



CENTRE DE CAYENNE

**Etude d'impact du banc d'essais
des étages d'accélération à poudre d'Ariane V**

**Conséquences des rejets gazeux
sur l'environnement**

**INVENTAIRE PRELIMINAIRE
DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE**

**CARTOGRAPHIE DES SOLS
SOUS LE VENT DU BANC D'ESSAIS**

TRAVAUX REALISES DANS LE CADRE DE LA CONVENTION
PASSEE ENTRE LE CNES ET L'ORSTOM,

ENREGISTREE AU CNES SOUS LE N° 89/CNES/2621,
ENREGISTREE A L'ORSTOM SOUS LE N° 936.

AVANT-PROPOS

Dans le cadre de l'étude d'impact du banc d'essais des étages d'accélération à poudre du lanceur Ariane V (BEAP), le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) a confié à l'ORSTOM l'étude des conséquences des rejets gazeux sur l'environnement. Les disciplines concernées par cette étude d'impact sont l'hydrologie, la géochimie et l'écologie.

10 essais de propulseurs sont prévus sur une durée de 3 ans, chacun s'accompagnant d'une émission dans l'atmosphère de 48 tonnes d'acide chlorhydrique, 78 tonnes d'alumine et 64 tonnes de monoxyde de carbone, ainsi que de quantités moindres d'hydrogène, azote et vapeur d'eau (Prévost & Sabatier, 1988).

Le laboratoire de Pédologie du Centre ORSTOM de Cayenne est sollicité pour réaliser une cartographie des sols sous le vent du banc d'essais. Cette cartographie a pour objet d'identifier les principaux types de couvertures pédologiques et d'estimer leur distribution, afin d'évaluer le pouvoir tampon du sol dans la zone la plus exposée aux retombées.

Des prélèvements pour analyses chimiques ont également été réalisés lors des prospections. Ces analyses permettront une caractérisation du milieu pédologique avant les essais. Elles seront complétées par des analyses après les essais, de manière à apprécier l'impact des rejets.

PLAN

AVANT-PROPOS

1. PRESENTATION

- 1.1 Situation et délimitation du périmètre d'étude
- 1.2 Topographie
- 1.3 Géologie
- 1.4 Zones déboisées
- 1.5 Techniques d'étude

2. IDENTIFICATION DES SYSTEMES PEDOLOGIQUES

- 2.1 Chemin de ronde
- 2.2 Piste Barthod

3. DISTRIBUTION DES SYSTEMES PEDOLOGIQUES

- 3.1 Champ proche
- 3.2 Champ moyen
- 3.3 Champ lointain
- 3.4 Synthèse de la prospection
- 3.5 Cartographie

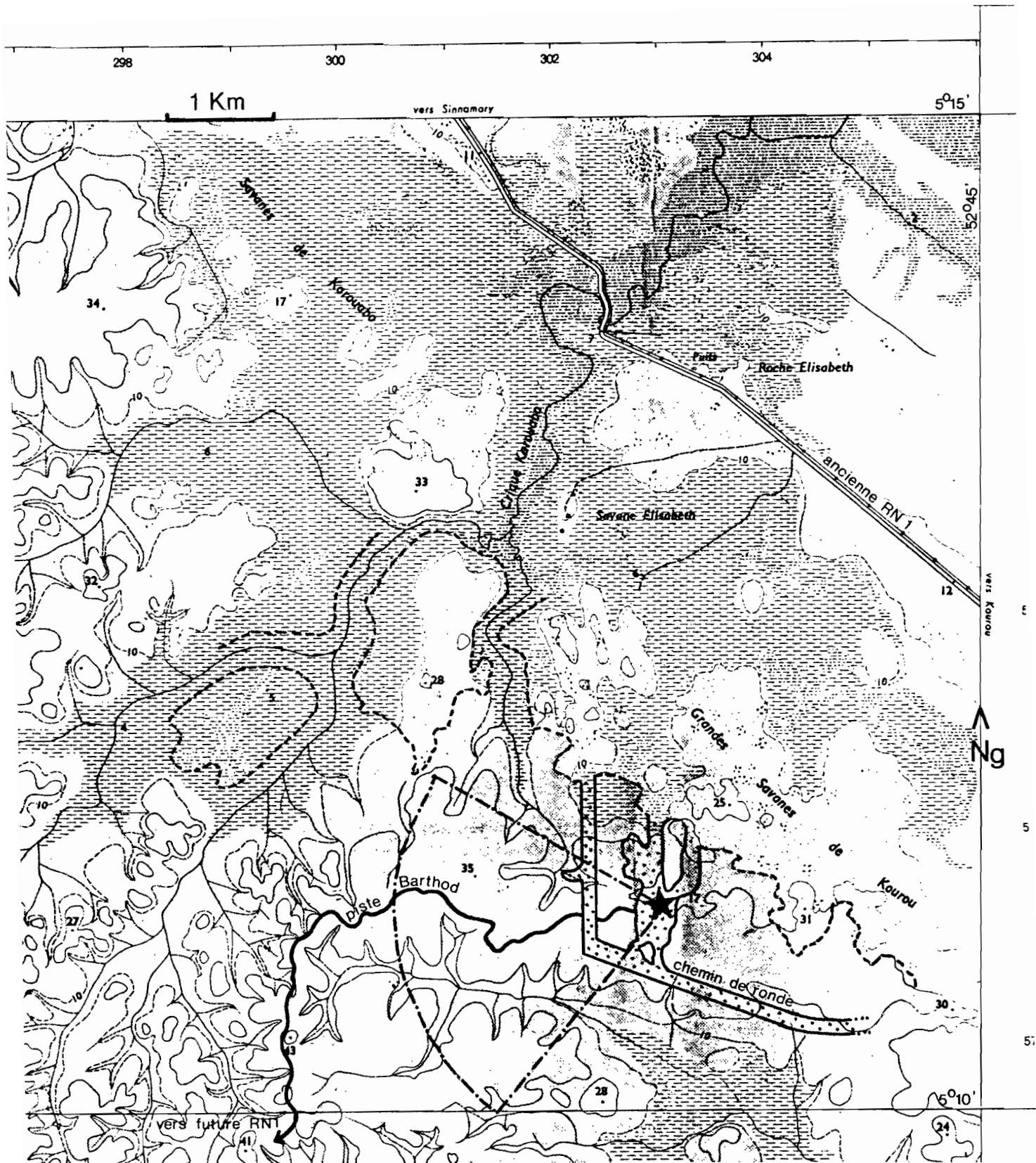
4. DISCUSSION: EFFET TAMPON DU SOL

- 4.1 Prévision du comportement des différents types de sols
- 4.2 Pollution du périmètre
 - 4.2.1 Présentation en coupe
 - 4.2.2 Présentation en plan
 - 4.2.3 Remarques

5. PRELEVEMENTS POUR ANALYSE CHIMIQUE

6. BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE: emplacement des prélèvements pour analyses chimiques



- ★ Banc d'essais (BEAP)
- Périmètre étudié
- Zones déforestées
- - - Limite forêt-savane

FIG. 1 : LOCALISATION DU SITE D'ETUDE
(d'après I.G.N., Kourou S.O., 1962)

1. PRESENTATION

1.1 Situation et délimitation du périmètre d'étude

Le banc d'essais des étages d'accélération à poudre (BEAP) est situé au Sud des grandes savanes de Kourou, et plus précisément, sur les premières hauteurs bordant la savane Elizabeth, entre les criques Karouabo et Passoura (fig.1).

Les études antérieures (ECOPOL, 1988; Prévost & Sabatier, 1988) conseillent de procéder aux essais dans des situations météorologiques limitant les effets immédiats et visibles à un champ relativement restreint, de l'ordre de 2 Km autour du BEAP. Sur la base de ces recommandations, notre cartographie concerne les zones situées à moins de 2,5 Km du banc d'essais.

Nous avons également limité notre champ d'étude aux secteurs de vent les plus fréquemment observés. Les vents au sol les plus fréquents à Kourou provenant des secteurs 40° à 120° (Prévost & Sabatier, op.cit.), notre site d'étude est compris, depuis le banc d'essais, entre les directions 220° et 300° (par rapport au Nord géographique).

Le périmètre cartographié est donc un "cône" de 2500 mètres de rayon, centré sur le BEAP, balayant un angle de 80° entre les directions 220° et 300°. Ce cône couvre près de 440 hectares, compris entre les latitudes 5°10'N et 5°12'N, entre les longitudes 52°46'30"W et 52°48'W.

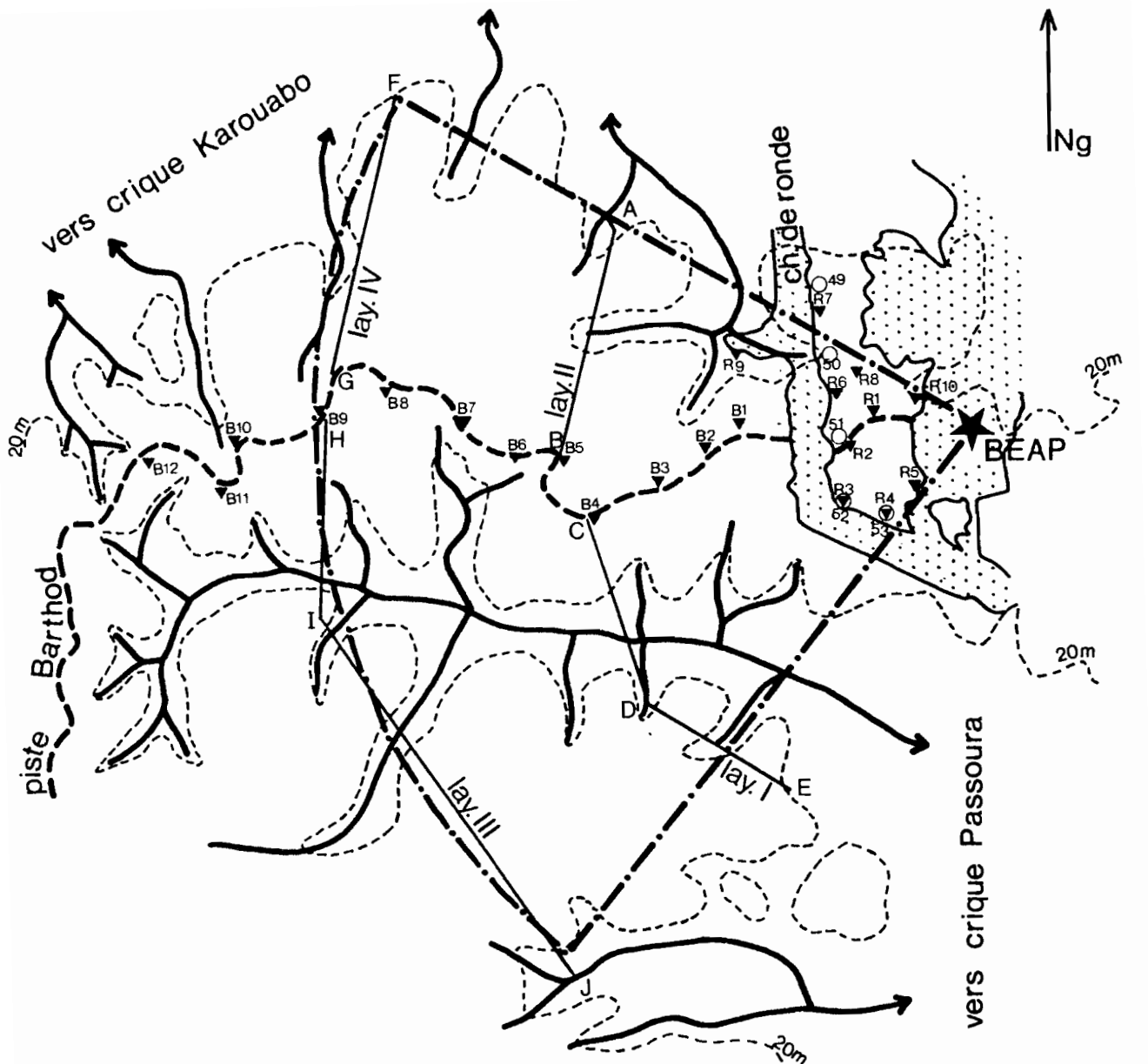
Sur la base des recommandations formulées dans les études antérieures, en terme notamment de conditions météorologiques lors des essais, le périmètre ainsi délimité comprend l'ensemble du champ le plus probablement exposé aux rejets gazeux.

1.2 Topographie

D'un point de vue topographique, le cône d'étude comprend de nombreuses petites collines ("montagnes russes") d'altitudes modestes (<40m). En son milieu, il est traversé par un formateur important de la crique Passoura (orienté vers l'Est), laquelle draine environ les 2/3^e méridionaux des 436 hectares considérés. Vers le Nord, les cours d'eau du périmètre alimentent la crique Karouabo. On notera que le talweg directement voisin du carneau n'est pas véritablement drainé par une crique et s'écoule vers la savane, dans la mesure où il n'est pas entravé par les installations.

1.3 Géologie

D'après la carte géologique (Barruol, 1959), le périmètre étudié est situé, pour les parties hautes, sur schistes/micaschistes du Bonidoro (au Sud-Ouest) et surtout de l'Orapu, et pour les parties basses, sur alluvions fluviales et fluvio-marines.



- Périimètre étudié
- Piste Barthod
- - - Courbe de niveau (20m)
- ▼ Sondages hors layon (R1 à R10 et B1 à B12)
- Prélèvements hors layon (49 à 53)
- Layons I à IV (voir emplacement des sondages et prélèvements sur les coupes)
- Cours d'eau
- Zones déforestées

FIG. 2 : EMPLACEMENT DES OBSERVATIONS ET PRELEVEMENTS échelle 1/25.000^e (1cm=250m)

D'après nos observations, les parties hautes de l'Est du cône semblent développées sur Série Détritique de Base (SDB) peu épaisse. Cette SDB est caractérisée par une texture riche en sables moyens et grossiers, et par des pentes modérées. Vers 1,20 mètre de profondeur, ces matériaux plus sableux reposent sur l'altérite du socle.

1.4 Zones déboisées

La zone d'étude, initialement sous forêt, est parcourue radialement par une piste forestière, la piste Barthod, qui permet un accès relativement aisé (lorsqu'elle n'est pas barrée...).

A environ 500m du banc d'essais, la forêt est coupée sur 120 mètres de large, pour laisser passer un chemin de ronde (piste sur remblai avec clôtures) qui contourne le banc. La présence de ce vaste domaine dénudé à faible distance du carneau aura très certainement une influence sur la redistribution des polluants vers les axes de drainage.

1.5 Techniques d'étude

Les observations pédologiques sont réalisées à la tarière à main de 1,25 mètre. La description du sol sur le terrain se fait principalement en termes de couleur, texture et humectation. Ces critères permettent d'apprécier l'équilibre air/eau dans le sol, particulièrement discriminant en Guyane.

Les sondages sont effectués le long des pistes, hors perturbations occasionnées par les bulldozers, ou sur des layons ouverts au sabre d'abattis. Ces sondages sont distants d'une centaine de mètres environ.

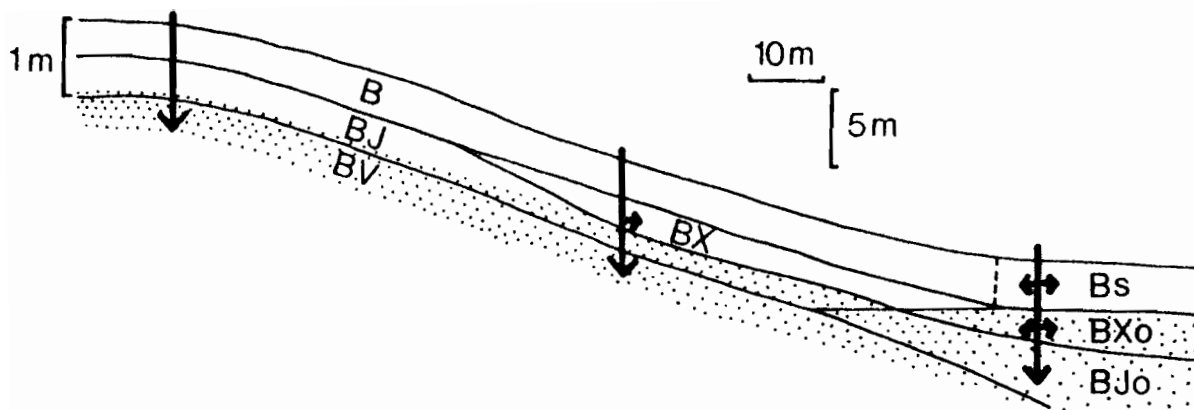
Ces observations de terrain sont complétées par des prélèvements pour analyses chimiques au laboratoire du Centre ORSTOM de Cayenne.

2. IDENTIFICATION DES SYSTEMES PEDOLOGIQUES

Une première reconnaissance a été conduite le long du chemin de ronde et de la piste Barthod. Elle a permis d'identifier les principaux types de sols représentés sur le périmètre à prospecter, afin de se caler sur les systèmes étudiés par ailleurs en Guyane. L'emplacement des observations est présenté sur la figure 2.

2.1 Chemin de ronde

En bordure du chemin de ronde, on a surtout observé des sols sur Série Détritique de Base (SDB), sur des versants généralement longs et peu pentus.



B: horizon brun, sableux à sables grossiers, humecté.

BJ: horizon brun-jaune, argilo-sableux à sables grossiers, humecté; à l'amont, l'horizon est sablo-argileux au sommet, devenant argilo-sableux à la base; dans la pente, il s'enrichit en sables grossiers.

BV: horizon brun vif, argileux, riche en sables grossiers, avec des micas, humecté; à l'amont, présence de gravillons ferrugineux rouge-violacé (nodules); dans la pente, présence de volumes rouges.

BX: horizon de couleur hétérogène, à phases brun-jaune et brune moyennement contrastées; argilo-sableux à sables grossiers, humecté.

Bs: horizon brun sombre, sableux à sables grossiers, humecté.

BXo: horizon de couleur hétérogène, brun-jaune à volumes grisâtres et taches ocre à roux; sablo-argileux au sommet devenant argilo-sableux à la base, riche en sables grossiers, humecté.

BJo: horizon de couleur hétérogène, brun-jaune à taches ocre à roux, argilo-sableux à argileux, riche en sables grossiers, avec des micas; humecté.

∴: Présence de nombreux sables grossiers.

---/--- Limite d'horizon mal précisée.

→ Cheminement schématique de l'eau dans le sol (lors des pluies)

**FIG. 3 : COUPE SCHEMATIQUE DE VERSANT
SUR S.D.B. près du chemin de ronde**

La SDB n'est pas figurée sur la carte géologique (Barruol, op.cit.), et on peut supposer que ce sont là les derniers lambeaux d'un faciès qui connaît une extension plus importante dans le Nord-Ouest du pays. Les systèmes pédologiques sur SDB ont été étudiés à Sinnamary (Barthès, 1984), Iracoubo (Boulet, 1986; Barthès, 1990) Mana (Barthès, 1989) et surtout Organabo (Veillon, 1990).

Sur la base de ces travaux et des observations effectuées début février (période relativement sec) autour du chemin de ronde, on peut présenter une séquence-type (fig.3).

*** A l'amont:**

0-50cm environ: horizon B, brun, sableux puis sablo-argileux, riche en sables moyens et grossiers, humecté;
50-100cm environ: horizon BJ, brun-jaunâtre homogène, argilo-sableux, riche en sables moyens et grossiers, humecté;
>100cm: horizon BV, brun vif, argilo-sableux à argileux, très riche en sables moyens et grossiers, avec des concrétions ferrugineuses et gibbsitiques et souvent quelques micas blancs; humecté.

Le profil est humecté et perméable sur plus de 120cm d'épaisseur, et ne présente pas de signe de ralentissement du drainage interne. On parle dans ce cas de sol "épais", à drainage profond, sur SDB; l'eau des précipitations se distribue sur une épaisseur de sol d'au moins 120cm, sans excès, et constitue d'importantes réserves.

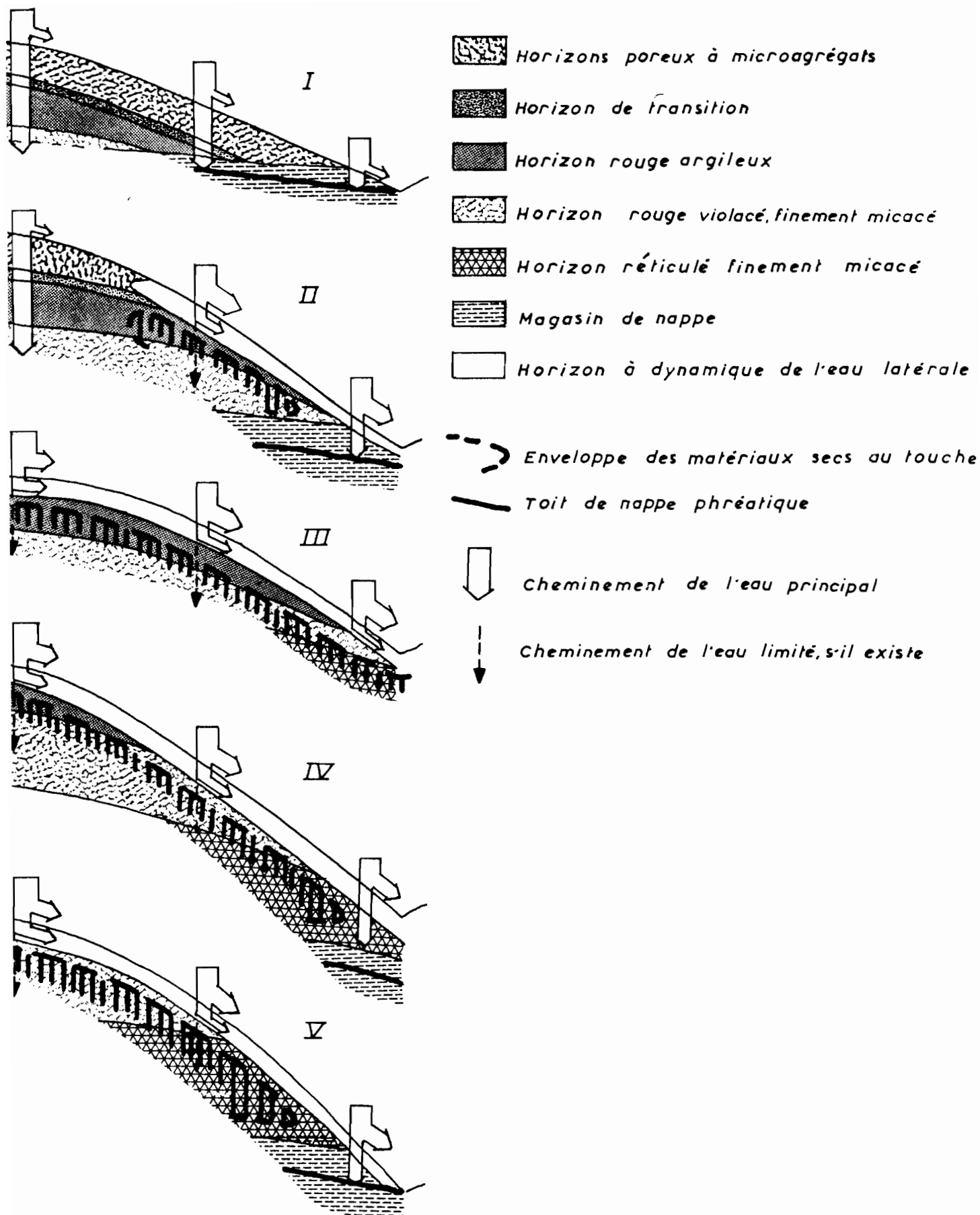
*** Dans la pente:**

- l'horizon BJ montre un enrichissement en sables, croissant vers l'aval;
- à son sommet se différencie un horizon BX, de couleur hétérogène avec une phase brun-jaune et une phase brune moyennement contrastées, argilo-sableux à sables moyens et grossiers;
- les graviers ferrugineux n'ont pas été observés dans BV jusqu'à 120cm, mais on trouve encore des micas et de nombreux quartz grossiers.

Le profil reste humecté et perméable sur plus de 120cm. Mais la différenciation de l'horizon BX, de couleur hétérogène, témoigne d'un certain ralentissement du drainage interne en subsurface, au-dessus de BJ devenu plus sableux. Compte tenu des pentes modérées des versants et de la proximité de la plaine côtière aux axes de drainage congestionnés, un relatif engorgement semble se manifester dans le versant à partir de 50cm de profondeur, aux périodes humides.

*** A l'aval:**

- l'horizon superficiel devient plus sombre (passage de B à Bs);
- l'horizon de subsurface, déjà hétérogène depuis le milieu de pente, montre des volumes ocres à roux, dans un fond devenu plus grisâtre et plus sableux (passage de BX à BXo);



**FIG. 4 : SCHEMA D'EVOLUTION DES
COUVERTURES PEDOLOGIQUES SUR SCHISTE
(d'après Boulet, 1990)**

- dans l'horizon brun-jaune apparaissent également des volumes ocres à roux (passage de BJ à BJo), et quelques micas.

Ce type de profil est marqué par l'hydromorphie, et doit être humide aux périodes les plus pluvieuses. Mais les talwegs sur SDB étant "perchés" par rapport aux axes de drainage de la plaine, l'engorgement s'y manifeste temporairement, et le drainage interne reste vertical et profond une bonne partie de l'année.

Dans l'ensemble, ce type de versant sur SDB développe une couverture pédologique épaisse, à drainage vertical profond, avec des signes d'engorgement temporaire croissant vers l'aval.

Après Boulet (1986), on peut parler dans ce cas de sols "appauvris-ternis", sombres et sableux à sablo-argileux jusqu'à 50cm, puis brun-jaune et argilo-sableux.

Localement, à proximité d'un talweg secondaire incisé au Sud-Ouest du carneau, on a décrit un profil (R4) plus mince, avec des horizons compacts peu humectés vers 90cm de profondeur. Dans ce cas, qui sera présenté ci-après, le drainage interne est peu profond, et la dynamique de l'eau est principalement superficielle et latérale.

Mais le secteur du chemin de ronde reste principalement caractérisé par des sols épais sur SDB.

2.2 Piste Barthod

Le long de la piste Barthod, on retrouve quelques sols épais sur SDB (B4, B11). Mais on a surtout observé des sols sur socle schisteux, plus ou moins épais, sur des versants plutôt plus courts et plus pentus que ci-dessus.

Les recherches conduites à Sinnamary, piste de Saint-Elie, (Boulet, 1990), permettent de resituer nos observations.

Boulet montre qu'il est possible d'organiser les couvertures pédologiques des différents versants étudiés, sur socle schisteux, en une séquence évolutive retraçant les transformations successives d'une couverture initiale (fig.4).

* Au **stade I**, l'ensemble du versant est à drainage vertical libre, c'est-à-dire que les profils décrits aux différents niveaux de la pente sont humectés et perméables sur toute leur épaisseur. Lors des pluies, l'eau des précipitations se distribue sur une importante épaisseur de sol, sans excès, et constitue d'importantes réserves. Le sol est **épais** sur tout le versant.

* Au **stade II**, l'amont reste à drainage profond, mais on note dans la pente la présence à faible profondeur d'horizons "secs au toucher", compacts et peu perméables. Lors des pluies, les horizons perméables surmontant ces horizons secs sont rapidement saturés, du fait de leur faible épaisseur, et l'eau excédentaire s'écoule latéralement, en surface (ruissellement) ou au-dessus des horizons secs. Ce type de

couverture mixte associe un **sol amont épais** , à drainage profond, et un **sol plus mince de pente**, à drainage latéral; vers l'aval, le profil s'épaissit à nouveau et devient hydromorphe (sujet à l'engorgement), sous l'influence d'une nappe, fréquente.

* Aux **stades III**, puis **IV** et **V**, les horizons "secs au toucher" remontent jusqu'à l'amont, et l'ensemble du versant présente un drainage latéral. Les horizons perméables sont peu épais et le sol est **mince** sur tout le versant, sauf vers l'aval, où la présence d'une nappe s'accompagne de l'épaississement des horizons perméables et de signes d'engorgement (hydromorphie).

Par rapport à ce modèle, on insistera sur la richesse en quartz grossiers, sables et souvent graviers, dans les horizons perméables. Les niveaux riches en quartz, qui remontent généralement jusqu'au tiers supérieur de pente, constituent des voies privilégiées de circulation de l'eau dans le sol.

Les profils décrits piste Barthod présentent généralement des horizons secs au toucher (sauf dans les talwegs), et c'est leur profondeur d'apparition qui sera déterminante:

- lorsque ces horizons secs apparaissent au-delà de 120cm de profondeur, on considère que le sol est **épais**, à drainage profond;
- entre 120 et 100cm, on parlera de sol **assez épais**; le drainage interne comporte encore une composante verticale;
- entre 100 et 80cm, le sol est considéré comme **peu épais**, avec un drainage interne présentant une composante latérale;
- lorsque les horizons secs au toucher apparaissent à moins de 80cm de profondeur, le sol est **mince**, à drainage principalement latéral.

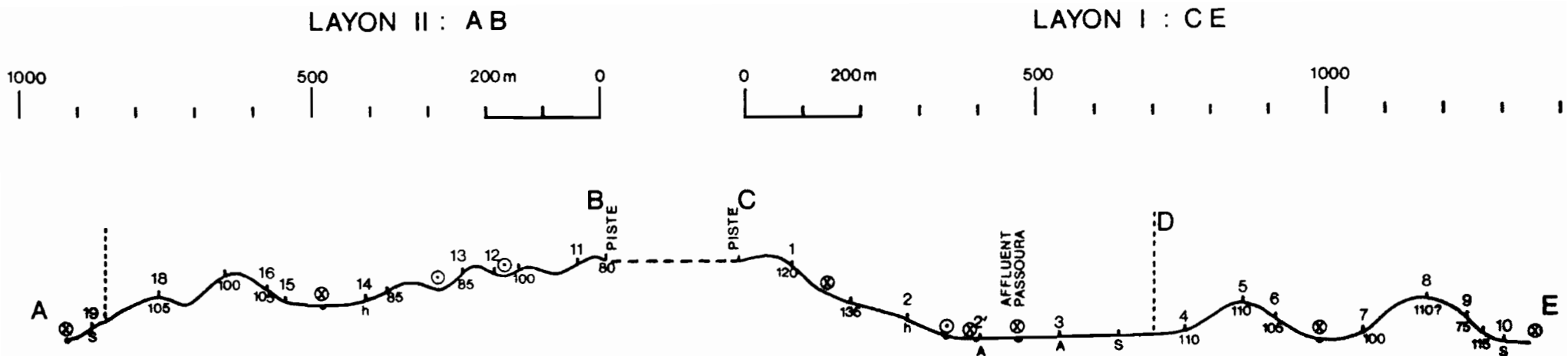
Nous verrons ci-dessous que les versants rencontrés lors de la prospection peuvent se rattacher aux différents types présentés:

- versants entièrement à drainage profond (sols épais ou assez épais);
 - versants à couverture mixte (sols épais ou assez épais amont, sols plus minces de pente);
 - versants entièrement à drainage latéral (sols minces);
- dans la plupart des cas, l'aval des versants développe un profil hydromorphe, marqué par l'engorgement et plus sableux.

3. DISTRIBUTION DES SYSTEMES PEDOLOGIQUES

3.1 Champ proche

Le champ proche a été prospecté à partir de la défriche bordant le chemin de ronde, à environ 500m du banc d'essais. Des observations ont également été réalisées au début de la piste Barthod et près du carneau.



∩ Cours d'eau

⊙ Talweg perpendiculaire au plan de la figure, se rapprochant de l'observateur de la coupe.

⊗ Talweg perpendiculaire au plan de la figure, s'éloignant de l'observateur de la coupe.

5
110 N° du prélèvement (lorsqu'il existe; sinon, observation sans prélèvement).

110 Profondeur des horizons "secs au toucher" (en cm) = épaisseur des horizons perméables.

A Sol hydromorphe sur argile sédimentaire des bas-fonds principaux (humecté au-delà de 125cm).

S Sol hydromorphe sableux des talwegs (humecté au-delà de 125cm).

h Sol moyennement hydromorphe de piémont, sur altérite du socle (humecté au-delà de 125cm).

FIG. 5 : COUPES SCHEMATIQUES AB ET CDE
layons I et II, champ moyen

Comme exposé précédemment, ce sont principalement des sols épais sur Série Détritique de Base (SDB) qui ont été décrits (R1, R2, R3, R5, R7); ceux qui occupent les positions topographiques basses sont marqués par un engorgement temporaire (R6, R8, R10).

L'une des observations, dans un bas-fond, montre un profil caractérisé par une hydromorphie permanente (R9): horizon organique noir et gras jusqu'à 50cm de profondeur, puis horizon très riche en sables grossiers, gris et trempé.

Une autre observation, au Sud et en bordure d'un petit talweg (R4), montre un sol peu épais, marqué par une hydromorphie temporaire en surface (quelques taches grises à périphérie ocre), riche en graviers de quartz vers 50cm, avec un horizon micacé compact rouge-jaunâtre, sec au toucher à 90cm de profondeur.

3.2 Champ moyen

Le champ moyen a été prospecté en ouvrant des layons à partir de la piste Barthod, à environ 1500m du banc d'essais (voir fig.2 pour la localisation des layons, fig.5 pour leur description).

*** Le **layon I** (layon CDE), vers le Sud, est long de 1300m; sa distance au BEAP varie de 1500m (points C et E) à 1625m environ (point D).

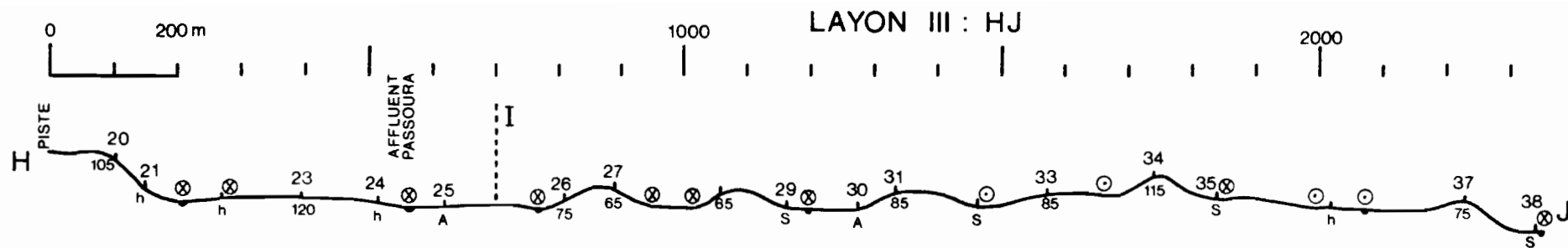
* Le transect descend de la crête suivie par la piste pour déboucher assez rapidement dans un large bas-fond où coule un affluent de la crique Passoura (prélèvements 2 à 4). Au-delà, l'itinéraire parcourt deux collines (4, 5, 6 et 7, 8, 9) aux pentes assez marquées, qui bordent cet affluent de la Passoura.

* Le relief de la zone traversée est assez prononcé, et les collines développent des sols relativement profonds, sauf dans la dernière pente (9), menant au point E. Les sols des talwegs séparant ces collines sont hydromorphes, sableux, à sables grossiers; le coeur du bas-fond principal (Passoura) montre un profil hydromorphe d'argile sédimentaire grise et trempée (2', 3).

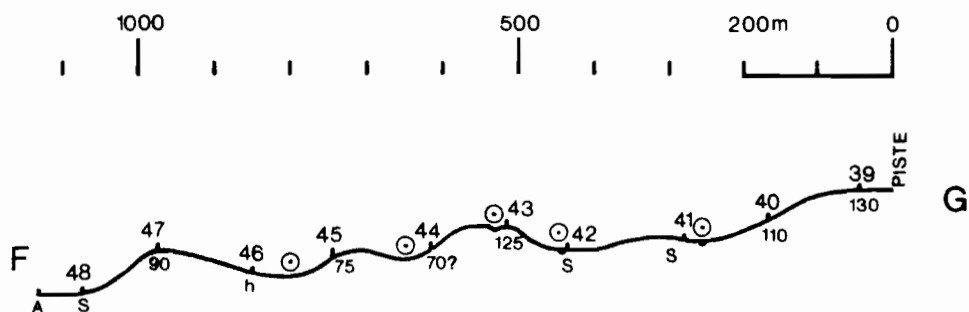
*** Le **layon II** (layon AB), vers le Nord, est long de 900m; sa distance au BEAP varie de 1500m (points A et B) à 1450m (au milieu).

* Le transect montre d'abord une succession d'ondulations de faibles amplitudes (11 à 14), menant de la piste (crête) à une crique, suivie sur une centaine de mètres. On monte ensuite sur une colline marquée (16), avant de descendre sur une seconde plus modeste (18), puis vers un large bas-fond (19).

* Les premières ondulations, à pentes plutôt faibles dans l'ensemble, portent des sols à profil perméable peu épais (80 à 100cm). Les collines de la deuxième moitié du transect développent des sols un peu plus épais (profil perméable de l'ordre de 105cm). Les talwegs traversés sont assez étroits, et montrent des sols hydromorphes sur altérite; le dernier talweg, en A, est hydromorphe et sableux à sables grossiers (19).



LAYON IV : FG



∩ Cours d'eau

⊙ Talweg perpendiculaire au plan de la figure, se rapprochant de l'observateur de la coupe.

⊗ Talweg perpendiculaire au plan de la figure, s'éloignant de l'observateur de la coupe.

34 N° du prélèvement (lorsqu'il existe; sinon, observation sans prélèvement).
115 Profondeur des horizons "secs au toucher" (en cm) = épaisseur des horizons perméables.

A Sol hydromorphe sur argile sédimentaire des bas-fonds principaux (humecté au-delà de 125cm).

S Sol hydromorphe sableux des talwegs (humecté au-delà de 125cm).

h Sol moyennement hydromorphe de piémont, sur altérite du socle (humecté au-delà de 125cm).

FIG. 6 : COUPES SCHEMATIQUES HIJ ET FG
layons III et IV, champ lointain

3.3 Champ lointain

Le champ lointain a été prospecté en ouvrant des layons à partir de la piste Barthod, à environ 2500m du banc d'essais (voir fig.2 pour la localisation des layons, fig.6 pour leur description).

*** Le **layon III** (layon HIJ), vers le Sud, est long de 2350m; sa distance au BEAP varie de 2600m (point I) à 2425m (entre I et J).

* En descendant de la crête (piste), on se retrouve après une courte pente (21) dans le lit d'un tributaire rive gauche de l'affluent de la Passoura. On le traverse pour cheminer sur un piémont (23, 24), avant d'enjamber l'affluent de la Passoura, puis un tributaire rive droite. On parcourt ensuite une succession de collines basses et peu pentues (26 à 33), avant de monter sur une colline plus haute (34). On atteint l'extrémité du layon après une tête de talweg (35), un piémont (36) puis une colline peu élevée (37) descendant sur une crique.

* Seules les collines les plus élevées (20, 34) portent des sols assez épais (profil perméable autour de 110cm d'épaisseur). Les autres (26 à 33, et 37) développent des sols plus minces (profil perméable entre 65 et 85cm d'épaisseur). Le coeur des talwegs les plus larges (25, 30) est tapissé d'un sédiment fluvio-marin argileux typique, trempé lors de la prospection; leurs bordures (29) et les talwegs moins importants (32, 35, 38) sont hydromorphes et sableux à sables grossiers, les piémonts sont hydromorphes sur altérite (24, 36).

*** Le **layon IV** (layon FG), vers le Nord, est long de 1100m; sa distance au BEAP varie de 2500m (point F) à 2425m (entre F et G).

* Un long versant à pente modérée (39, 40) descend de la piste (crête) vers deux talwegs (41, 42) séparés d'un piémont. On monte ensuite sur une colline assez large (43, 44), puis sur une autre plus petite (45), et enfin sur une dernière (47), asymétrique, avec un versant Sud en pente douce et un versant Nord plus abrupt menant à un large bas-fond qui débouche sur une savane (F).

* Le long versant descendant depuis la crête (39, 40) porte des sols assez profonds (profil utile de 110 à 130cm), de même le sommet de la large colline (43). Par contre, les sols sont plus minces sur les pentes de cette dernière (44) et sur les deux collines suivantes (45, 47), avec un profil perméable de 70 à 90cm. Les talwegs sont hydromorphes sableux à sables grossiers (41, 42), avec des bordures hydromorphes sur altérite; le dernier bas-fond hydromorphe (F), s'ouvrant sur la savane, est argileux avec une bordure sableuse à sables grossiers (48).

3.4 Synthèse de la prospection

Les observations réalisées en bordure du **chemin de ronde** et à **proximité du carneau** (champ proche) montrent surtout des sols épais sur SDB, à drainage profond, avec un modelé de collines à pentes modérées.

Le **layon I** (champ moyen, Sud) traverse principalement des collines bien marquées aux sols assez épais, séparées de bas-fonds dont les plus larges sont argileux.

Le **layon II** (champ moyen, Nord) présente d'une part, près de la piste, des ondulations d'amplitudes modestes sur sols peu épais, d'autre part, à l'extrémité du périmètre étudié, des collines bien individualisées aux sols plus épais; des talwegs étroits séparent les différentes unités de modelé.

Le **layon III** (champ lointain, Sud) parcourt surtout des collines basses aux sols minces, séparées de talwegs larges, dont certains argileux; quelques reliefs marqués portent des sols plus épais (20, 34).

On distingue sur le **layon IV** (champ lointain, Nord) une partie près de la piste avec des sols relativement épais, sur versants plutôt longs, et une partie au fond avec des sols plus minces, sur versants plutôt courts; les talwegs séparant les collines sont sableux, le dernier bas-fond débouchant sur la savane est argileux.

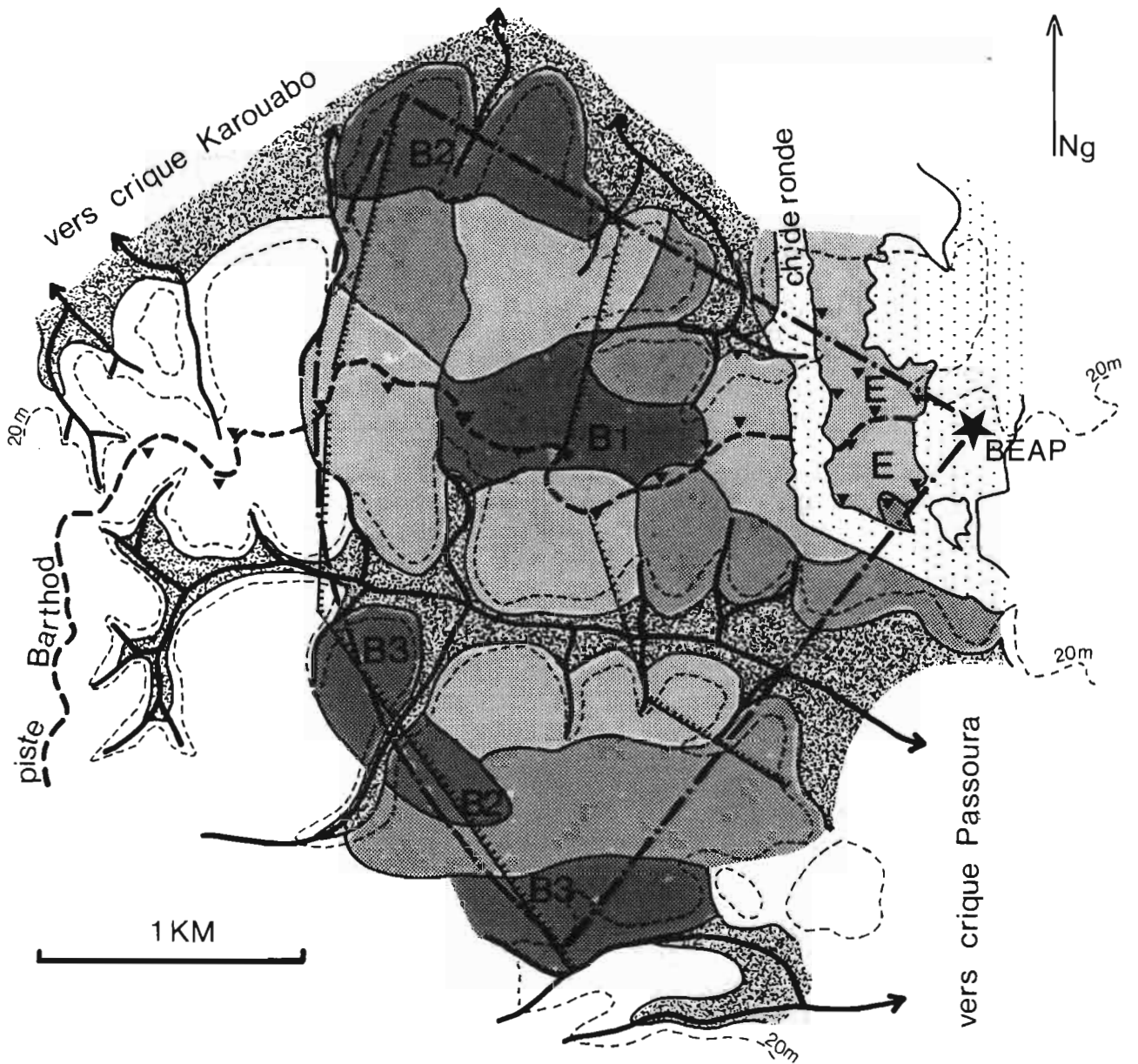
On note que


- les sols les plus épais se rencontrent à proximité du banc d'essais, sur modelé à pentes modérées (SDB), et également sur collines marquées (socle) surtout autour du formateur de la crique Passoura;
- les sols minces, sur des reliefs plus mous à versants courts, encadrent souvent des affluents importants de ce formateur ou de la Karouabo;
- les couvertures mixtes, associant sols épais amont et sols minces de pente, occupent des situations variables;
- les bas-fonds les plus larges sont tapissés d'argile sédimentaire.


3.5 Cartographie

Les observations réalisés le long des 4 layons, de la piste Barthod et du chemin de ronde ont été complétés par l'examen stéréoscopique de photographies aériennes, afin d'extrapoler les observations de terrain aux secteurs non visités.


L'étude d'images satellite n'a pas permis ce type d'extrapolation jusqu'à présent, dans la mesure où les différentes partitions obtenues recoupent mal les données de terrain. En l'absence de données radar, il s'avère que l'imagerie satellitaire permet difficilement une discrimination satisfaisante des différents milieux pédologiques sous forêt.





 Cours d'eau

 Périmètre étudié

 Piste Barthod

 Courbe de niveau
(20m)

 Zones déforestées

 Layons ouverts lors
de la prospection


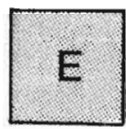
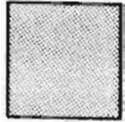
 Sondages
hors layon

FIG. 7 : CARTE DES SOLS échelle: 1/25.000



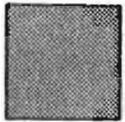
Couvertures pédologiques **épaisses** sur Série Détritique de Base associant (Cf 2.1):

- **SOLS EPAIS (>120cm)** à l'amont et dans les pentes;
- sols hydromorphes épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Couvertures pédologiques **assez épaisses** sur altérite schisteuse associant (Cf stade I du 2.2):

- **SOLS ASSEZ EPAIS (100 A 120cm)** à l'amont et dans les pentes;
- sols hydromorphes épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Couvertures pédologiques **mixtes** sur altérite schisteuse associant (Cf stade II du 2.2):

- **SOLS ASSEZ EPAIS (100 A 120cm) OU EPAIS (>120cm)** à l'amont;
- **SOLS MINCES (60 A 80cm)** dans les pentes;
- sols hydromorphes épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Couvertures pédologiques **peu épaisses** sur altérite schisteuse associant (Cf stades III, IV et V du 2.2):

- **SOLS PEU EPAIS (80 A 100cm)** à l'amont et dans les pentes;
- sols hydromorphes plus épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Couvertures pédologiques **peu épaisses** sur altérite schisteuse associant (Cf stades III, IV et V du 2.2):

- **SOLS PEU EPAIS (75 A 90cm)** à l'amont et dans les pentes;
- sols hydromorphes plus épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Couvertures pédologiques **minces** sur altérite schisteuse, associant (Cf stades III, IV et V du 2.2):

- **SOLS MINCES (<75cm)** à l'amont et dans les pentes;
- sols hydromorphes plus épais à l'aval, devenant sableux dans les bas-fonds.



Sols **FORTEMENT HYDROMORPHES SUR ARGILE SEDIMENTAIRE** grise des bas-fonds principaux.

NOTE: les épaisseurs considérées sont celles des horizons humectés et perméables.

Sur la base des prospections et des photos aériennes, on a établi une carte des sols au 1/25.000^e et sa légende, présentées figure 7. Cette carte distingue 4 unités:

- * couvertures pédologiques **les plus épaisses**, subdivisées en:
 - couvertures pédologiques **épaisses** sur SDB, associant sol épais à l'amont et dans les pentes / sols *hydromorphes* à l'aval;
 - couvertures pédologiques **assez épaisses** sur altérite schisteuse, associant sol assez épais à l'amont et dans les pentes / sols *hydromorphes* à l'aval;
- * couvertures pédologiques **mixtes** sur altérite schisteuse, associant sols assez épais ou épais à l'amont / sols *minces* de pente / sols *hydromorphes* à l'aval;
- * couvertures pédologiques **les plus minces**, subdivisées en:
 - couvertures pédologiques **peu épaisses** sur altérite schisteuse, associant sols peu épais à l'amont et dans les pentes / sols *hydromorphes* aval;
 - couvertures pédologiques **minces** sur altérite schisteuse, associant sols *minces* à l'amont et dans les pentes / sols *hydromorphes* aval;
- * sols **fortement hydromorphes** sur argile sédimentaire.

NOTE:

Les sols **épais** développent des horizons perméables de **plus de 120cm** d'épaisseur.
 Les sols **assez épais** développent des horizons perméables de **100 à 120cm** d'épaisseur;
 Les sols **peu épais** développent des horizons perméables de **80 à 100cm** d'épaisseur;
 Les sols **minces** développent des horizons perméables de **moins de 80cm** d'épaisseur.

La typologie retenue peut être résumée ainsi:

- * **couvertures les plus épaisses:**
 - épais/hydromorphe;
 - assez épais/hydromorphe;
- * **couvertures mixtes:**
 - épais ou assez épais/mince/hydromorphe;
- * **couvertures les plus minces:**
 - peu épais/hydromorphe;
 - mince/hydromorphe;
- * **fortement hydromorphe sur argile sédimentaire.**

On constate que, pour l'essentiel, les unités ou sous-unités figurées sont **composites**, c'est-à-dire qu'elles associent plusieurs types de sols. A l'échelle retenue, il n'est pas possible, en effet, de représenter des unités homogènes, compte tenu des variations souvent rapides, le long d'un versant par exemple (Cf.fig.4). On représente donc des "couvertures pédologiques", pouvant comprendre plusieurs unités de modelé présentant les mêmes types de différenciation.

4. DISCUSSION: EFFET-TAMPON DU SOL

4.1 Prévision du comportement des différents types de sols

Nous avons distingué précédemment des sols plus ou moins épais, des sols minces et des sols hydromorphes de bas de pente ou bas-fonds.

Les travaux de Guehl (1984) sur socle schisteux, piste de Saint-Elie, ont montré que l'épaisseur des horizons humectés et perméables conditionne la dynamique de l'eau dans le sol.

* Ainsi, les **sols les plus épais**, à horizons perméables épais, connaissent un drainage vertical profond, c'est-à-dire que l'eau des précipitations s'y répartit jusqu'en profondeur, pour constituer des réserves hydriques importantes (Boulet & al., 1979).

Si cette eau est chargée en certains éléments (H^+ , Al^{3+}), ceux-ci pourront également se distribuer sur le profil perméable et interagir avec le sol: dissolution des minéraux, fixation sur le complexe adsorbant (matière organique et argile); on peut supposer que cette fixation sera maximale dans les horizons superficiels, qui possèdent la capacité d'échange la plus importante, liée à leur richesse en matière organique. Les éléments considérés pourront aussi, dans une certaine mesure, rejoindre la nappe phréatique et être évacués progressivement vers les axes de drainage.

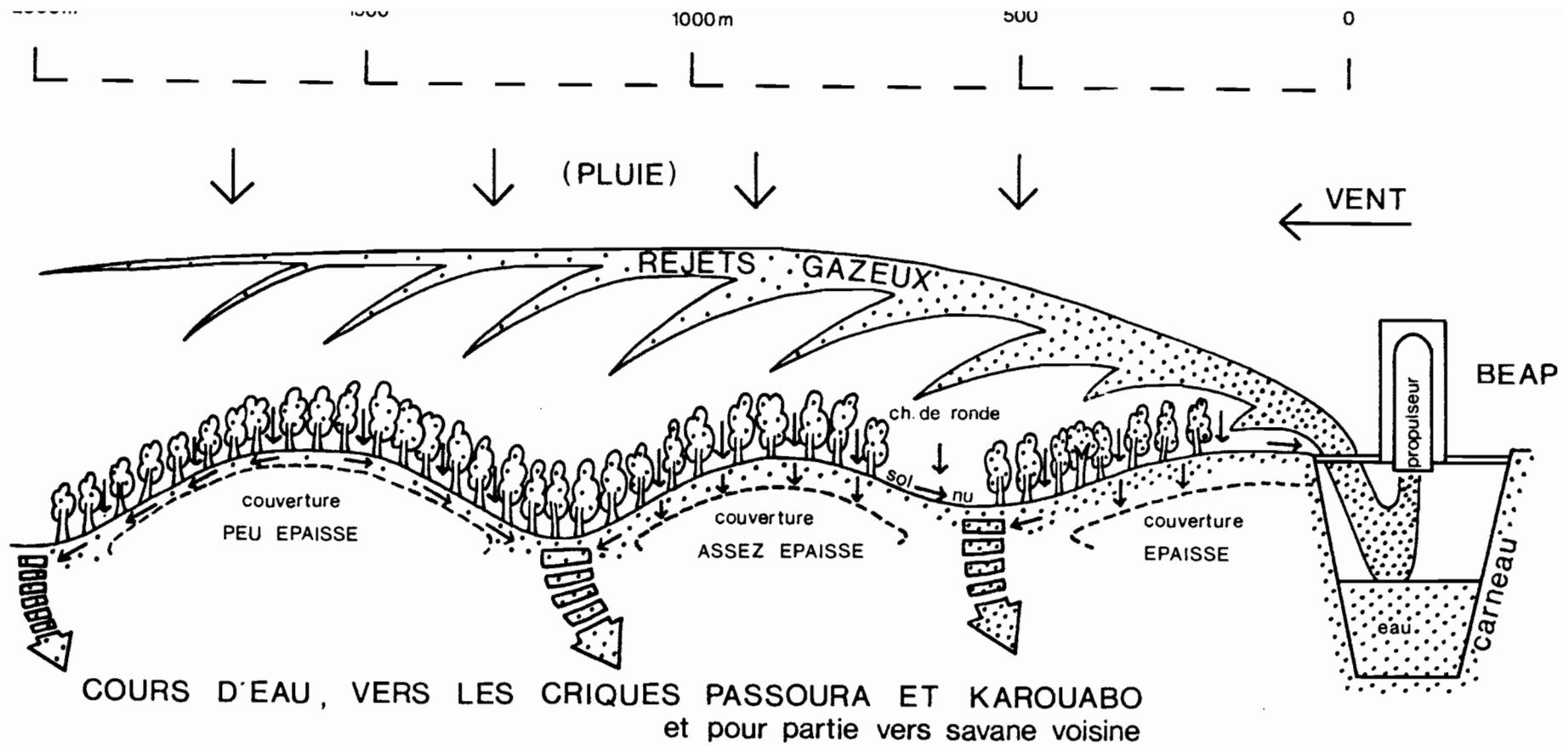
On peut donc considérer que les sols les plus épais ralentissent fortement les flux hydriques et immobilisent relativement les polluants.

On notera que cet effet tampon est surtout lié à l'importance des réserves hydriques. En effet, la fixation sur le complexe adsorbant est limitée, car la capacité d'échange reste faible sauf en surface. La neutralisation de l'acidité des polluants par réaction avec les constituants du sol est également limitée, car ces sols contiennent peu de minéraux susceptibles de libérer des bases.

* Les **sols les plus minces** développent des horizons perméables peu épais, et présentent des réserves hydriques modestes. Lors des pluies, ces horizons perméables sont rapidement saturés et l'eau en excès s'écoule latéralement, vers l'aval. Les polluants déposés en surface ne seront donc "emmagasinés" que pour une faible partie, et l'essentiel sera drainé, en surface (ruissellement) ou à faible profondeur, vers les talwegs voisins.

Les sols minces ont donc sans doute une faible capacité à immobiliser d'éventuels polluants, qui seront rapidement redistribués vers les axes de drainage et bas-fonds.

* Les **sols hydromorphes** de bas de pente et bas-fonds sont caractérisés par l'engorgement, temporaire ou permanent. En plus des polluants déposés à leur surface, ils peuvent recevoir, par drainage latéral, des eaux de l'amont plus ou moins chargées en éléments considérés. Le type de drainage qui prévaut dans les versants adjacents conditionnera donc l'intensité des pollutions dans les zones basses.



- - - Limite supérieure des horizons "secs au toucher", peu perméables.
- ↓ Cheminement schématique de l'eau dans le sol.
- ∴∴∴ Polluants plus ou moins concentrés (suivant densité du pointillé).

FIG. 8 : SCHEMA DE DISTRIBUTION DES REJETS (en coupe)

NOTES:

- les différents éléments ne sont pas présentés à la même échelle;
- la pluie survient **après** le passage du nuage (les essais sont à éviter en période pluvieuse).

Les sols sujets à un engorgement temporaire mais marqué, sols qu'on rencontre souvent en position de piémont, développent généralement un profil épais, avec une texture relativement argileuse. En dehors des périodes les plus humides, ils connaissent un drainage vertical profond, et d'éventuels polluants déposés en surface s'y distribueront sur une certaine épaisseur. Lors des périodes d'engorgement, et en plus des apports directs, on peut supposer que ces sols continueront à retenir les polluants tant que leur différence de concentration avec des eaux issues de l'amont l'autorisera. Par la suite, il est probable que la stagnation d'eaux moins chargées s'accompagnera d'une déconcentration de ces éléments dans le sol.

Les sols sujets à un engorgement plus durable voire permanent, en position de bas-fond, sont de deux types: sableux, ou argileux au coeur des bas-fonds principaux. Dans les deux cas, on peut supposer que la vitesse d'écoulement des eaux qu'ils contiennent est réduite, compte tenu des pentes et des altitudes faibles. Il est donc probable que ces milieux vont connaître une pollution durable, par apport direct et/ou drainage latéral. Les sols hydromorphes argileux vont sans doute retenir les polluants dans des proportions plus importantes et plus longtemps que les sols hydromorphes sableux, du fait de leur capacité d'échange plus élevée.

En résumé, on peut présumer que:

- **les polluants seront immobilisés dans les sols les plus épais (ou, du moins, ils seront très retardés dans leur arrivée aux talwegs);**
- **ils transiteront, sans doute assez lentement, dans les sols hydromorphes aval, avant de rejoindre les cours d'eau;**
- **ils seront peu retenus dans les sols les plus minces, qui connaissent un important drainage latéral.**

Les analyses chimiques sur les prélèvements effectués avant et après les essais nous éclaireront plus précisément sur la capacité des différents types de sols à fixer les éléments considérés, dans les différentes directions et pour les champs proches, moyens et lointains, en fonction également de la pluviométrie après les essais.

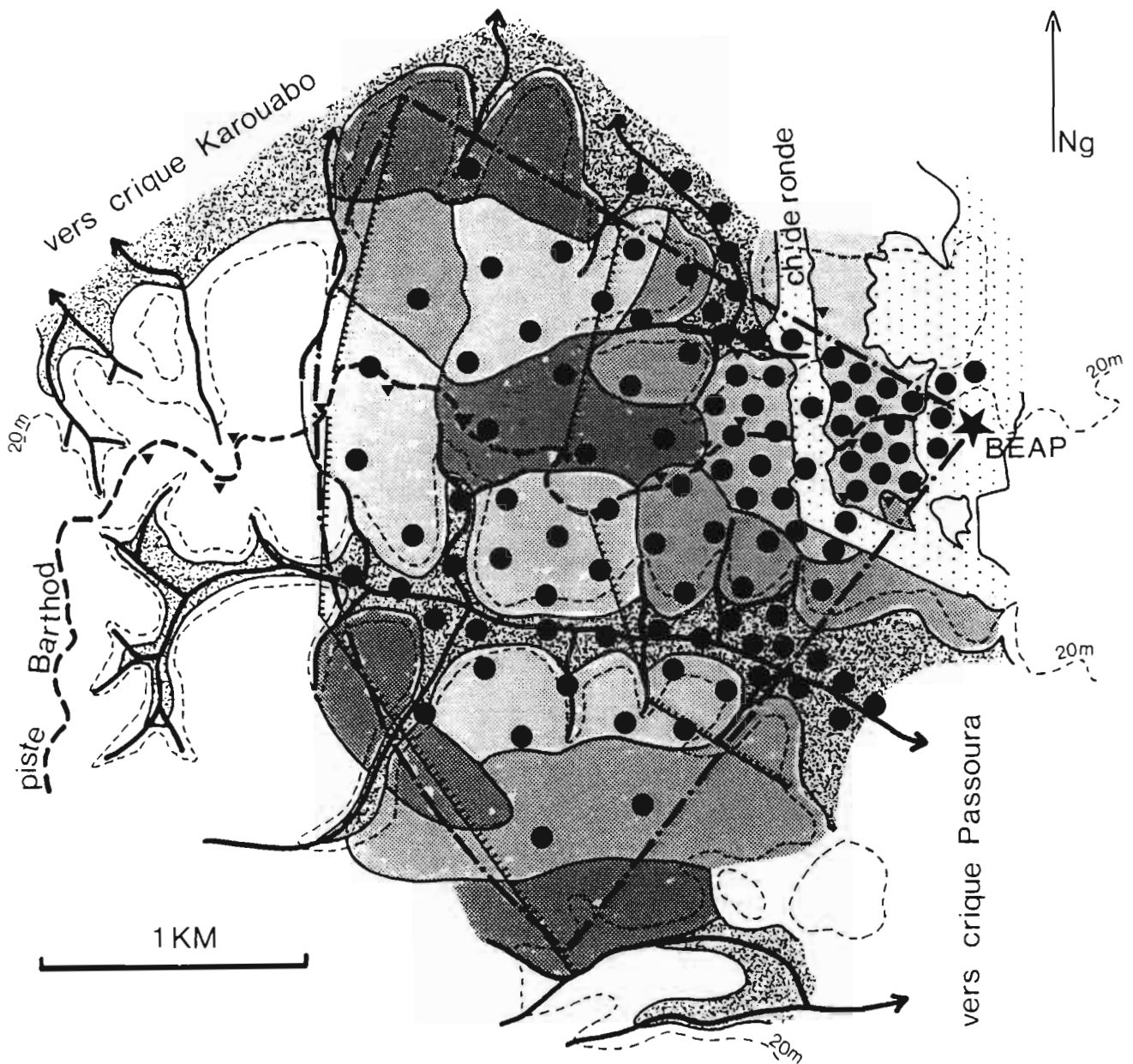
4.2 Pollution du périmètre

En fonction de la répartition des sols sur le périmètre et de leurs comportements respectifs, on peut proposer un modèle schématique de distribution des polluants après les essais (fig.8 et 9).

Pour ce faire, on suppose que les différentes directions, à l'intérieur du cône, seront touchées de manière équivalente pour l'ensemble des 10 essais.

4.2.1 Présentation en coupe

La figure 8 présente, en coupe, la distribution schématique des rejets, à peu près dans la direction de la piste Barthod.



- Courbe de niveau (20m)
- ▨ Layons ouverts lors de la prospection
- ● Polluants plus ou moins concentrés dans le sol, suivant densité des points
- Zones déforestées
- ▼ Sondages hors layon
- Couvertures pédologiques épaisses et assez épaisses
- ▨ Couvertures pédologiques mixtes
- Couvertures pédologiques peu épaisses et minces
- Sols hydromorphes sur argile sédimentaire

FIG. 9 : SCHEMA DE DISTRIBUTION DES REJETS DANS LE SOL, échelle 1/25.000

Les sols nus et remblais, à proximité immédiate du banc d'essais et au niveau du chemin de ronde, vont relativement peu retenir les rejets, du fait de ruissellements importants liés en particulier aux tassements par les engins de terrassement. Les polluants seront principalement entraînés dans le carneau, vers la savane voisine et les axes de drainage, Passoura et Karouabo.

Par contre, les sols sous forêt entre le BEAP et le chemin de ronde seront très probablement les plus touchés, et sans doute durablement, compte tenu d'une part de l'importance du nuage à proximité des essais, d'autre part de la capacité de ces couvertures épaisses à retenir l'eau, donc les polluants. On peut donc supposer que ces sols épais sous forêt, proches du banc d'essais, vont s'acidifier et s'appauvrir en cations nutritifs, mais ils ne devraient alimenter les talwegs que de manière limitée.

Les couvertures assez épaisses sous forêt, situées juste après le chemin de ronde, quoique plus éloignées du carneau et présentant un drainage interne moins profond (donc des réserves hydriques moindres), vont également retenir des quantités assez importantes de rejets.

Les talwegs environnants seront également touchés, principalement par apport direct, du fait de la relative épaisseur des sols des collines adjacentes; mais les pluies y occasionneront sans doute une dilution des polluants.

Au-delà, le nuage devenant moins important avec l'éloignement du BEAP, et les couvertures peu épaisses connaissant un fort drainage latéral, les polluants seront peu retenus, du moins à l'amont et dans les pentes des interfluves. Ils seront redistribués vers l'aval, transitant plus ou moins lentement par les sols hydromorphes, avant de rejoindre les cours d'eau.

4.2.2 Présentation en plan

La figure 9 présente, en plan, la distribution schématique des rejets, en supposant que toutes les directions du cône ont une probabilité égale d'être affectées.

Les sols sous forêt les plus proches du banc d'essais et les plus épais vont retenir les plus grandes quantités de polluants le plus durablement. Les concentrations fixées diminuent avec l'épaisseur des horizons perméables et à mesure qu'on s'éloigne du carneau.

Les sols nus, même proches du BEAP, resteront relativement peu touchés du fait de ruissellements importants.

Au contraire, les sols hydromorphes de talwegs et bas-fonds, même éloignés des essais, seront relativement touchés, du fait notamment d'une possible pollution indirecte suite au drainage latéral depuis l'amont; mais il devrait s'agir, pour l'essentiel, d'un transit des polluants, plus ou moins durable, avant de rejoindre les cours d'eau.

4.2.3 Remarques

On a supposé pour notre modèle que les différentes directions étaient touchées de manière équivalente, c'est-à-dire que sur les 10 essais, l'ensemble du site d'étude se trouvait à un moment ou à un autre sous le vent du banc d'essais. Si tel n'est pas le cas:

- avec des vents majoritairement de secteur Nord-Est, le Sud de la piste Barthod et le bassin de la Passoura seront les plus affectés; l'effet sera donc plus marqué vers le Sud;

- avec des vents majoritairement de secteurs Est et Sud-Est lors des essais, le Nord de la piste Barthod, le bassin de la Karouabo et la savane précédant le BEAP seront les plus touchés; l'effet sera donc plus marqué vers le Nord.

En fin de compte, la prédominance du vent dans l'une ou l'autre direction s'accompagne d'un déplacement des effets vers le Nord ou le Sud, mais ne modifie pas radicalement le schéma proposé, en particulier en coupe.

On notera également que l'occurrence de fortes pluies après les essais aura pour conséquence d'accentuer les contrastes: les sols les plus minces s'appauvriront plus rapidement en polluants, au détriment des sols hydromorphes dont la teneur augmentera, au moins temporairement. Les sols épais pourraient être le siège d'une redistribution en profondeur des éléments considérés. Suivant les cas, les pluies s'accompagneront donc d'une redistribution des polluants vers l'aval ou la profondeur.

5. PRELEVEMENTS POUR ANALYSES CHIMIQUES

49 sites ont fait l'objet de prélèvements, sur les 4 layons et près du chemin de ronde (voir Annexes):

- 5 ont été échantillonnés près du chemin de ronde (champ proche), n°49 à 53;
- 11 ont été échantillonnés sur le layon I (n°1 à 10), 8 sur le layon II (n°11 à 19), soit 19 en champ moyen;
- 15 ont été échantillonnés sur le layon III (n°20 à 38), 10 sur le layon IV (n°39 à 48), soit 25 en champ lointain.

Deux prélèvements ont été effectués sur chaque site échantillonné, l'un à 0-20cm de profondeur, l'autre à 40-50cm (sauf pour le n°48, prélevé seulement à 0-20cm).

Sur chaque échantillon seront réalisées, au Centre ORSTOM de Cayenne, les analyses chimiques suivantes:

- pH H₂O et pH KCl;
- taux de carbone et taux d'azote;
- capacité d'échange et bases échangeables (Ca, Mg, K...);
- aluminium échangeable;
- phosphore total ou assimilable.

Ces prélèvements avant les essais seront complétés de prélèvements après le premier essai, d'une part, après le quatrième essai, d'autre part. La comparaison des résultats d'analyses aux différentes périodes permettra d'apprécier l'impact des rejets sur le sol, d'un point de vue chimique.

6. BIBLIOGRAPHIE

- J. BARRUOL, 1959.- Carte géologique au 1/100.000^e, feuille de Kourou et notice explicative. Ministère de l'Industrie et du Commerce, Paris, 17p.+ carte.
- B. BARTHES, 1984.- Prospection IRCA: cartographie des sols sur la concession du GERDAT (CIRAD) à Sinnamary (Guyane). ORSTOM, Cayenne, 42p.+ carte et coupes.
- B. BARTHES, 1989.- Etude agropédologique sur une parcelle en manioc à Mana, Guyane (projet UTAP). ORSTOM, Cayenne, 21p.+ carte et coupes.
- B. BARTHES, 1990.- Cartographie des sols, propriétés agronomiques et possibilités d'extension de Rocoucoua - Sud (Iracoubo). ORSTOM, Cayenne, 21p.+ carte et coupes.
- R. BOULET, 1986.- Carte pédologique du périmètre de Rocoucoua, commune d'Iracoubo. ORSTOM, Cayenne, 3p.+ carte.
- R. BOULET, 1990.- Organisation des couvertures pédologiques des bassins-versants ECEREX. Hypothèses sur leur dynamique. In Mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais, opération ECEREX. J.M. SARRAILH (dir.). Coll. Ecologie et Aménagement Rural, INRA, Paris - CTFT, Nogent, pp 15-45.
- R. BOULET, J.M. BRUGIERE & F.X. HUMBEL, 1979.- Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane Française septentrionale. Sc. du sol, 1: 3-18.
- ECOPOL, 1988.- CNES, CSG. Etude d'impact d'un banc d'essai des étages d'accélération à poudre d'Ariane V. Etude relative aux rejets gazeux. ECOPOL, Paris, 52p.+ annexes.
- J.M. GUEHL, 1984.- Dynamique de l'eau en forêt tropicale humide guyanaise. Ann. Sci. For., 41 (2): 195-236.
- M.F. PREVOST & D. SABATIER, 1988.- Complément à l'étude d'impact du banc d'essais des étages d'accélération à poudre d'Ariane V. Etude relative à l'impact des rejets gazeux sur l'environnement. ORSTOM Cayenne, 30p.
- L. VEILLON, 1990.- Sol ferrallitiques et podzols en Guyane septentrionale. Relations entre systèmes de transformations pédologiques et évolution historique d'un milieu tropical humide et forestier. Thèse Doctorat Paris 6, 194p.

ANNEXE: EMBLACEMENT DES PRELEVEMENTS POUR ANALYSES CHIMIQUES

prélèvement	N°	distance en mètres (sur le layon)						
layon I	1	80						
	2	280						
	2'	400						
	3	540						
	4	755						
	5	855						
	6	910						
	7	1060						
	8	1170						
	9	1240						
	10	1300						
layon II	11	40						
	12	180						
	13	240						
	14	410						
	15	545						
	16	575						
	(17	650)	*	"	"	"	"	"
	18	760						
	19	875						
layon III	20	105						
	21	150						
	(22	270)	*	"	"	"	"	"
	23	395						
	24	515						
	25	620						
	26	810						
	27	890						
	(28	1060)	*	"	"	"	"	"
	29	1165						
	30	1275						
	31	1335						
	(32	1465)	*	"	"	"	"	"
33	1575							
34	1740							
35	1840							
(36	2020)	*	"	"	"	"	"	
37	2230							
38	2345							
layon IV	39	45						
	40	165						
	41	280						
	42	440						
	43	515						
	44	615						
	45	745						
	46	850						
	47	975						
	48	1075						
chemin	49	Pas de prélèvement 40-50cm sur ce site.						
de ronde	50	Près de R7, mais en sommet de colline.						
(hors	51	Près de R8, mais au bord du chemin de ronde.						
layon)	52	Près de R2, mais plus près du chemin de ronde.						
	53	Sur R3						
	53	Sur R4						