ; ainsi, dans le cas de terrils établis près d'une route ou d'habitations, l'apport d'une couche de terre arable en surface permet l'installation rapide de graminées efficaces dans la fixation du substrat ; depuis longtemps les Houillères utilisaient aussi le Robinier faux Acacia dans les lignes de chemin de fer en remblais de schistes.

Il est évident que la qualité de la fixation dépend de la vigueur et de la densité de la végétation ; un orage violent, le passage répété d'êtres humains peut permettre une reprise de l'érosion jusqu'à ce que la végétation puisse se réinstaller.

L'abondance des éléments grossiers d'une part, la pauvreté en agglutinants argileux et humique d'autre part, suffisent à expliquer l'absence de cohésion du substrat ; seules les plantes à système racinaire important, ou à rhizome traçant peuvent contribuer efficacement à la fixation du substrat.

Un autre caractère de ce sol rend l'installation des plantes difficile, il s'agit de sa pauvreté en éléments fertiles ; l'ossature de la végétation de ce terril est du type rudéral mais il n'a jamais été observé de plantes nitrophiles typiques telles Urtica dioica ou Lamium album pourtant abondantes dans les cultures et les friches qui enserrant le terril. Par contre, les rudérales peu nitrophiles telles Erigeron annuus, Artemisia vulgaris, Chrysanthemum tanacetum, Diplotaxis tenuifolia, Linaria vulgaris, Sonchus oleraceus et Matricaria inodora se rencontrent très souvent (Walter H., 1963). Poa compressa, plante indicatrice des terrains pauvres en nitrates abonde aussi sur ce terril.

Deux autres facteurs, d'ailleurs liés entre eux, jouent un rôle important dans la fixation du substrat : il s'agit de la finesse granulométrique et surtout de l'humidité.

Examinons comment, dans les endroits non soumis à la combustion, la végétation va pouvoir participer à la stabilisation des pentes :

I/ Les zones à pente forte non fixées

Elles ne sont pas complètement dénudées : des plantes robustes en touffes telles Diplotaxis, Réseda lutea, Picris hieracioides, Oenothera biennis et silesiaca, Echium vulgare les parsèment. On peut remarquer l'absence d'annuelles.

A ce stade, la végétation ne semble guère modifier le substrat, elle ne fait que s'y adapter.

II/ Les pentes en voie de fixation

Dans ces zones, Diplotaxis, Picris, Echium et aussi Oenothera occupent bientôt une surface appréciable. L'été, les parties aériennes protègent le sol des pluies violentes et du soleil qui dessèche la surface, la rend moins cohérente et donc plus vulnérable. Les racines elles aussi participent à la fixation des pentes. L'hiver, les tiges florales desséchées s'entremêlant à la surface du sol continuent à le protéger.

Bientôt, dans ces endroits, apparaissent les prairiales ; la surface occupée par la végétation augmente alors considérablement.

La plus spectaculaire dans ce processus de fixation est Arrhenatherum elatius; l'observation directe permet d'observer son extension d'une année à l'autre.

Plante très traçante elle supprime les rudérales sans les éliminer complètement sur ce terril. Une autre graminée, Vulpia myuros, peut aussi former des tapis assez denses dans les endroits restés plus rocailleux.

Arrhenatherum, Vulpia, et aussi Senecio jacobaeae et Artemisia vulgaris étoffent ainsi la végétation tandis que les plantes rudérales vues précédemment se maintiennent à l'exception d'Echium vulgare qui disparaît assez rapidement. Ces mêmes plantes colonisent également mais plus rapidement les cônes de déjection dont la pente faible permet une fixation plus rapide.

La fougère Aigle peut à elle seule occuper des surfaces appréciables, sauf sur les faces exposées trop brutalement aux rayons solaires. Par ses frondes très "couvrantes" et par ses rhizomes elle participe d'une manière appréciable à la fixation du terril.

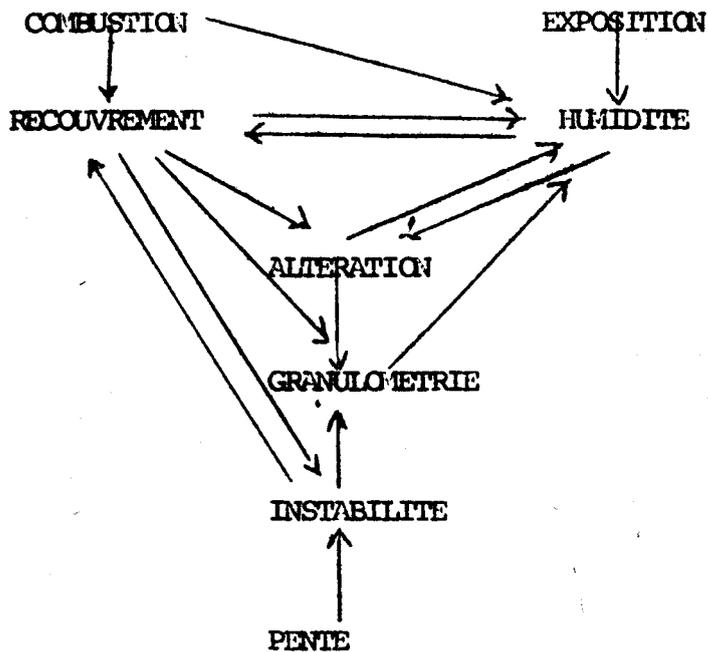
III/ Les pentes les plus évoluées

Elles sont observables dans les secteurs N, NE, E. Cette zone est d'une part la plus ancienne du terril et, d'autre part, non exposée directement aux rayons solaires elle est plus humide donc plus favorable à la désagrégation du schiste et à la végétation. Là se rencontrent les premiers arbres dont le rôle dans la fixation du substrat est encore négligeable. D'autres graminées telles Poa pratense et Agrostis alba accompagnent Arrhenatherum et Vulpia. Chrysanthemum tanacetum (rudérale) occupe des surfaces appréciables comme Hieracium lachenali, Epilobium angustifolium, Rubus et Pteridium aquilinum (forestières). On peut enfin signaler les colonies de Rumex scutatus dans les endroits riches en cuerelles, celles de Calamagrostis epigeios et aussi de Phragmites communis en certains points plus humides.

Comme nous l'avons précisé, les observations vues ci-dessus ne s'appliquent qu'aux zones non soumises à la combustion ; dans les parties supérieures du terril là où se manifeste ce phénomène, la mobilité du substrat n'est limitée que par la faiblesse de la pente. Les plantes sont ici, en général, des annuelles et le recouvrement est souvent faible.

L'anneau de végétation ceinturant le sommet azoïque se présente comme une pelouse plus ou moins ouverte à Vulpia accompagnée de nombreuses rosettes d'Oenotheres. Les abords même des zones de combustion comportent une végétation peu dense formée surtout de colonies de Chenopodium botrys et Portulaca oleracea pour les versants sud et de Polygonum persicaria pour les versants nord.

Dans certaines zones en voie de refroidissement (face ouest) il est possible d'observer la transformation de la pelouse à Vulpia : des éléments des zones stabilisées s'y introduisent (Poa pratense, Bromus



SCHEMA DES RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTS FACTEURS ECOLOGIQUES
A LA SURFACE DU TERRIL

tectorum, Sénecio jacobae Arrhenaterum a'latius, Dactyle glomerata), les espèces thermophiles des parties supérieures ayant disparu. (Chenopodium botrys, Inula graveolens, Portulaca oleracea, Digitaria sanguinalis).

Pteridium aquilinum peut aussi s'installer à ce niveau et supplanter les prairiales.

En conclusion, A l'amoncellement gréseux et schisteux initial fait actuellement place un milieu complexe et en pleine évolution. La vie végétale participe activement à l'élaboration d'un sol équilibré avec les autres facteurs d'ordre physico-chimique.

L'interdépendance des facteurs qui interviennent dans cette évolution rend l'interprétation difficile. La richesse en eau du sol varie par exemple avec l'exposition de la zone considérée ; mais elle dépend aussi de la granulométrie qui peut dépendre elle-même de la qualité du dépôt initial, du stade d'évolution du terriL, de la possibilité d'un transport des matériaux entraînant un tri, du lessivage par la pluie entraînant les éléments fins, de la combustion, etc... Mais il est certain aussi que la présence d'un tapis végétal modifie le sol lui-même : les plantes atténuent les effets du vent, du soleil, de la pluie évitant ainsi l'entraînement des parties fines ; inversement, en retenant les poussières, en apportant l'humus et même en désobstruant le schiste (au niveau des racines), elles en modifient les caractéristiques notamment dans la possibilité de rétention de l'eau.

Dans un essai d'interprétation de la végétation il semble donc nécessaire de retenir le facteur qui nous paraît avoir été déterminant dans le milieu considéré. Ce facteur limitant est par exemple la combustion là où elle existe, l'instabilité du substrat lorsque la pente est supérieure à 35 degrés, l'importance de l'insolation et la granulométrie dans les autres cas.

Le tableau présenté ci-contre (page 40) a pour but d'essayer de résumer les interactions pouvant apparaître entre les différents facteurs et leur répercussion sur le recouvrement végétal.

CHAPITRE III

ETUDE SOCIOLOGIQUE DE LA VEGETATION

A) PHYSIONOMIE GENERALE

Les conditions microclimatiques, édaphiques et biotiques sont très variables et expliquent la surprenante hétérogénéité de la végétation. Ainsi, à quelques mètres d'une touffe de Phragmites on peut observer la Piloselle ou le Sedum âcre, au voisinage de Chenopodium botrys ou d'Inula graveolens vivent Matricaria inodora ou Epilobium angustifolium ; d'autre part l'aspect des différentes parties du terril varie considérablement avec la saison. La végétation prend son développement maximum au début de l'été ; c'est à cette époque (en 1967) qu'ont été exécutés relevés phytosociologiques.

L'hiver, on ne voit plus de loin que des restes desséchés de floraisons. L'observation saisonnière semble pourtant présenter un réel intérêt en révélant par exemple l'existence d'espèces fugaces.

Signalons enfin que certaines espèces sont parfois susceptibles de donner des peuplements très abondants certaines années (Erigeron, Echium).

o Les pentes non fixées :

Leur aspect est très dénudé l'hiver ; deux types de plantes préparent pourtant l'arrivée du printemps.

. Les plantes en touffes aux parties aériennes desséchées mais à la souche vivace : Diplotaxis tenuifolia et Reseda lutea.

. Les plantes en rosette, plaquées au sol : Picris hieracioides, Oenothera biennis, Echium vulgare et aussi quelques Senecio jacobae et Epilobium tetragonum.

L'été, ces plantes vivaces fleurissent mais elles sont devancées en avril par la floraison de quelques annuelles telles Cerastium pumilum et Senecio vulgaris.

1 Les pentes fixées et les cônes de déjection :

L'hiver, ces zones sont couvertes des hampes florales des robustes rudérales vues précédemment, mais ici le nombre d'espèces est plus important et les chaumes jaunis des graminées masquent partiellement le sol (Arrhenaterum elatius, Poa pratense). Aux rosettes des plantes vues précédemment s'ajoutent celles de Chrysanthemum tanacetum, Cirsium lanceolatum, Achillea millefolium, Inula conyza et parfois Hieracium lachenali. A la bonne saison, en Avril, fleurissent le Seneçon vulgaire, la Ceraiste puis Arenaria et aussi quelques pissenlits et Tussilages. Dès le mois de Mai, se développent et fleurissent les graminées (Bromus mollis, Bromus tectorum, Poa pratense, Arrhenaterum elatius et Vulpia myuros qui fleurira un peu plus tard). Les quelques touffes de Rumex acetosatus fleurissent aussi à cette époque.

Au développement et à la floraison des vivaces et bisannuelles observées l'hiver s'ajouteront ceux de Silène inflata, Epilobium montanum, Sonchus oleraceus (en juin) et plus tard ceux de Lactuca scariola, Torilis graveuse, Plantago lanceolata, Verbascum thapsus, Hypericum perforatum.

L'ubac :

L'aspect de ce secteur apparaît toujours plus verdoyant que le reste du terrain ; un début d'organisation apparaît déjà dans la végétation. Il est possible de parler d'une strate muscinale, d'une strate herbacée et même d'une strate arbutive en certains endroits. Les espèces vues précédemment se retrouvent ici, mais il faut ajouter Hypericum perforatum, Agrostis alba, Dactylis glomerata, Tuzica prolifera ; l'abondance de Chrysanthemum tanacetum, Hieracium lachenali, Epilobium angustifolium, Rubus fruticosus et Pteridium aquilinum rendent certains endroits difficiles-ment accessibles.

2 Les zones de combustion :

Les abords même des points de combustion ne présentent l'hiver que quelques restes desséchés de plantes mortes aux premiers froids. Seules quelques rares rosettes d'Oenothera, une maigre touffe de Vulpia ou un pied de Diplotaxis marquent encore la possibilité d'une vie végétale en cet endroit. Dans la rosette, quelques grillons encore actifs viennent profiter de quelques pâles rayons de soleil : la combustion maintient leur terrain à une douce température et ils n'ont plus à craindre l'épervier qui semble beaucoup les apprécier à la belle saison.

En Mai, la végétation s'enrichit peu à peu d'annuelles : Chenopodium botrys, Portulaca dans les endroits très ensoleillés, et aussi Polygonum persicaria, Chenopodium album dans le secteur ubac. On rencontre aussi quelques Erigeron du Canada, Inula graveolens, Digitalis purpurea et certains Hypochaeris radicata (endroits ombragés et humides). La floraison de la Persicaria, de Digitalis et de Diplotaxis commence en juin, celle de Chenopodium botrys en juillet (mais elle peut se produire sur des individus encore minuscules en Mai). Les zones plus éloignées des points de combustion mais malgré tout soustrées à une élévation de température sont recouvertes d'une pelouse parfois dense à Vulpia myuros. Cette pelouse reste verte l'hiver ; on y trouve à cette époque de nombreuses rosettes d'Oenothera et de Picris et aussi, parfois, quelques touffes de Poa pratensis, Dactylis glomerata et Bromus mollis. En Mai, on peut observer des colonies d'Inula graveolens et d'Erigeron en début de développement. La floraison de Vulpia aura lieu en juin, celle d'Inula graveolens tout à fait à la fin de l'été.

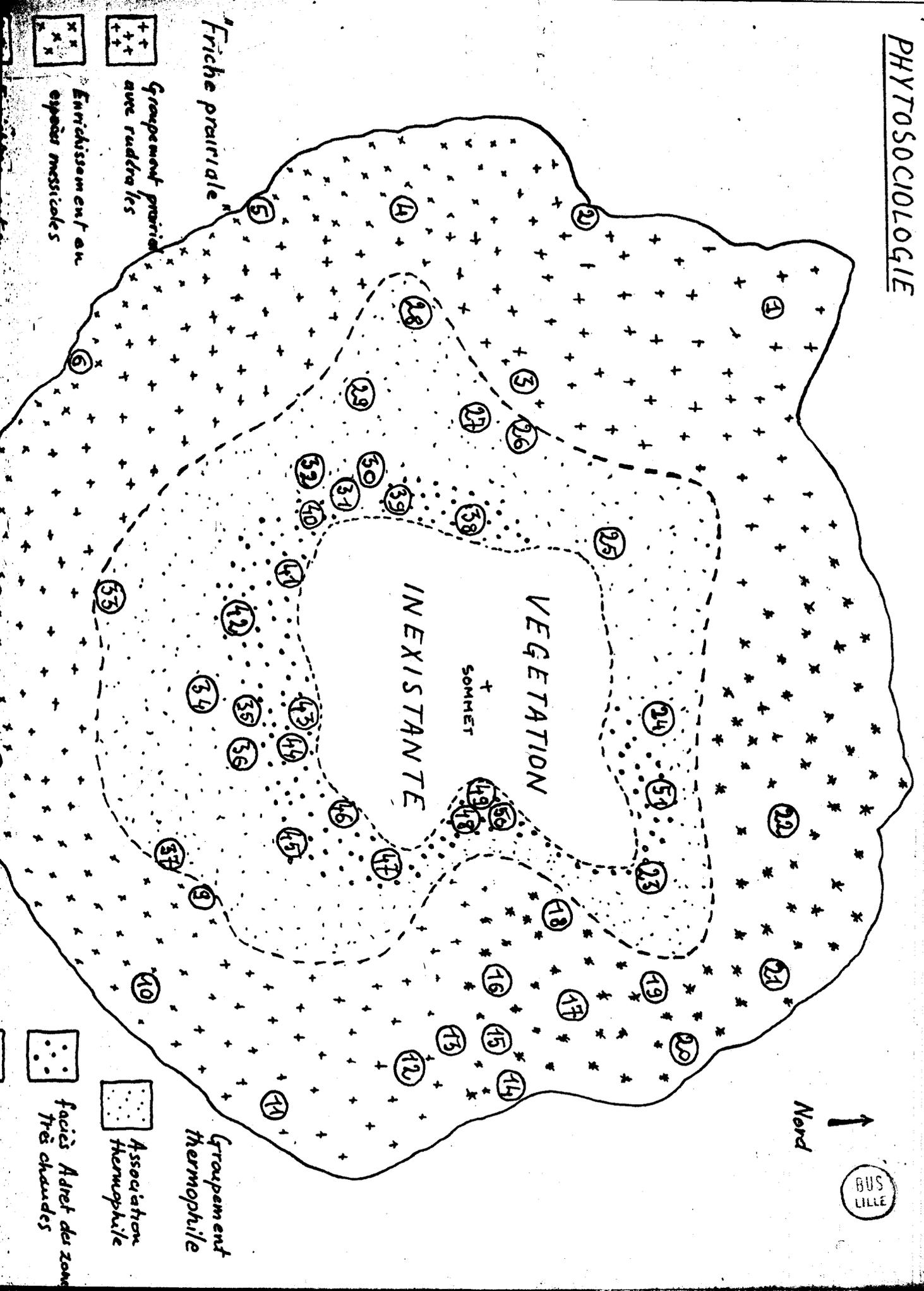
La nécessité de décrire la végétation de façon objective et surtout d'essayer de l'analyser malgré son apparence désordonnée nous ont amené à envisager une étude sociologique aussi rigoureuse que possible.

B) INTERPRETATION PHYTOSOCIOLOGIQUE DE LA VEGETATION

1/ Méthodes d'étude

Comme le veulent les règles de la phytosociologie, l'emplacement des relevés était laissé au hasard ; malgré tout, il fallait éviter de faire porter les relevés sur des secteurs manifestement hétérogènes tant au point de vue des conditions écologiques qu'au point de vue de la physionomie de la végétation. Signalement que le numérotage des relevés a été modifié de façon à rendre leur recherche sur la planche 8. plus aisée.

PHYTOSOCIOLOGIE



Chaque relevé donnait lieu à l'établissement d'une fiche comportant :

- Sa localisation exacte reportée ensuite sur la carte
- L'orientation donnée par la boussole
- La pente en degrés par rapport à l'horizontale
- Le recouvrement végétal en pourcentage
- La superficie considérée (100 m² pour tous les relevés)
- La liste des espèces végétales observées (plantes vasculaires).

Chaque espèce était suivie d'un coefficient d'abondance-dominance et d'un coefficient de sociabilité.

Coefficient d'abondance-dominance :

- 5 : espèce couvrant plus des 3/4 de la surface
- 4 : espèce couvrant de 1/2 aux 3/4 de la surface
- 3 : espèce couvrant de 1/4 à 1/2 de la surface
- 2 : espèce couvrant moins de 1/4 de la surface
- 1 : espèce couvrant moins de 1/20 de la surface
- + : espèce présente, mais d'une manière non chiffrable.

Coefficient de sociabilité :

L'échelle va de 1 (plantes très dispersées) à 5 (plantes réunies en troupes nombreuses et denses).

Ces résultats ont été ensuite regroupés dans un tableau provisoire à double entrée (qu'il est inutile de reproduire ici), les numéros des relevés se lisant dans le sens horizontal, les noms des espèces, dans le sens vertical.

II/ Etude sociologique

1) Composition du tableau des relevés : (tableau n° 3)

L'élaboration du tableau définitif comportait deux problèmes en réalité interdépendants, mais qu'il a fallu distinguer afin de parvenir à un résultat :

Il s'agissait tout d'abord de regrouper les relevés qui semblaient appartenir à un même ensemble, à une même unité d'association (classement dans le sens vertical) et, ensuite, de classer les espèces en regroupant celles que l'on retrouvait ou non dans les ensembles vus ci-dessus (classement dans le sens horizontal).

1er temps : Classement des relevés.

Tous les relevés ont été systématiquement comparés deux à deux. Après divers essais infructueux, la méthode retenue a été la suivante :
- Le pourcentage des plantes en commun a été calculé pour tous les relevés pris deux à deux ; le ou les meilleurs pourcentages étaient alors retenus, les relevés ont pu alors être regroupés par affinité.

Tableau n°4

Complément au tableau n°3:

Espèces à présence faible.

Type physiologique	FRICHE PRAIRIALE										PRE - FRUTICEE									
	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22		
N° du relevé																				
<i>Convolvulus arvensis</i>						+	+													
<i>Sonchus arvensis</i>			+	+																
<i>Galium mollugo</i>			+				+													
<i>Senecio vulgaris</i>		+				+														
<i>Lolium perenne</i>							+													
<i>Papaver rhoeas</i>								+												
<i>Sambucus nigra</i>	+																	+		
<i>Galeopsis ladanum</i>				+														+		
<i>Senecio silvatica</i>														+	+					
<i>Galium aparine</i>												+								
<i>Rosa canina</i>												+								
<i>Tussilago farfara</i>															+					
<i>Hieracium pilosella</i>																+				
<i>Cynoglossum officinale</i>																		+		
<i>Linaria striata</i>													+							
<i>Salix alba</i>														2						
<i>Betula verrucosa</i>																		+		
<i>Salix capraea</i>																		2		
<i>Calamagrostis epigeios</i>											2									
<i>Carlina vulgaris</i>									+											
<i>Thrinacia nudicaulis</i>																+				



Exemple : Les relevés 4 et 5 (voir tableau) comportent 17 plantes en commun sur un total de 41 plantes, ceci correspond à 41 % de plantes en commun. Si l'on compare le relevé 4 à tous les autres relevés, on ne trouve aucun pourcentage supérieur à 41 ; dans le tableau définitif le relevé 4 devra donc se trouver près du relevé 5.

Remarque : Le résultat brut obtenu par la méthode vue ci-dessus a été corrigé par la suite car, dans le calcul des pourcentages, une plante très abondante dans un relevé est aussi importante que si elle est représentée par un seul individu et donc peut-être accidentelle.

Dans cette étude, il n'est pas apparu à ce stade un nombre précis de "groupements" bien individualisés : de larges zones de transition existant entre quelques groupes de relevés manifestement homogènes, le "tri" des relevés s'est souvent révélé délicat et a fait plusieurs fois appel aux résultats du travail suivant.

2e temps : classement des plantes (sens horizontal)

Deux groupements se sont dégagés du travail précédent, il est apparu aussitôt qu'ils étaient liés aux conditions édaphiques : leur "frontière" se superpose en effet à la limite séparant la partie du terril soumise à la combustion de la partie refroidie (voir planche 4). Dans chacun de ces groupements apparaissaient des petites variations (liées apparemment à l'exposition) qui permettaient d'envisager l'existence de sous-groupements ; la composition floristique devait permettre de faciliter l'analyse définitive.

Pour classer les plantes dans le tableau, il fallait d'abord regrouper les espèces liées plus ou moins étroitement aux groupements et sous-groupements déterminés précédemment. (Pour les plantes n'apparaissant qu'une ou deux fois dans le tableau, une liste spéciale a été dressée que nous mettons en addenda au tableau des relevés ; en effet leur appartenance à tel ou tel ensemble de plantes est nécessairement arbitraire.) Pour faciliter ce travail, un classement des plantes tenant compte de leurs affinités écologiques dans les milieux naturels a été utilisé : nous avons ainsi distingué des sylvicoles, prairiales, messicoles, rudérales, thermophiles.

La confrontation des ensembles de plantes ainsi obtenus avec l'appartenance de leurs espèces aux associations classiquement décrites s'est révélée décevante : les groupes de plantes se révélant homogènes sur le terril étaient composites au point de vue systématique. Ainsi, il a fallu faire "éclater le groupe des espèces de l'Artemisiétalia, en effet, des espèces telles Artemisia vulgaris, Chrysanthemum tanacetum, Réséda lutea, ... ne supportent pas la proximité des zones de combustion, alors que, Oenothera biennis, Diploxys tenuifolia, Echium vulgare, accompagnent régulièrement les espèces thermophiles ; il a donc fallu distinguer dans ce groupe de l'Artemisiétalia, un groupe "d'espèces rudérales compagnes" d'un groupe d'espèces rudérales ubiquistes que l'on rencontre en même temps dans les deux groupements. Le groupe d'espèces du Chenopodietea a lui aussi été dissocié alors que les espèces de l'Arrhenatheretalia forment une fraction homogène du groupement occupant les parties stables du terril.

Conclusion :

Ainsi que le montre le tableau récapitulatif, deux ensembles de relevés peuvent être opposés : deux traits verticaux placés, l'un à la gauche du relevé I, l'autre à la droite du relevé 22 délimitent un groupement ayant une physionomie de "friche prairiale" et couvrant toute la partie inférieure du terril (voir Pl VIII) ; à la partie droite du tableau correspond le groupement des zones de combustion, qui occupe une grande partie du sommet du terril.

Si l'on examine la composition floristique, entre un groupe de plantes lié à la "friche prairiale" et le groupe lié au groupement thermophile, on peut distinguer le groupe des plantes ubiquistes participant aux deux ensembles précédents.

L'observation directe avait permis de pressentir l'existence d'un groupement thermophile mais le tableau des relevés met en évidence son unité ; en outre, il permet de distinguer une végétation ubiquiste participant à ce groupement thermophile et à la friche prairiale.

2) Analyse des relevés

a - L'aspect pionnier de la végétation

L'étude écologique des différents milieux (voir chapitre précédent) avait déjà permis de déterminer les plantes pionnières : *Oenothera*, *Diploaxis*, *Echium*, *Picris*..., il apparaît que ces pionnières forment l'essentiel de l'ensemble ubiquiste du tableau.

BIBL
LILLE

Les relevés suivants choisis spécialement dans des zones particulièrement instables et donc exclus du tableau donnent une idée de cette végétation :

Exposition :	W	E	S
Pente :	30 d	35 d	35 d
Recouvrement :	5 %	5 %	5 %
<i>Diploaxis tenuifolia</i>	+	+	+
<i>Oenothera biennis</i>	+	+	+
<i>Echium vulgare</i>	+	+	+
<i>Picris hieracioides</i>	+	+	+
<i>Reseda lutea</i>	+	+	+
<i>Lactuca scariola</i>	+		+
<i>Sénécio viscosus</i>		+	
<i>Cirsium arvense</i>		+	

Il apparaît donc possible d'affirmer que cette végétation ubiquiste n'est qu'un "résidu" d'un stade de colonisation que l'ensemble du terril a connu quelque temps auparavant, les zones non encore fixées du terril conservent encore des "reliques" de ce stade et permettent d'envisager l'aspect dynamique de cette colonisation.

Le cas de *Vulpia Myuros* semble devoir être signalé : très envahissante sur ce teruil et ubiquiste, elle n'est pas pionnière au même titre que ses compagnes, l'observation directe montre en effet qu'elle ne s'installe pas en sol instable. (voir c : le groupement thermophile)

L'étude du tableau permet de préciser l'évolution de ce stade pionnier : Les relevés 2, 4, 8, 10, 16, comportent encore une fraction importante de rudérales (*Diploaxis*, *Echium*, *Picris*), les prairiales (de l'*Arrhenathera*) sont encore discrètes mais présentes. Les relevés 5, 11, 14, 18, 20, 21, marquent un stade ultérieur où les prairiales (*Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis*, *Achillea millefolium*, *Poa compressa*) occupent une fraction importante du terrain. Les rudérales "compagnes" (*Artémisia vulgaris*, *Chrysanthemum tanacetum*) s'installent à ce stade et l'ensemble prend un aspect de friche prairiale bien visible sur le flanc du teruil.

b - La friche prairiale

Groupes de plantes communs :

Ainsi qu'il est indiqué sur le tableau, le groupe d'espèces le mieux représenté comporte un ensemble de prairiales à rapporter à l'alliance *Arrhenatherion*, (ordre *Arrhenatheretalia*) ; la détermination au niveau Association est impossible. Cette nécessité de se cantonner au niveau Alliance et même Ordre (voir ci-dessous) ainsi que l'aspect composite au point de vue systématique des groupements déterminés, nous obligent à envisager la notion d'"associations fragmentaires" (Brun-Hool 1966)

Un teruil est un milieu très artificiel et ceci d'autant plus qu'il est en combustion. Les études phytosociologiques portent normalement sur des milieux naturels, colonisés par des associations définies liées à des conditions écologiques particulières.

Sur ce teruil, il semble que la végétation pionnière au départ très dispersée, se soit enrichie peu à peu de nouvelles espèces provenant des milieux écologiques divers. Les plantes des milieux prairial et rudéral y sont le mieux représentées mais ne constituent que des associations incomplètes, fragmentaires par rapport aux associations décrites.

Dans ce "milieu laboratoire", les préférences écologiques se manifestent nettement pour plusieurs plantes : ainsi, *Epilobium angustifolium* et *Hieracium lachenali* ne se rencontrent que sur les faces ombragées, *Picris hieracioides* et *Diploxatis tenuifolia* sont au contraire abondants dans les endroits ensoleillés.

La friche prairiale comporte donc, en définitif, l'*Artemiseta* fragmentaire associée à l'*Arrhenatheretalia* fragmentaire. *Matricaria inodora* (*Chenopodietea*) s'y rencontre également.

En dehors de cette fraction commune, deux groupes de plantes nommées "différentielles" donnent un aspect particulier à certaines zones de cette friche et déterminent des sous-groupements (voir tableau)

Groupes des plantes différentielles :

Les Messicoles :

Les relevés 4, 5, 6, 7, 8 et 9 comportent une série d'espèces : Sonchus oléraceus, Inula conyza, Lactuca scariola, Cirsium arvense, Torilis arvense, auxquelles il faut ajouter, plus rarement, Galium aparine, Sonchus arvensis, Convolvulus arvensis et galeopsis ladanum. Ces plantes sont à rapporter, dans leur majorité, au Chenopodietea. La localisation de ce sous-groupement est précise (voir Pl. VIII.) : cônes de déjection et pentes stabilisées orientées au S.W. Cette face est au vent prédominant et se trouve au contact des cultures ; on peut donc supposer que l'apport de graines de Messicoles et aussi de poussières d'engrais azotés est facilité et entraîne le développement de ce type de végétation.

Les Forestières :

Elles se rencontrent dans les relevés 15, 16, 17, 18, 18, 19, 20, 21 et 22. Il s'agit de Epilobium angustifolium, Hieracum lachenali, Rubus fruticosus, auxquels il faut ajouter Senecio silvatica, Betula verrucosa, Salix alba, et Capraea, Rosa canina et Acer campestre. Ce fragment d'association faisant partie de l'Epilobietalia angustifolii, donne à la face N.E. une physionomie de pré-fruticée. L'évolution plus poussée de cette face (la plus ancienne), sa faible insolation, son humidité forte, déterminent l'existence de ce sous-groupement.

c - Le groupement thermophile

Son individualité est attestée par l'observation, l'étude phytosociologique et est déterminée par les conditions édaphiques et microclimatiques régnant autour des zones de combustion. (voir chapitre écologie).

Selon l'intensité de la combustion et l'exposition, ce groupement présente un faciès différent :

L'ubac (voir Pl. VIII et tableau 3)

Il s'agit des relevés 45, 46, 47, 48, 49, 50 et 51. La plante la plus abondante est ici Polygonum persicaria. La température et les émanations de vapeur d'eau ne perturbent guère son développement, une autre espèce du Chenopodietea, Chenopodium album s'y rencontre aussi régulièrement ; les ubiquistes (Oenothère, Echium, Vulpia) sont peu abondantes mais présentes ; les thermophiles proprement dites sont assez rares sauf Chenopodium botrys toujours représentée par des individus souvent mal développés. Quelques espèces de mousses peuvent s'installer sur cette face (Bryum argenteum, Polytrichum formosum, Tortula hornschuchiana).

L'adret

C'est ici que le groupement atteint son plus fort développement. On peut distinguer un faciès des zones soumises à une forte température et un faciès des zones moins chaudes, en voie de refroidissement.

Faciès des zones très chaudes : (Voir Pl. VIII)

Il est représenté par les relevés 38, 39, 40, 41, 42, 43 et 44. L'espèce prédominante est ici Chenopodium botrys. Il occupe souvent une surface appréciable du terrain et donne des peuplements presque monospécifiques aux alentours même des points de combustion. Les ubiquistes sont représentées par quelques rares Oenothères, Picris et Vulpia, Portulaca oleracea est constant. On rencontre aussi de façon moins régulière deux autres thermophiles : Inula graveolens et Digitaria sanguinalis. Polygonum persicaria et Erigeron canadense sont rares et dépérissent rapidement au début de l'été.

Faciès des zones en voie de refroidissement :

Il s'agit des relevés 23 à 37. Ils sont marqués par un développement très important de Vulpia myuros qui rend ce faciès très discernable de loin. L'Oenothère prend aussi un développement important et accompagne constamment Vulpia. Les autres ubiquistes toujours beaucoup moins abondantes, sont présentes : Diplotaxis, Picris, Cerastium pumilum. Parmi les thermophiles, Inula graveolens donne parfois des peuplements importants, Chenopodium botrys et Digitaria sanguinalis sont constants, Portulaca oleracea plus rare. Polygonum persicaria et Erigeron canadense peu abondants se retrouvent pourtant de façon régulière. Signalons que Pteridium aquilinum est susceptible de s'installer à ce niveau.

Ce groupement thermophile comporte une véritable individualité : deux relevés exécutés sur le terril en combustion de Verquigneul (à une dizaine de km au N.W du terril étudié) ont donné les résultats suivants :

Sol horizontal		
Recouvrement	75 %	25 %
<u>Portulaca oleracea</u>	3	3
<u>Erigeron canadense</u>	2	2
<u>Tortula hornschuchiana</u>	2	1
<u>Chenopodium ambrosioides</u>	+	2
<u>Agrostis alba</u>	1	+
<u>Digitaria sanguinalis</u>		2
<u>Plantago lanceolata</u>	+	
<u>Hypericum perforatum</u>	+	
<u>Echium vulgare</u>	+	
<u>Diplotaxis tenuifolia</u>	+	
<u>Oenothera biennis</u>	+	

Il semble donc possible de parler d'association à propos de ce groupement des zones de combustion des terrils : association à Digitaria sanguinalis et à Portulaca oleracea. Les conditions écologiques de son développement ont été envisagées dans le chapitre Ecologie. Cette association est à rapprocher de l'Eragrostion, alliance appartenant à l'ordre de l'Eragrostetalia vicariante méditerranéenne de notre Chenopodietalia.

Résumé des conditions écologiques :

Température pouvant être de 20°C supérieure à la normale
 Sol riche en sulfates
 Insolation de préférence forte
 Granulométrie grossière (souvent moins de 30 % de terres fines)
 Humidité souvent faible
 pH acide : 5,4 à 6,2

IV/ Aspect dynamique

Plusieurs fois déjà, dans les chapitres précédents, nous avons été amenés à esquisser une évolution de la végétation tant dans son importance quantitative que dans sa composition et sa physiologie.

Il semble au départ nécessaire de distinguer nettement le cas des zones soumises à la combustion de celles où règne une température normale.

Si, nous nous penchons tout d'abord sur ce second cas, nous pouvons dire que sa végétation peut présenter trois aspects différents :

1 - Un peuplement pionnier très ouvert d'espèces rudérales peu nombreuses installé en général à mi-pente :

- . Diploaxis
- . Oenothëra Le substrat est ici instable, graveleux et sec.
- . Echium
- . Reseda
- . Picris

2 - Une "friche prairiale" beaucoup plus dense et plus riche en espèces ; notons particulièrement :

- . Arrhenatherum elatius
- . Poa pratensis
- . Vulpia myuros
- . Artemisia vulgaris
- . Chrysanthemum tanacetum

Le sol est stabilisé, tassé, enrichi en éléments fins, et plus riche en eau.

Cet aspect se rencontre plutôt dans le bas des pentes.

3 - Une "pré-fruticée" ou friche prairiale enrichie en espèces sylvoles visible sur la face N.E.:

- . Epilobium angustifolium
- . Hieracium lachenali
- . Pteridium aquilinum

et aussi Calamagrostis epigeios et Senecio silvatica sont les plus caractéristiques.

C'est ici que le substrat est le plus riche en éléments fins et en humus.

Dans cette "pré-fruticée" se rencontrent sporadiquement des ronces, églantiers, aubépines, quelques saules, houleaux et même l'érable champêtre qui semblent déjà annoncer une future végétation arbustive succédant à la végétation herbacée.

SCHEMA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION.

EVOLUTION DANS LE TEMPS.



ARTEMISIETALIA

CHENOPODIETALIA

ARABIDITHALIA

EPILOBIETALIA

PRUNETALIA

VEGETATION
PIONNIERE

FRICHE
PRAIRIALE

PRAIRIE

PRÉ-FRUTICEE

FRUTICEE



Dans un essai de schématisation de l'évolution (cf schéma n° 6) de la végétation, nous pouvons considérer que :

- Le premier stade (pionnier) correspond à un *Artemisieta* fragmentaire

- Le second stade (friche prairiale) correspond à un *Artemisieta* fragmentaire (mais plus riche en espèces que le précédent) associé à un *Arrhenatheretalia* fragmentaire le supplantant peu à peu

- Localement peut s'installer un fragment de *Chenopodietea* souvent fugace

- Le troisième stade (pré-fruticée) correspond à l'envahissement de la végétation précédente par l'*Epilobietalia angustifolii* fragmentaire

L'apparition future du *Prunetalia* peut y être soupçonnée.

L'évolution très schématique qui est présentée ci-dessus n'est valable que dans le cas où la température est normale ; dans le cas d'une zone soumise à la combustion, elle est différente et dépend de l'intensité de la combustion qui, en un point donné, ne peut que décroître après avoir atteint son maximum.

Comme il a été vu plus haut, le groupement thermophile présente principalement deux faciès : le premier comporte des peuplements très ouverts à *Chenopodium botrys* et parfois *Portulaca oleracea* ; il correspond aux températures les plus fortes supportables par ces plantes ; ce faciès forme une ceinture autour des zones de combustion ; il est lui-même entouré d'un second faciès où *Vulpia myuros* est prédominante. Elle est accompagnée d'*Inula graveolens*, *Digitaria sanguinalis* et *Oenothera*. C'est dans cette zone moins chaude que des dégagements de vapeur d'eau peuvent favoriser le développement des "compagnes" du *Chenopodietea* (*Polygonum persicaria*, *Erigeron canadense*, *Chenopodium album*), et des mousses parfois abondantes mais souvent fugaces. Ce faciès du groupement thermophile est localement supplanté par les graminées de l'*Arrhenatheretalia* (*Poa pratense*, *Bromus tectorum*) qui succèdent à *Vulpia* et donnent bientôt des peuplements denses lorsque la température redevient normale.

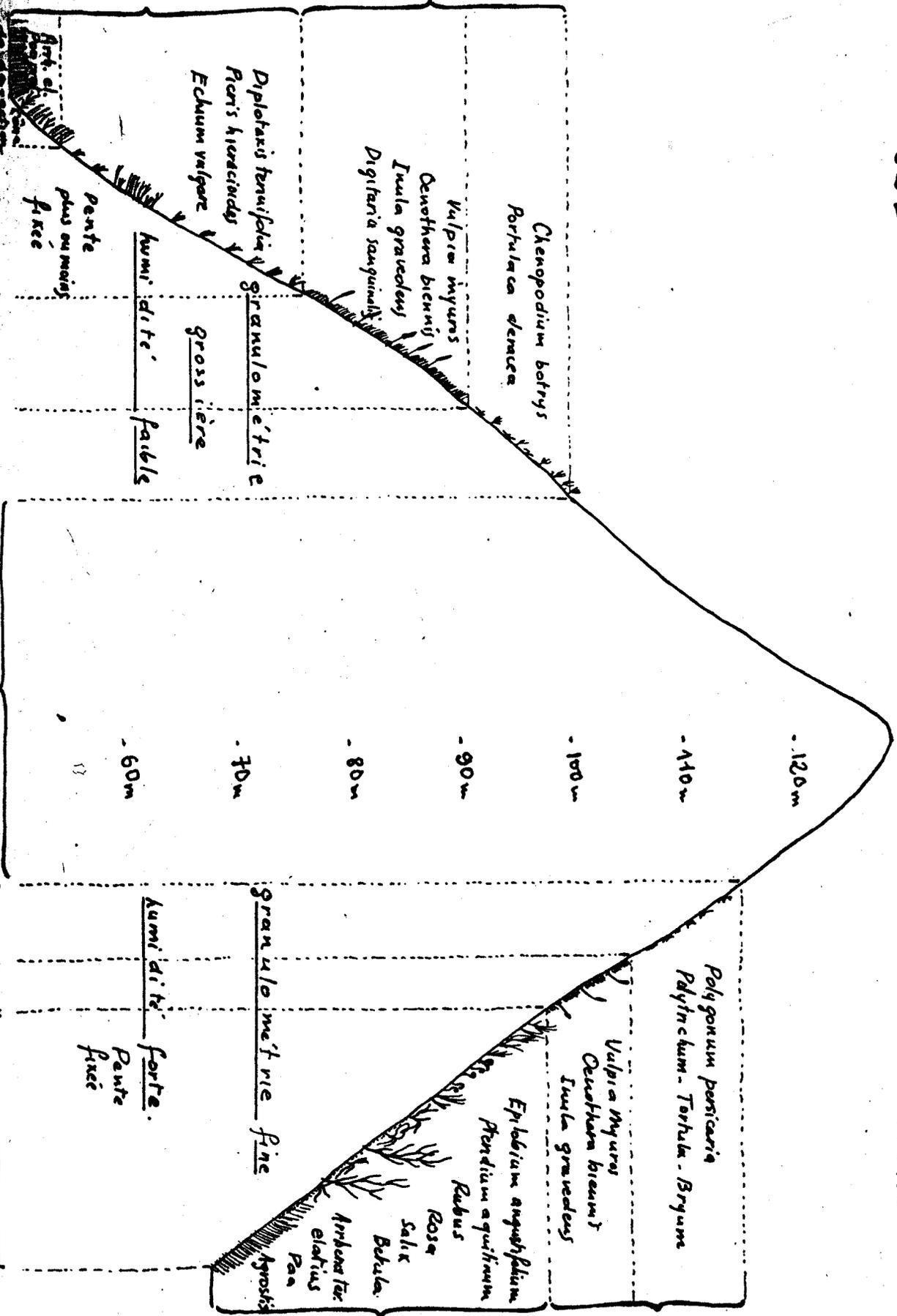
Cette installation s'accompagne de la modification rapide du substrat qui perd son aspect rocailleux sec.

Il est probable qu'à ce niveau, l'évolution vienne se greffer sur l'évolution des zones normales. De telles zones de refroidissement sont bien visibles dans la partie ouest du terril: la couleur rouge du schiste y témoigne d'une ancienne phase de combustion.

COUPE NORD - SUD DUTERRIL

SUD

NORD



FRICHE PRAIRIALE ENRICHIE GROUPEMENT THERMOPHILE EN SYLVICOLES. "UBAC"

BUS LILLE

CONCLUSION

Ce terril de l'ancienne fosse n° 16 de LENS offre l'intérêt de présenter le phénomène de combustion interne. Nous y distinguons trois zones concentriques, représentées dans la coupe Nord-Sud du terril (Planche VIII).

- Les flancs (jusqu'à environ 80 m d'altitude) caractérisés par une température normale. Le substrat est sableux ou graveleux.

- Une auréole moyenne (entre 80 et 110 m) à la périphérie de la zone de combustion compatible avec la vie végétale. Le substrat est sec et graveleux.

- Le sommet, brûlant, parsemé de blocs et de scories, de dépôts de sulfates et de soufre, est dépourvu de toute végétation.

La base du cône est soumise directement à l'influence de la végétation environnante : une Arrhénathéraie enrichie de messicoles. Celle-ci est dominée par une pente plus forte où nous observons le stade pionnier de la végétation caractérisé essentiellement par des rudérales qui seront progressivement supplantées par des espèces prairiales. Ainsi l'Arrhénathéraie apparaît-elle ici comme un paraclimax du terril. Cette progression va de pair avec la fixation des pentes et la formation d'un sol. La périphérie de la zone de combustion est couverte par une végétation thermophile à Portulaca et Digitaria qui s'oppose nettement à la végétation de la base du terril.

Le versant Nord-Est par son exposition et son ancienneté introduit une variante dans la végétation : par endroits, la fruticée s'y installe en îlots, souvent pionniers.

Au terme de ce travail, il apparaît que la végétation pionnière d'un terril ne se développe pas selon des lois simples et faciles à résumer. Chaque terril nouveau apparaît comme une énigme ; mais ainsi que l'a montré Y. BLANDIN, à propos des terrils de la forêt de Raismes, le contexte végétal dans lequel il est installé joue un rôle capital.

Notre terril est installé dans une région couverte de cultures et de constructions qui ont éliminé la végétation naturelle : plantes rudérales mais aussi prairiales de l'Arrhénathéraie occupent les quelques espaces abandonnés et sont bien représentées sur le terril.

Il semble donc difficile d'envisager, si l'on excepte la zone de combustion une association ou une série d'associations pionnières spéciales au terril ; il est néanmoins possible de parler d'associations fragmentaires chaque association, présente dans la région environnante, comporte une ou plusieurs espèces susceptibles de participer dès le départ à la colonisation Picris pour l'Arrhénatheretalia, Diploaxis, Echium, Oenothera pour l'Artemisietalia, Epilobium angustifolium, Hieracium lachenalii pour l'Epilobietalia mais aussi Rubus pour le Prunetalia, Phragmites communis pour le Phragmitetalia (terrils installés dans un ancien étang) Betula verrucosa pour le Querco-Betuletum (dans le cas d'une forêt proche). Ces plantes possèdent une amplitude écologique qui leur permet de conquérir un milieu nouveau.

Le groupement pionnier d'un terril peut donc être considéré comme un ensemble de fragments d'associations. A un stade donné de la colonisation, un fragment d'association est prédominant et donne sa physionomie à la végétation ; le chevauchement des associations dans le temps et dans l'espace est obligatoire et c'est très rarement que l'association apparaîtra pure et complète.

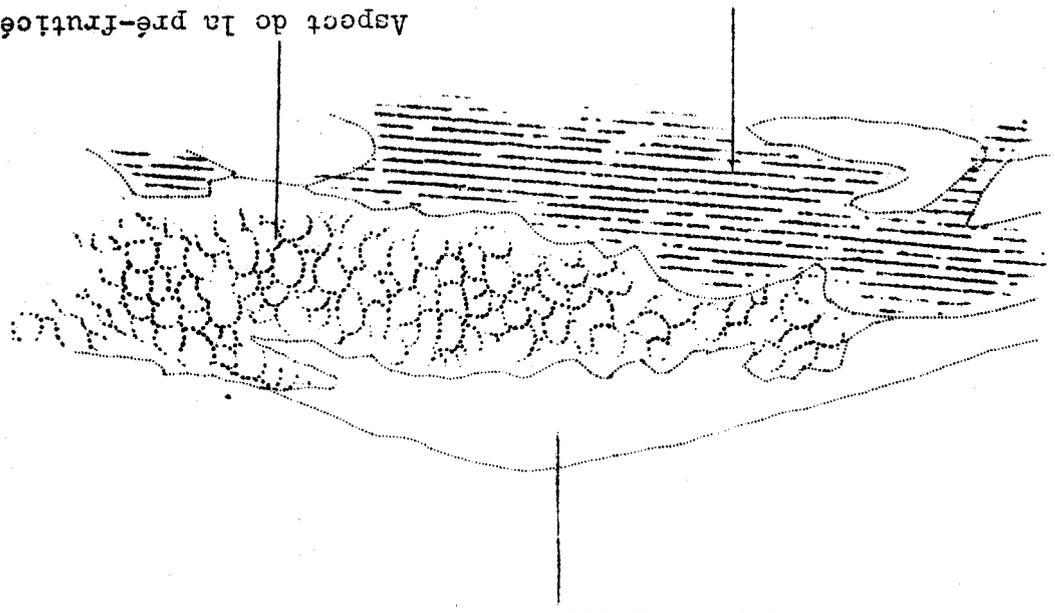
On peut se demander ce qui détermine le tri à l'intérieur des associations : est-ce un caractère sélectif du substrat ou bien le génotype de la plante colonisatrice ? Notre travail suggère donc la nécessité d'une analyse génétique des populations pionnières.

DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES

- ° -

L'Arrhenatherale est ici assez
bien développée.

Aspect de la pré-fruticée.



Sommet encore soumis à une combustion intense

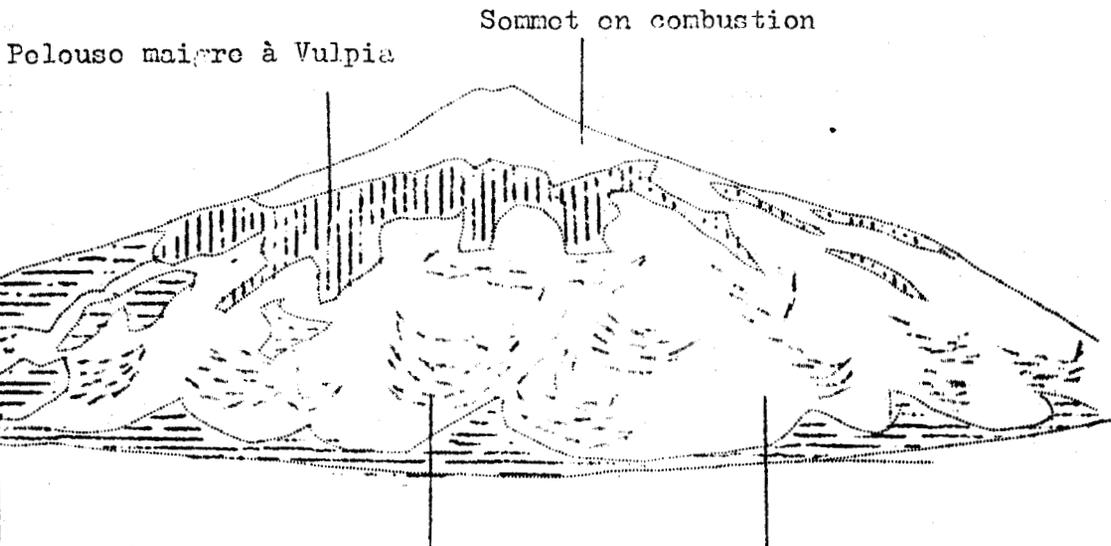
C'est l'ubac, face toujours plus verdoyante sur un ferril.



Vue d'ensemble de la face Sud-Ouest.



La partie droite correspond à l'adret qui présente un aspect toujours plus aride.



phenataraie occupe les
de déjection et les
s stabilisées.

Aspect de la végétation
pionnière évoluée

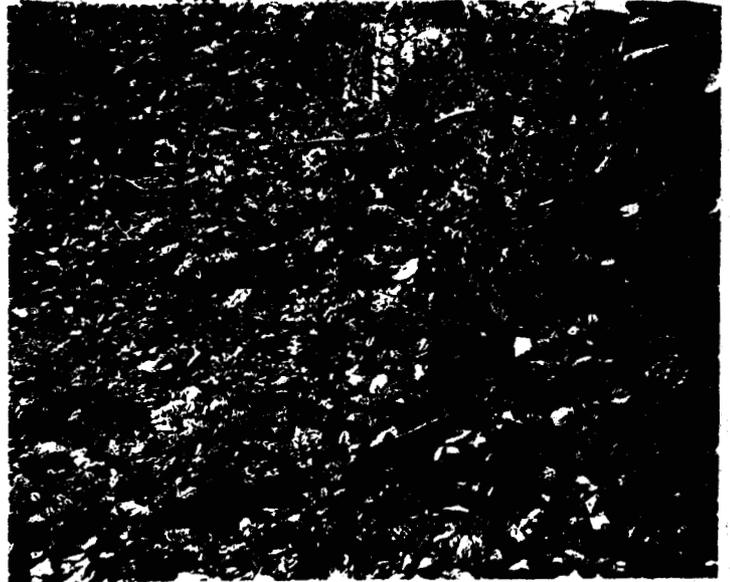
Végétation pionnières des
pentes et des éboulis.



Le groupement thermophile

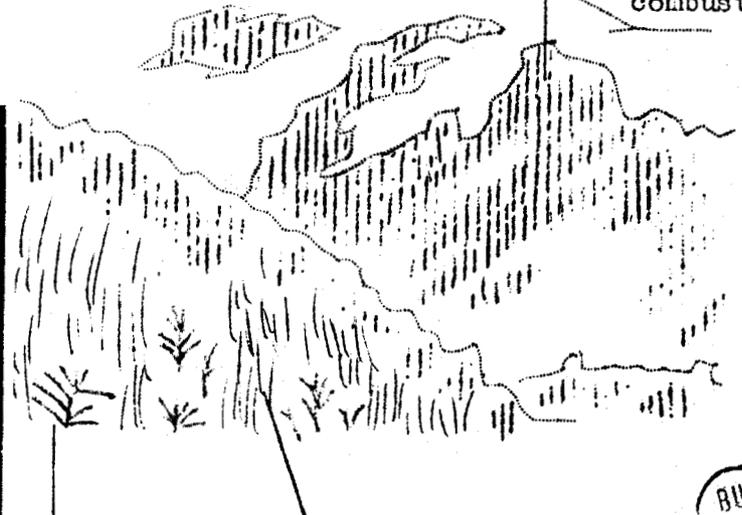
face Sud

Sur un substrat très grossier on distingue des touffes de *Chenopodium botrys* reconnaissable à ses feuilles au contour crénelé. Sur cette face très ensoleillée il est accompagné de *Portulaca oleracea* dont on distingue les feuilles en forme de raquette.



Faciès adret du groupement thermophile à proximité d'un point de combustion.

La pelouse s'interrompt à l'approche des zones de combustion.



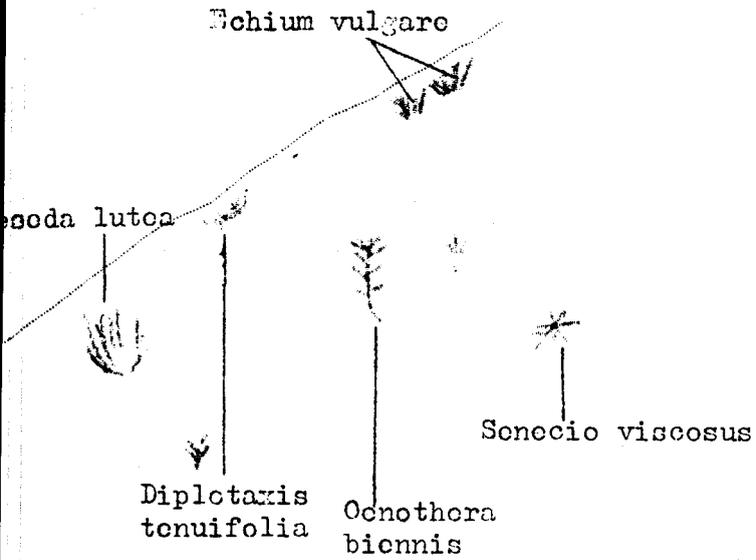
Oenothera biennis

Vulpia myuros

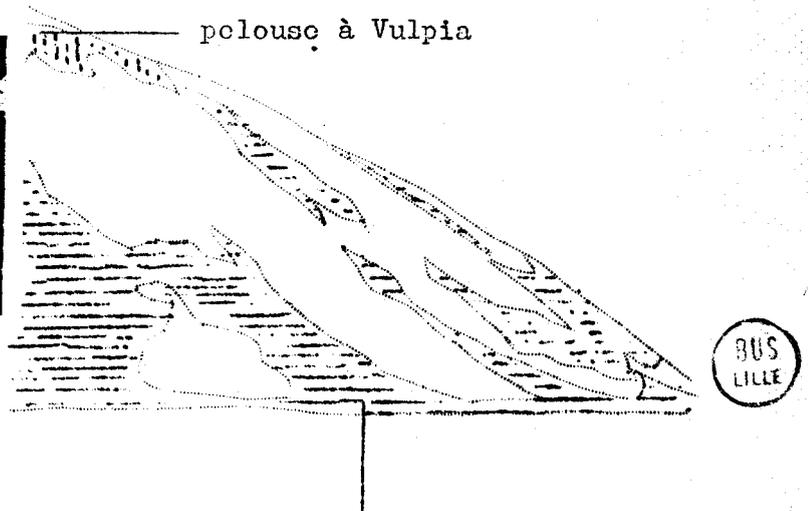


La pelouse à *Vulpia myuros*

La pente et l'éboulis.

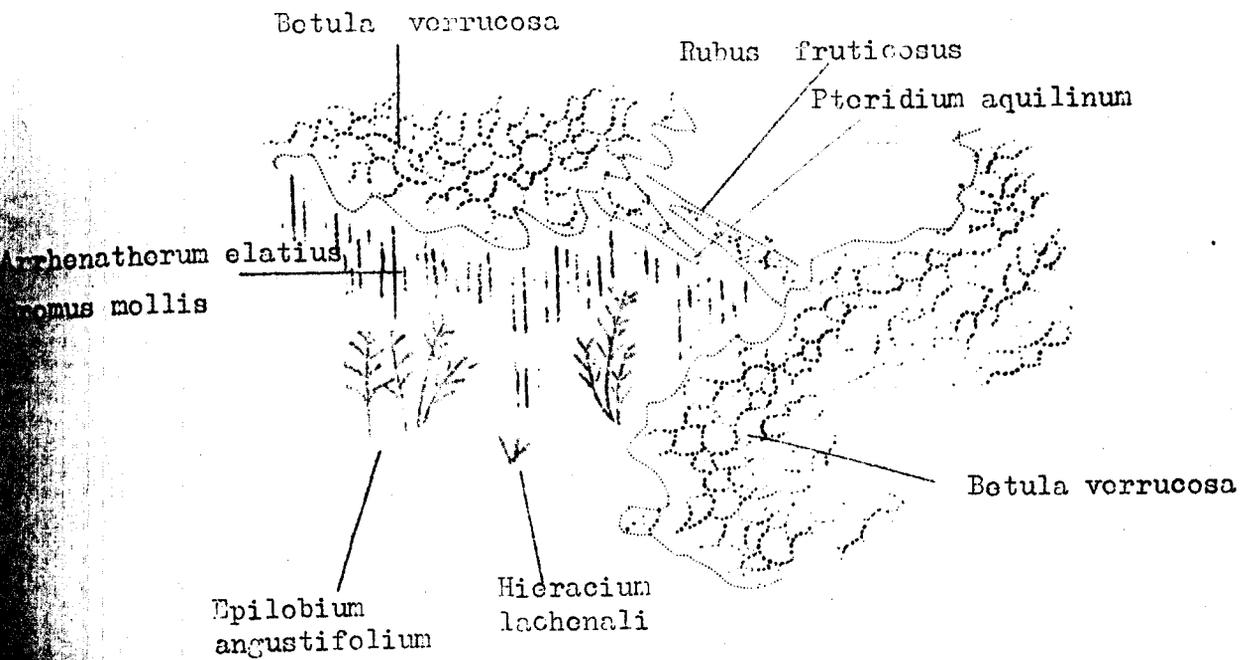


Éboulis de la face S.S.W.



Les prairiales de l'Arrhenatoraeie supplantent les rudérales sur ces pentes S.E.

Evolution vers un stade arbustif
face Nord.



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

- BERTON (A.) Flore des terrils.
Soc. Bot. Fr. III (Notes et mémoires), p. 177 (1964)
- BOUARD (J.) Travaux Pratiques de Physiologie Végétale.
Hermann.
- BRAUN-BLANQUET (J.) Pflanzensoziologie,
3e Ed. Springer-Verlag, Vienne (1964)
- BRUN-HOOL (J.) "Ackerunkraut-Fragmentgesellschaft" dans
Anthropogene Vegetation Junk (1966), p. 38-50.
- CADEL (G.) et GILOT (J.C.) Elément de Biologie Végétale alpine (Exposés
Théoriques), Laboratoire de Biologie Végétale
de Grenoble et du Lautaret (1964)
- CARLES (J.) Géographie Botanique P.U.F. (1963)
- CARLES (J.) La Vie des Plantes P.U.F.
- DOUIN (M.) Nouvelle Flore des Mousses et des Hépatiques.
Lib. Gén. de l'Enseignement.
- DUCHE (J.) La Biologie des Sols P.U.F. (1962)
- ELLENBERG (H.) "Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen" dans
Einführung in die phytologie
Vol. 3,2. Ulmer Stuttgart. (1963)
- FOURNIER (P.) Les Quatre Flores de France.
Lechevalier. (1961)
- FRANCOIS (F.) Chimie Analytique.
Fac. des Sciences de Lille. (1952)
- FRUIT (R.) L'Agriculture dans la Région du Nord
C.E.R.E.S. Lille. (1958)
- GUINOCHET (M.) Logique et Dynamique du Peuplement Végétal.
Masson. (1955)
- ISSLER, LOYSON, WALTER Flore d'Alsace.
Société d'Etude de la Flore d'Alsace
(1965)
- LERICQ (R.) Les Terrils de la Région de Condé sur Escaut.
Soc. Bot. Fr. 21, p. 19-28 (1968)

PFEIFFER (H.)

Vom Gesetzlichen Verhalten der Pioniere bei
Neuland Besiedlung. Mitt. flor.-Soz. ArbGemeinsch.
N.F.10, p. 87 - 91.

SOUCHON (C.) et (J.)

Notions d'Ecologie. Dauphin.

WALTER (H.)

Über die Stickstoffansprüche (die Nitrophilie)
der Tüderalpflanzen. Mitt. Flor.-soz. ArbGemeinsch.
N.F.10, p. 56-69. (1963)

.....

Journées Nationales d'Ecologie de Marseille
C.R.D.P. Marseille. (1965)

.....

Journées Nationales d'Ecologie de Besse en
Chandesse. C.R.D.P. Clermont-Ferrand. (1966)

- ADDITIF -

←←←←

LISTE DES TERRILS DU GROUPE DE LENS-LIEVIN

(avec date de la fin d'exploitation communiquée par les Houillères)

Décharge terril du 5 de Lens.....	1952
Décharge terril du 16 de Lens.....	1952
Terril plat de Wingles.....	1951
Terril de Billy-Berclau.....	1937
Terril du triage central.....	1936
Terril du chemin du Fort.....	1940
Terril du 7 de Wingles.....	Avant 1914
Décharge terril Pinchonvalles.....	1966
N° 2 Calonne-Liévin.....	Avant 1914
N° 5 Calonne-Liévin.....	Vers 1956
N° 8 Auchy.....	Septembre 1961