ESSAI AU BLEU DE METHYLENE DANS LE DOMAINE DES SOLS ET DES GRANULATS

Min
Cent
930,
6e é
Qué
G1S

CANQ
TR
GE
RC
138

471422

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

MINISTERE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
~~200, Rue Dorchester sud, 7e~~
~~Québec (Québec)~~
~~G1K 5Z1~~

ESSAI AU BLEU DE METHYLENE DANS LE DOMAINE DES SOLS ET DES GRANULATS

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

84 22 31

RECU
CENTRE DE DOCUMENTATION
AOU 20 1985
TRANSPORTS QUÉBEC

Paul Flon, ing.
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Québec

JUIN 1985

CANQ
TR
GE
RC
1389

TABLE DES MATIERES

page

AVANT-PROPOS I

I - INTRODUCTION 1

II - UTILISATION DE L'ESSAI DANS LE DOMAINE DES SOLS 2

II-1 Généralités 2
II-2 Relation VB versus % de particules fines 2
II-3 Différenciation des particules fines 4
II-4 Autres corrélations 6
II-5 Remarques 7

III - UTILISATION DE L'ESSAI DANS LE DOMAINE DES GRANULATS 9

III-1 Matériau à forte valeur au bleu 9
III-2 Matériau à faible valeur au bleu 9
III-3 Précision de l'essai 10
III-4 Problèmes de répétabilité 12

IV - TRAVAUX DE RECHERCHE ULTERIEURE 13

V - CONCLUSION 15

BIBLIOGRAPHIE 17

TQ
L'
1132

LISTE DES FIGURES

Page

1 : Relation entre la valeur au bleu et le pourcentage de particules fines 18

2 : Relation entre la surface spécifique (SS) et la quantité de phyllosilicates et d'amorphes 19

3 : Relation entre la fraction argileuse et la quantité de phyllosilicates et d'amorphes pour des argiles du centre du bassin de la mer Champlain 20

4 : Relation limite liquide - Valeur au bleu 21

5 : Relation indice de plasticité - Valeur au bleu 22

6 : Relations entre la surface spécifique (SS) et: w_L , w_p et I_p 23

7 : Relations entre la quantité de phyllosilicates et d'amorphes (PA) et: w_L, w_p et I_p 24

8 : Relation Indice de plasticité vs Valeur au Bleu 25

9 : Droite de régression entre le passant 5 microns et la Valeur au Bleu pour les granulats 26

10 : Critère d'identification des sols par la Valeur au Bleu, au Laboratoire Central des Ponts & Chaussées en France 27

11 : Granulométrie de sols fins à partir de la Valeur au Bleu (VB) obtenue à partir d'échantillons dont le diamètre maximum des éléments est 2 mm. 28

ESSAI AU BLEU DE METHYLENE

Avant-propos

Développé en France (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) en 1980, l'essai au bleu de méthylène est pratiqué au laboratoire Central du MTQ depuis quatre ans. Une compilation a été réalisée pendant l'été 1984, de tous les essais effectués sur les sols en 1983 et début 84 (environ 750 données).

Cette note fait le point de ces années de pratique au laboratoire: une utilisation raisonnable d'un tel essai en géotechnique et en technologie de granulats est précisée, et un travail de recherche ultérieure est proposé.

La compilation de l'été 1984 a été réalisée par Alain Bilodeau, sous la supervision de Gérard Moreau et Guy Dallaire, suite aux essais réalisés par Nelson Dubé, Alain Arial, Claire Rousseau, Marcel Brais, Mario Bouchard, Mario Crispo.

I - Introduction

Il est admis que l'adsorbtion du bleu de méthylène est fonction des deux points suivants:

- la surface spécifique totale des particules, c'est-à-dire les surfaces externes et internes; celles-ci sont en fait les espaces interfoliaires et sont beaucoup plus grandes que les surfaces externes.

- l'état de charge de cette surface, c'est-à-dire les sortes d'ions présents sur la surface; ces sites de charges superficielles négatives fixeront des cations quand les particules seront mises en présence d'une solution ionique comme la solution de bleu de méthylène; certains liens chimiques plus ou moins forts seront ainsi créés entre les molécules de bleu et les charges de cette surface, en rapport avec "la valeur au bleu" trouvée.

L'adsorbtion de bleu est négligeable sur les particules inertes, mais importante et rapide sur les particules argileuses. La quantité de bleu adsorbée par un mélange est égale à la somme des quantités de bleu adsorbées par toutes les espèces argileuses ou inertes qui entrent dans sa composition.

Le processus opératoire permet d'obtenir une valeur au bleu (VB) avec une précision de ± 7%, d'après le LCPC. Les écarts sont sans doute dus en grande partie à la méthode de dosage.

II - Utilisation de l'essai dans le domaine des sols

1) Généralités

En définitive, on peut affirmer qu'un sol adsorbera proportionnellement d'autant plus de bleu de méthylène que la quantité d'argile qu'il contient est importante, et que cette argile développe une surface spécifique élevée et abondamment chargée. La valeur au bleu est donc une évaluation globale de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse du matériau testé. Malheureusement, la quantité n'est appréciée au laboratoire que par l'essai granulométrique; on relie donc la valeur au bleu (VB) à la sédimentométrie, pour l'instant le seul système de classification de la grosseur des particules fines. En plus du fait que c'est un essai long, coûteux et imparfait, il ne fait pas la différence entre les particules fines argileuses et les particules fines inertes.

2) Relation VB versus % de particules fines

La valeur VB est donc reliée à un pourcentage de particules fines qui peut être très différent d'un sol à l'autre, même si ces sols ont la même VB. La compilation effectuée au laboratoire Central a permis de tracer les courbes de la figure 1, qui permettent à partir de la valeur au bleu, d'obtenir le pourcentage de l'ensemble des particules fines, inertes ou non.

On a rencontré des matériaux, de valeur au bleu très faible (VB < 0,2), qui avaient des pourcentages de particules inférieures à 1, 2 ou 5 µm supérieurs à 20, 30, 40, 50% (et même 80% pour les éléments inférieurs à 5 µm). Ces matériaux contiennent beaucoup plus de particules fines inertes que d'argile, et proviennent de la dégradation de roches ou de sols granulaires. Dans les milieux à déposition argileuse, marine ou lacustre, cette "farine de roche" est moins présente, de moins en moins présente proportionnellement si VB augmente. On a donc de plus en plus de chances que la relation (fig. 1) soit exacte au fur et à mesure que VB est plus fort, tout simplement parce que le pourcentage d'argile étant

plus élevé, celui d'inerte diminue; l'écart entre les pourcentages de fines de deux sols à VB identique est donc davantage réduit pour des valeurs plus fortes de VB. Ceci est en fait surtout valable pour un type de sol donné pour lequel la qualité serait toujours la même, car il faut se rappeler que c'est aussi la qualité de l'argile qui fait croître ou diminuer VB.

Remarquons qu'il existe des particules fines qui peuvent avoir une porosité ou des anfractuosités telles que leur surface n'est plus négligeable. On peut trouver aussi des particules provenant de broyage de roches altérées, si peu altérées soient-elles, que l'on qualifie à tort d'inertes puisqu'elles ont des nodules argileuses.

Pourtant, la relation établie à la figure 1 est tout de même relativement fiable puisque les coefficients de corrélation trouvés sont bons:

VB versus % <1 µm : $r = 0,89$
VB versus % <2 µm : $r = 0,89$
VB versus % <5 µm : $r = 0,86$

Cette bonne corrélation montre que pour certains sols cohérents, et en particulier pour les dépôts argileux du Québec (puisque la compilation s'est faite sur ces sols), la teneur en matières inertes est relativement proportionnelle à la teneur en argile.

Les 750 données compilées proviennent de toutes les régions du Québec, mais sans doute essentiellement de la vallée du St-Laurent; il est probable que la corrélation aurait été encore meilleure si toutes les données provenaient de la partie centrale de la mer Champlain.

De plus, les argiles marines ou lacustres du Québec ont été approximativement déposées dans les mêmes conditions, et contiennent plus ou moins les mêmes minéraux d'un bout à l'autre de la Province. Par exemple, on ne retrouvera nulle part de montmorillonite, minéral qui fait varier VB très fortement à cause de sa surface spécifique très élevée. En inscrivant tous les points sur la fig. 1, on pourrait probablement constater que cette proportion, donc la corrélation, est moins bonne pour les faibles valeurs de VB et meilleure pour les fortes valeurs, pour la raison indiquée plus haut, et pour la raison suivante: plus ces sols ont été déposés près du bouclier canadien ou des Appalaches, plus ils sont silteux et comportent

des particules inertes provenant de la dégradation de ces massifs anciens. Pour une faible valeur de VB, on pourrait donc avoir un pourcentage très fort de particules fines, non décelé par la fig. 1. On devra donc vérifier la provenance du matériau testé, et associer cette donnée à celle de VB.

Par ailleurs, pour des raisons de calculs automatiques, les courbes de la fig. 1 ont un certain degré d'imprécision: le % de particules serait aussi donné à ± 5% près au moins, ce qui correspond à une variation sur VB de 0,1 à 0,5 selon la courbe choisie. Ces courbes ne sont donc fiables que pour VB supérieur à environ 0,25, ce qui laisse le doute entier sur certaines analyses de matériaux granulaires, à faible teneur en particules actives.

De plus, il reste essentiel de connaître le pourcentage passant 80 µm (ou 75 µm) à l'aide du tamis approprié, afin de mieux évaluer la proportion d'inertes. Même si la corrélation est moins bonne, on peut tout de même relever le coefficient $r = 0,68$ (Bilodeau 1984) de la courbe VB versus % <80 µm.

3) Différenciation des particules fines

Il existe des méthodes pour séparer les diverses fractions des éléments fins, mais elles demandent du matériel spécialisé et sont donc en général onéreuses. Locat (1982) utilise la méthode de Ségalen (1968) pour quantifier les amorphes (silice, alumine, fer...) basée sur un dosage par spectrophotométrie; il adopte la technique d'analyse minéralogique (précision: ± 5% relatif), de Foscal-Mella (1976) pour identifier les quantités de minéraux primaires (feldspath, quartz, microline, hornblende, dolomite, calcite...), puis de phyllosilicates plus amorphes (par différence entre entre le poids sec total et le poids des six minéraux primaires), et enfin d'illicite (par dosage avec le potassium).
Rappelons que nos argiles postglaciaires de l'Est du Canada (argiles de Champlain surtout) sont composées en majeure partie de minéraux primaires (dans l'ordre d'importance qui vient d'être indiqué). Les phyllosilicates (fraction argileuse) composent en général moins de 30% du sol; le phyllosilicate dominant est l'illite, puis la chlorite. La dernière partie (moins de 20%) est constituée d'amorphes qui sont en majorité de la silice, puis de l'alumine, et un peu de fer.

Le bleu de méthylène, directement fonction de la surface spécifique, est non seulement adsorbé par les phyllosilicates, mais aussi par les amorphes, comme l'indique la figure 2 (Locat 1982); ces deux sortes de minéraux sont hydrophiles. Par contre, les particules inertes, ou minéraux primaires, développent des surfaces beaucoup plus faibles que celles des argiles: dix fois moins à 1 µm cent fois moins à 10 µm (Tourenq 1982).

Locat (1982) pense que cette relation (fig. 2) est bonne pour nos argiles parce que les phases minérales présentes sont à peu près les mêmes, et que ce sont surtout les proportions qui changent d'un bassin à un autre, pour une même granulométrie; l'écart du point 12 par exemple (fig. 2) est dû à une différence minéralogique (ce site, St-Alban, contiendrait un pourcentage de kaolinite non négligeable). En fait, comme on a en général plus de 50% de minéraux primaires, moins de 50% de phyllosilicates (moins de 30%) et d'amorphes (moins de 20%), un peu partout au Québec, les proportions ne varient qu'à l'intérieur de cet ordre de grandeur; en d'autres termes, si on avait trouvé trop de points à VB = 0,5 et à 80% de particules fines (beaucoup de particules inertes et peu d'argile), la fig. 1 n'aurait pas pu être tracée avec une bonne corrélation; de la même façon, la proportion de phyllosilicates et d'amorphes à la fig. 2, aurait été plus faible et la corrélation moins bonne.. D'autre part, l'influence du changement de proportion d'un bassin à l'autre est moins importante que ne le serait la présence de minéraux à surface spécifique complètement différente, comme la kaolinite (5 à 20 m^2/g) ou la montmorillonite (800 m^2/g). De tels sols ne seraient pas du tout le long de la droite de régression, ni de la figure 1 ni de la figure 2. Même si l'on sait pertinemment que la majorité des argiles postglaciaires au Québec sont constituées d'illite (40 à 80 m^2/g), on doit donc aussi être conscient de cette démonstration avant d'appliquer la corrélation.

Par ailleurs, la fig. 3 confirme la véracité d'une telle démonstration, tout en montrant que la relation de la fig. 1 est très plausible: ces données de Lebuis et Rissman (1979) sur la fig.3, proviennent d'échantillons de la région centre du bassin de la mer Champlain. Il est probable que les quelques 750 données compilées proviennent aussi en majorité de la région centre de la mer Champlain.

D'autres méthodes peuvent être employées pour identifier les différents minéraux et leur quantité, comme l'analyse chimique globale, la microscopie à balayage électronique...

4) Autres corrélations

Puisque l'essai au bleu, dans certains cas, est insuffisant pour bien identifier le pourcentage d'éléments fins, il peut être bon de vérifier en même temps certaines autres corrélations, pour préciser les caractères argileux du matériau testé.

La compilation sur les 750 échantillons montre aussi qu'il existe les relations suivantes:

figure 4: $VB = 0{,}1\ w_L - 1{,}5$; $r = 0{,}71$

$r = 0{,}67$

figure 5: $VB = 0{,}04\ I_p + 0{,}5$; $r = 0{,}67$

Ces corrélations sont confirmées par les travaux de Locat (1982) à la fig. 6 et 7: de la surface spécifique (SS) directement proportionnelle à la valeur au bleu VB (il semblerait que SS = 21 VB mais cette équation devrait être vérifiée), on remonte au pourcentage de particules actives (phyllosilicates et amorphes), par l'intermédiaire des limites; sur ces figures, seul le point 12 est un peu à l'écart, pour la raison déjà mentionnée.

Le LCPC en France donne aussi de bonnes relations entre les limites et la valeur au bleu, elles sont reproduites à la figure 8.

Toutes ces relations sont meilleures que celles qui sont tracées avec l'équivalent de sable ES: celui-ci doit être supérieur à 30, ou le matériau ne doit pas contenir trop de fines. La supériorité de l'essai VB par rapport à l'essai ES réside dans le fait que VB s'applique à tous les sols et granulats, tandis que l'ES représente "l'argilosité" du sol total dans le cas d'un sable, mais seulement celle de la fraction inférieure à 5 mm (ou 2 mm) dans le cas des granulats.

5) Remarques

Le LCPC note que les surfaces des particules du sol à l'état sec sont complètement accessibles par le bleu de méthylène qu'après un temps d'imbibation relativement long. Les résultats obtenus sur des échantillons humides sont environ 10% supérieurs à ceux obtenus sur des échantillons séchés, Il est donc recommandé d'effectuer l'essai sur une prise humide; si l'échantillon est séché, il doit être mis à imbiber au moins 12 heures à l'avance. L'influence de la température de séchage devra être relevée.

Les essais sont réalisés au laboratoire Central à partir du sol séché, mais il est laissé imbibé au moins 16 heures. Pourtant, une étude comparative menée en 1982 sur 16 prises d'essai, à raison de 2 essais sol humide-sol sec sur le même spécimen, a révélé que VB pouvait diminuer de 0 à 60% de la méthode humide à la méthode sèche. Une étude plus systématique devra être entreprise.

Sur la figure 1, la valeur au bleu est mesurée à partir du sol sec, et le pourcentage de particules fines aussi. Il faut donc continuer de cette façon là pour pouvoir utiliser la relation. Mais il faudrait aussi se demander si la relation ne serait pas différente dans le cas où l'un des deux facteurs, ou les deux, sont mesurés à partir du sol naturel. L'étude sédimentométrique réalisée sur les 16 mêmes échantillons en 1982 au laboratoire Central, a prouvé que le pourcentage d'éléments inférieurs à 80 µm et 5 µm, 2 µm, 1 µm pouvait diminuer quand on passe de l'état humide à l'état sec, faiblement pour 80 µm, mais fortement pour les autres (jusqu'à 25%). Il semble aussi que la pente des droites de la fig. 1 soit plus faible, dans le cas de mesures de VB et de % de particules sur sol humide. Cette indétermination devra être levée dans le cadre d'une étude plus complète.

Les valeurs au bleu couramment rencontrées pour nos sols québécois sont en général inférieures à 5. Des valeurs de 10-12 peuvent être facilement trouvées ailleurs, en France par exemple; il suffit que le matériau testé contienne davantage de particules à grande surface spécifique comme les montmorillonites.

Les argiles de la mer de Tyrell ou du lac Barlow-Ojibway devraient avoir le même genre de phases minérales et de proportions de particules inertes-actives, mais des vérifications ponctuelles, par groupe de prises d'essai devraient être effectuées.

III - Utilisation de l'essai dans le domaine de granulats

1) Matériau à forte valeur au bleu (VB >0,5 environ)

Si la fraction argileuse du granulat est importante, VB sera élevée et la relation (fig.1) est donc applicable, à la condition que les proportions et les phases minérales soient approximativement les mêmes que celles des sols argileux de la mer Champlain, pour lesquels la relation (fig.1) a été établie.

Si, par exemple, VB vaut 2 au lieu de 1 (en raison de la présence de particules à grande surface spécifique comme la montmorillonite, ou si le % de minéraux inertes est beaucoup plus fort que "la normale"), le % d'éléments inférieurs à 2µm est alors de 45% au lieu de 23% (figure 1), et le matériau est classifié comme étant beaucoup plus pollué qu'il ne l'est en réalité. L'inverse peut aussi se produire (VB = 1 au lieu de 2) mais beaucoup moins fréquemment car la courbe de la figure 1 a déjà été établie pour des sols à surface spécifique relativement faible; on a donc moins de chances de trouver beaucoup plus faible! D'autre part, si le % de minéraux argileux est plus élevé que "la normale" ("la normale" se référant toujours aux sols québécois qui font l'objet de la fig. 1), le % de particules fines trouvé par la fig. 1 sera surestimé, et le matériau peut aussi être qualifié de pollué alors qu'il ne l'est pas en réalité. Cette appréciation dépend aussi bien sûr de la sorte de pollution selon l'usage que devra remplir le granulat: une particule fine argileuse peut être considérée plus polluante que la même particule fine, mais inerte.

2) Matériau à faible valeur au bleu (VB ≤0,5 environ)

Si la fraction argileuse du granulat est très faible, VB est faible aussi, et on tombe dans la zone de la droite de régression (fig. 1) la moins fiable, pour les raisons décrites auparavant, et en particulier par le manque de précision (voir paragraphe suivant).

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
AOU 20 1985
TRANSPORTS QUÉBEC

De plus, on imagine que les particules fines (argileuses, amorphes ou inertes) qui enveloppent les matériaux granulaires, ne proviennent pas de la même source, n'ont pas été transportées ni déposées dans les mêmes conditions que celles de la mer Champlain; il n'y a donc aucune raison qu'elles soient de la même nature, ni dans la même proportion. En conséquence, les droites de régression de la figure 1 ne doivent pas être utilisées, et on doit en tracer d'autres adaptées aux sols granulaires québécois, voire pour chaque région, ou chaque dépôt, ou chaque gravière (ou carrière).

Ce travail de compilation a été commencé au laboratoire Central pendant l'été 1984, sur 22 échantillons. La relation trouvée (fig.9) s'écrit $y = 73 x - 5$ pour $y = \%$ <5 µm et $x = VB$. Le coefficient de corrélation est de 0,79. On remarque que l'équation n'est pas la même que celle des sols. Le nombre de mesures compilées devra cependant être beaucoup plus grand, ce qui est plus difficile à réaliser que pour les sols, car on fait moins de sédimentométrie dans le domaine des granulats. Notons aussi qu'une partie fine peut rester coller sur la partie pierre des granulats, qui devraient donc subir un lavage, afin de réaliser les essais sur vraiment toute la partie fine. La température de séchage doit aussi être notée.

Même si l'on trouve à l'avenir une bonne corrélation, on devra toujours se méfier des cas où le matériau contient une proportion de "farine de roche" beaucoup plus grande ou beaucoup plus petite que "la normale", définie par la future droite de régression; pour ces cas-là, l'équation mentionnée précédemment n'aurait pas de sens.

En définitive, on pourrait procéder à une première approximation globale et très grossière: si VB >0,5, il existe de bonnes chances que le granulat soit pollué, et si VB <0,5, on ne peut rien affirmer! Il est en particulier prématuré de vouloir établir une correspondance entre les exigences données actuellement dans le cahier des charges sur le % inférieur à 80 µm (ou 75 µm), et la valeur au bleu, tout au moins de l'utiliser; en effet, le % <75 µm peut être supérieur à 10% (présence de particules inertes) avec VB ≈ 0!

Quand on connaîtra la limite de pollution argileuse pour un granulat donné (donc la quantité maximum de bleu que le matériau peut fixer), on imagine que l'essai puisse se faire très rapidement (Tourenq1982), la réponse étant: matériau pollué, ou matériau conforme.

3) Précision de l'essai

On pourrait se questionner sur l'intérêt de ce travail de compilation et de recherche, étant donné la précision de l'essai, à ces faibles valeurs de VB. Rappelons (paragraphe II-2) que VB serait donné à ± 0,25 près, et le pourcentage de particules à ± 5%; cette précision est un ordre de grandeur pour les sols, et doit aussi être améliorée pour les granulats.

En effet, on a déjà prétendu que VB = 0,03 à 0,06 est une valeur acceptable pour un sable à béton, et que VB = 0,12 ne l'est plus, même si ces valeurs sont sans doute en deçà de la précision possible. Dans le cas d'une fondation inférieure de route, on prétend qu'il faut VB <0,20; pour l'autoroute 40 par exemple ou VB était voisin de 0,50, il a fallu enlever les matériaux!

La précision de l'essai sur les particules fines des granulats peut être accrue de la façon suivante:

- augmentation de la masse de la prise d'essai;
- exécution de l'essai sur une fraction plus fine que 2 mm (1 mm, 400 µm ou 80 µm); le tamis 400 µm serait une bonne moyenne (400 ou 425 µm);
- réduction de la dose de solution de bleu de 5 à 2 cm^3 dès le début de l'essai, puis de 2 à 1 cm^3 ou 0,5 cm^3, voire 0,2 cm^3;
- ajout de quelques grammes de kaolin industriel (VB ≈ 1); on détermine le VB exact du kaolin auparavant et on déduit du résultat de l'essai, la part de bleu adsorbée par le kaolin;
- lavage de la partie grossière, dans les cas évidents au moins;
- s'assurer que la température du séchage est inférieure à 60° C.

4) Problèmes de répétabilité

Un programme d'échange inter-laboratoire a été récemment mis sur pied: deux échantillons identiques de trois provenances différentes ont déjà été distribués à 6 laboratoires différents. Le nombre des données est très insuffisant et sera augmenté. On peut tout de même remarquer que VB a varié du simple au double (50%) au voisinage de VB = 0,05, de 30% au voisinage de VB = 0,1, et de 25% au voisinage de VB = 0,6. Le même opérateur aboutit par contre à la même valeur pour les deux échantillons identiques.

Il est pourtant clair que le processus d'essai est valable et qu'il faut donc lui conférer davantage de précision . Une expérience a été effectuée au laboratoire Central en 1980.

Dix échantillons ont été reconstitués de toutes pièces avec du sable granitique et un pourcentage allant de 2% à 20% d'une argile à poterie; les résultats de VB obtenus sont: 0,10; 0,20; 0,25; 0,35; o,40; 0,55; 0,65; 0,70; 0,80. La bonne progression tend à prouver que l'essai est bien répétitif mais manque tout simplement de précision.

Cette méthode de façonner des échantillons avec des proportions de particules argileuses et inertes parfaitement connues, serait sans doute un bon moyen pour obtenir des droites de régression avec un bon coefficient de corrélation.

IV - Travaux de recherche ultérieure

C'est donc surtout pour les granulats qu'il faut accumuler les données puis les compiler et les interpréter.

L'essai au bleu de méthylène ne donnera jamais un diamètre ou un pourcentage précis de particules fines (inférieures à 80 µm) mais peut devenir un bon critère de classification des sols et peut-être des granulats, c'est-à-dire un bon moyen d'identification. Ce genre de travail a été réalisé en France (Tran Ngoc Lan 1981) en 1980-81 (fig. 10), et amorcé au Québec (fig. 11) en 1982-83.

Pour ce faire, on doit relever systématiquement, parallèlement aux valeurs VB pour chaque prise d'essai, le symbole de la classification unifiée, et le plus possible des données suivantes: le pourcentage passant 80 mm, 5 mm, 2 mm, 80 µm, 5 µm, 2 µm, 1 µm; la limite de liquidité w_L, l'indice de plasticité I_p, l'équivalent de sable ES.

Il faudra aussi, de temps en temps, pour différents groupes de données à provenance différente, surtout quand on a des doutes sur l'origine et la composition de la prise d'essai, effectuer quelques analyses minéralogiques précises, principalement dans le domaine des granulats.

Par ailleurs, en même temps que l'essai au bleu, on devrait déterminer le ph de la solution sol-eau distillée; dans un premier temps, un kaolin de VB connue et stable pourrait être utilisé, en préparant des solutions acides, puis basiques. La norme ASTM prévoit pour cette solution, un ph compris entre 2,5 et 3,8; il est possible que l'échange d'ions se fasse moins bien, que donc VB soit moins précis, si le ph est supérieur à 3,8. Une compilation VB (BNQ) versus VB (ASTM) devrait aussi être entreprise.

Une étude sur l'importance de la température de séchage devrait être prévue, ainsi que sur le lavage ou nettoyage à sec de la partie grossière des sols et des granulats.

Enfin, à chaque fois qu'une figure est tracée, les points devront tous être placés sur la figure, de façon à voir les différentes zones de bonne ou mauvaise corrélation, pour la même courbe.

Au bout de tous ces efforts, il deviendra sans doute possible de mieux différencier les fines du sol, qui peuvent aller des farines de roches (fig. 10: D_3, D_4) aux argiles très plastiques (C_2 ou C_3), en passant par les matériaux peu ou pas argileux (E_1, E_2) ou les matériaux très argileux (E_3). On pourra envisager aussi de simplifier l'essai granulométrique selon l'usage (Tran Ngoc Lan 1981; cahier des charges du MTQ), en ne faisant que du lavage et deux ou trois tamisages. La classification des sols ne sera alors basée que sur la valeur au bleu et quelques diamètres de grains.

En dernier lieu, il serait bon d'analyser dès maintenant la possibilité d'employer la méthode turbidimétrique dans l'essai au bleu. Elle a été mise au point récemment au LCPC en France, et fait l'objet de la norme expérimentale AFNOR P 18-595 (Décembre 1981). Par cette méthode, l'adsorption du bleu est seulement fonction de la surface externe des particules fines, au lieu de la somme des surfaces externe et interne dans le cas de l'essai conventionnel; c'est dire que VB dépend seulement de la quantité des particules actives, et non plus des deux facteurs quantité et qualité. Le principal facteur d'incertitude de l'essai au bleu est ainsi éliminé, le deuxième facteur, celui de la proportion inerte-active, étant moins important pour une région donnée, ou pour un mode de déposition donné. L'inconvénient de cet essai "turbidimétrique" par rapport à l'autre, réside dans le fait qu'il nécessite un appareillage spécifique, comme un spectrophotomètre ou une pompe péristaltique.

V - Conlcusion

Une bonne corrélation (fig. 1) a été établie entre la valeur au bleu VB et le pourcentage de particules fines (5 µm, 2 µm, 1 µm); elle peut être utilisée dans le domaine des sols aux deux conditions suivantes:

- l'échantillon doit provenir des argiles postglaciaires de l'est du Canada, et principalement de la zone centrale de l'ancienne mer Champlain. S'il provient d'un dépôt proche d'un massif ancien (Bouclier Canadien ou Appalaches), ou d'un autre bassin à phases minéralogiques plus ou moins connues, ou différentes de celle de la mer Champlain, une analyse minéralogique détaillée devra être faite par groupe d'échantillons. C'est seulement dans le cas où la minéralogie est identique à celle de la mer Champlain, et où les proportions de particules inertes et actives se ressemblent, que la relation peut être appliquée; notons que la différence minéralogique est beaucoup plus importante que la différence de proportion.

- la valeur au bleu a beaucoup plus de chances d'être réaliste si elle est supérieure à 0,5. Si VB < 0,5, la relation n'est pas fiable, et une étude plus minutieuse devrait être réalisée; 0,5 est une valeur approximative.

La corrélation de la fig. 1 n'a pas de raison d'être valable pour les granulats, car la fraction argileuse des sols granulaires possède à priori une origine de formation différente de celle des sols fins de la mer Champlain, et donc possiblement des phases minérales différentes, et même variables d'un matériau à l'autre, d'un banc à l'autre, d'une gravière à l'autre ou d'une carrière à l'autre. D'autre part, VB est souvent inférieure à 0,5 pour les granulats, c'est-à-dire dans un domaine où la précision de l'essai doit être poussée, et où la relation est peut-être différente de celle établie pour VB > 0,5.

Une relation utilisable, probablement différente de celle des sols, semble cependant pouvoir être adaptée aux granulats, tout au moins pour une région ou une gravière donnée, et même pour de faibles valeurs au bleu; un travail de compilation s'impose.

Par ailleurs, de nombreuses données doivent être encore accumulées et compilées, avant que l'essai au bleu devienne un bon critère de classification et d'identification des sols et granulats. Son avenir paraît assuré, au point de pouvoir simplifier ou même supprimer selon le cas, d'autres essais conventionnels plus longs.

BIBLIOGRAPHIE

BILODEAU, ALAIN, 1984, "Utilisation de l'essai au bleu de méthylène en géotechnique. Compilation d'essais". Rapport interne. Laboratoire Central MTQ.

LEBUIS, J., RISSMANN P., 1979, "Les coulées argileuses dans les régions de Québec et Shawinigan". Ass. Géol. du Canada, Excursion B-11, pp. 19-40.

LOCAT, J., 1982, "Contribution à l'étude de l'origine de la structuration des argiles sensibles de l'Est du Canada". Thèse de Doctorat. Université de Sherbrooke.

TOURENQ, C., DENIS, A., 1982, "Les essais de granulats". Rapport de recherche LPC no. 114, chapitre IV. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris.

TRAN NGOC LAN, 1980, "L'essai au bleu de méthylène". Bull. liaison P. et ch. no. 107.

TRAN NGOC LAN, 1981, "Utilisation de l'essai au bleu de méthylène en terrassement routier". Bull. liaison P. et ch. no. III.

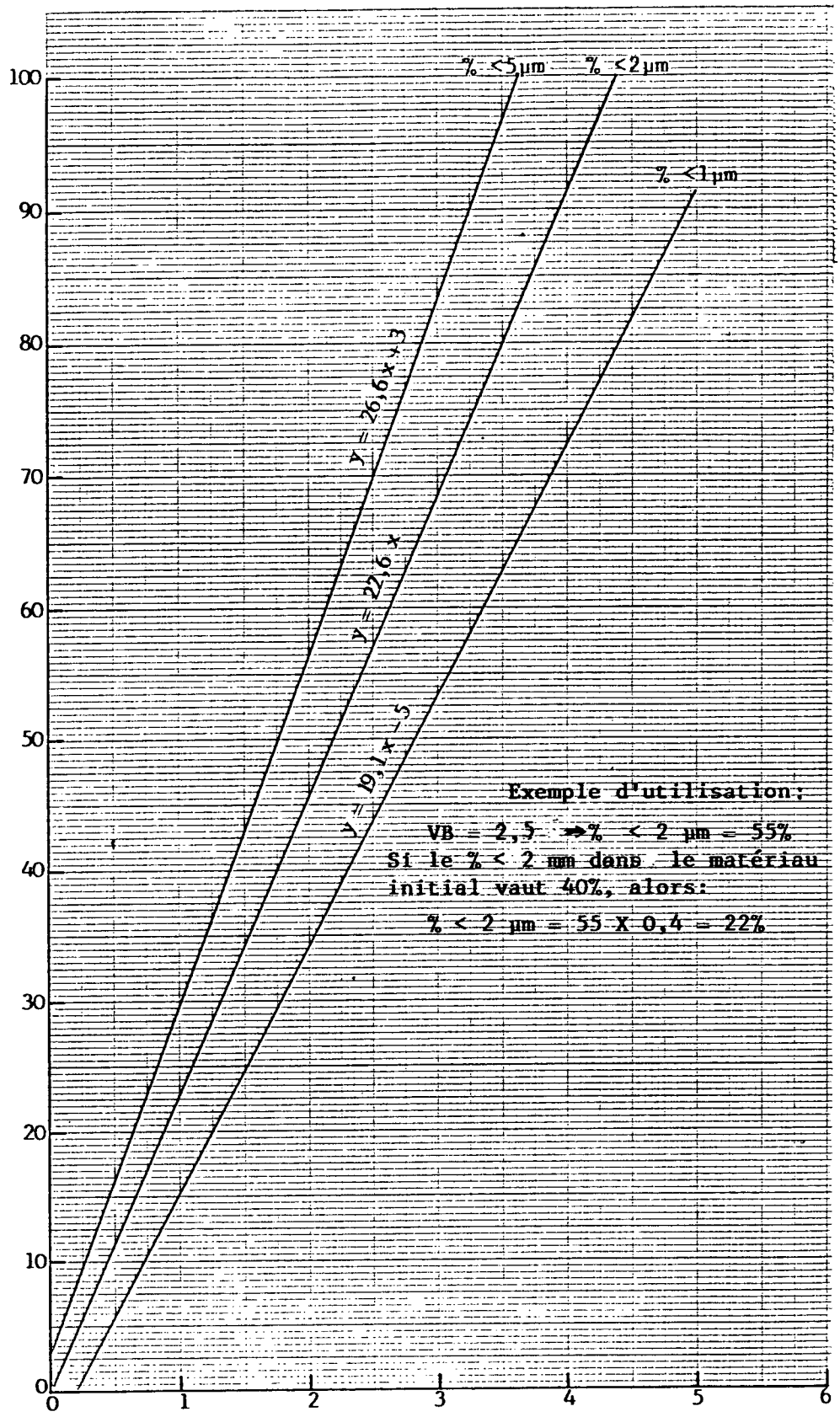


FIGURE 1: Relation entre la valeur au bleu et le pourcentage de particules fines.

D'après A. Bilodeau 1984

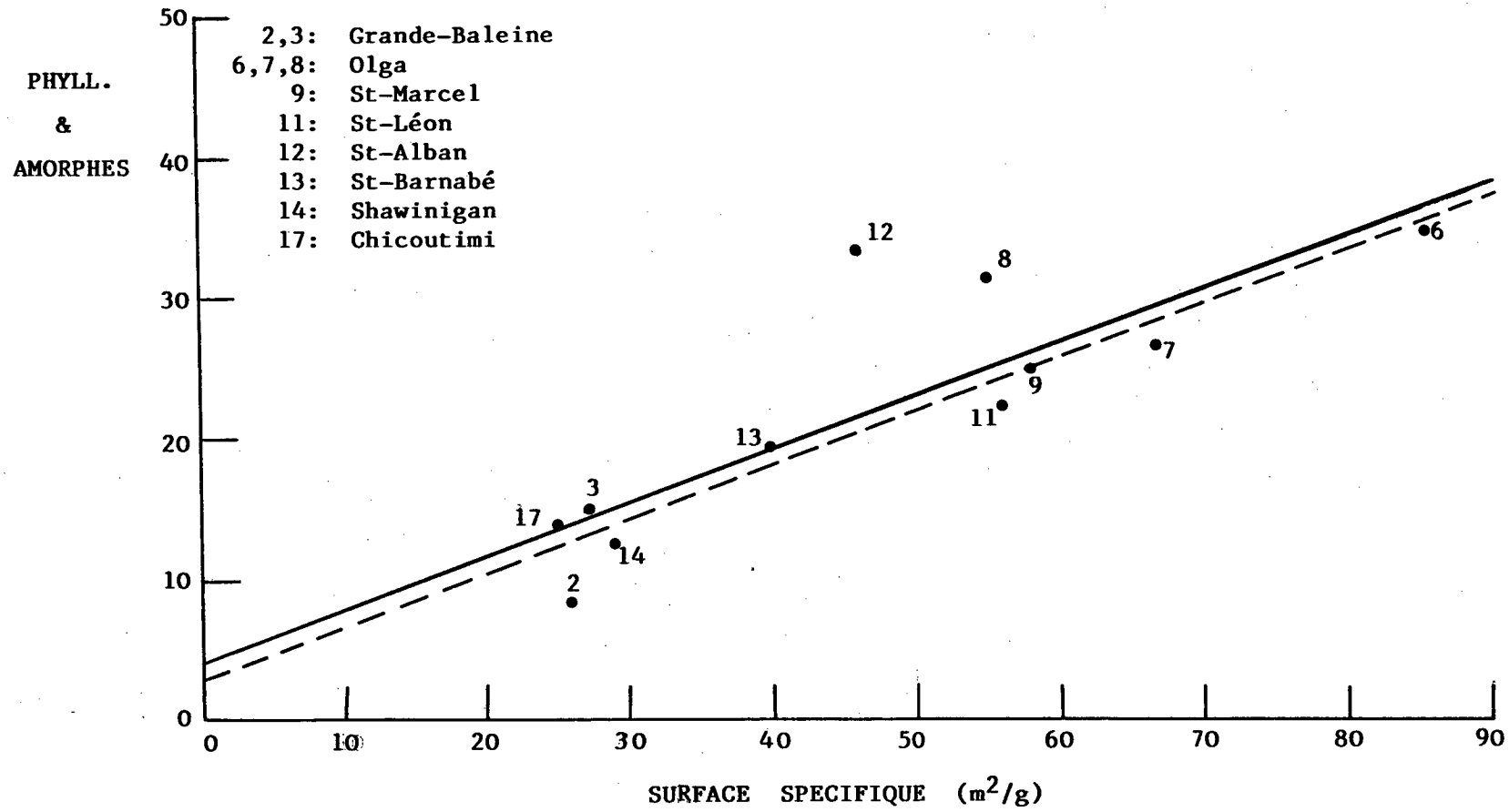


FIGURE 2: Relatim entre la surface spécifique (SS) et la quantité de phyllosilicates et d'amorphes

D'après Locat (1982)

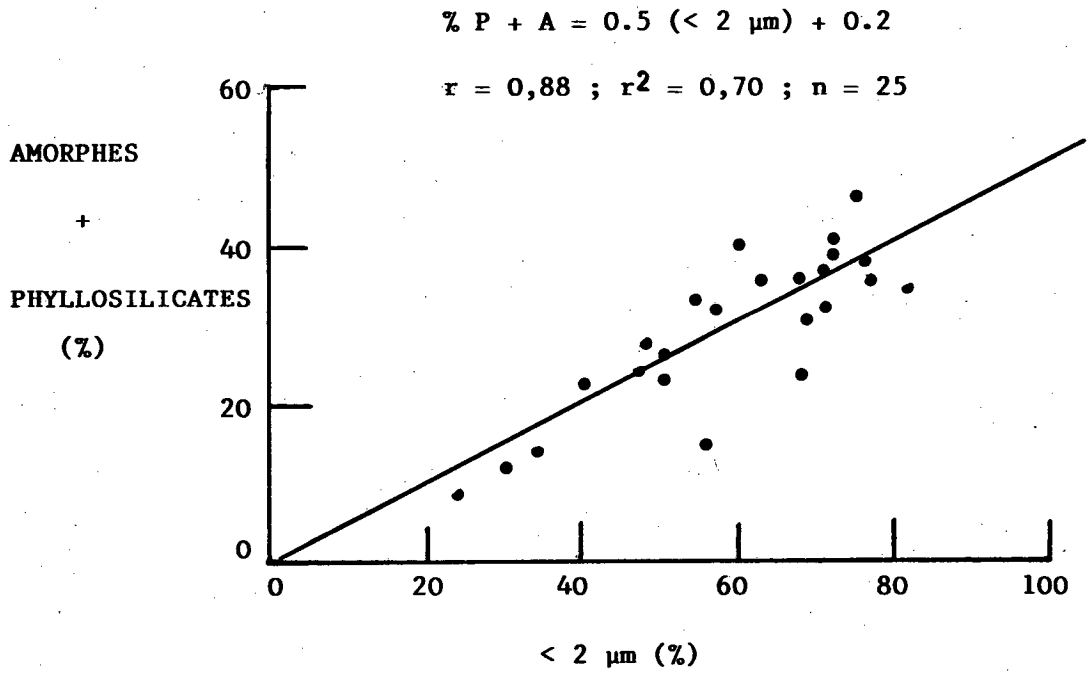
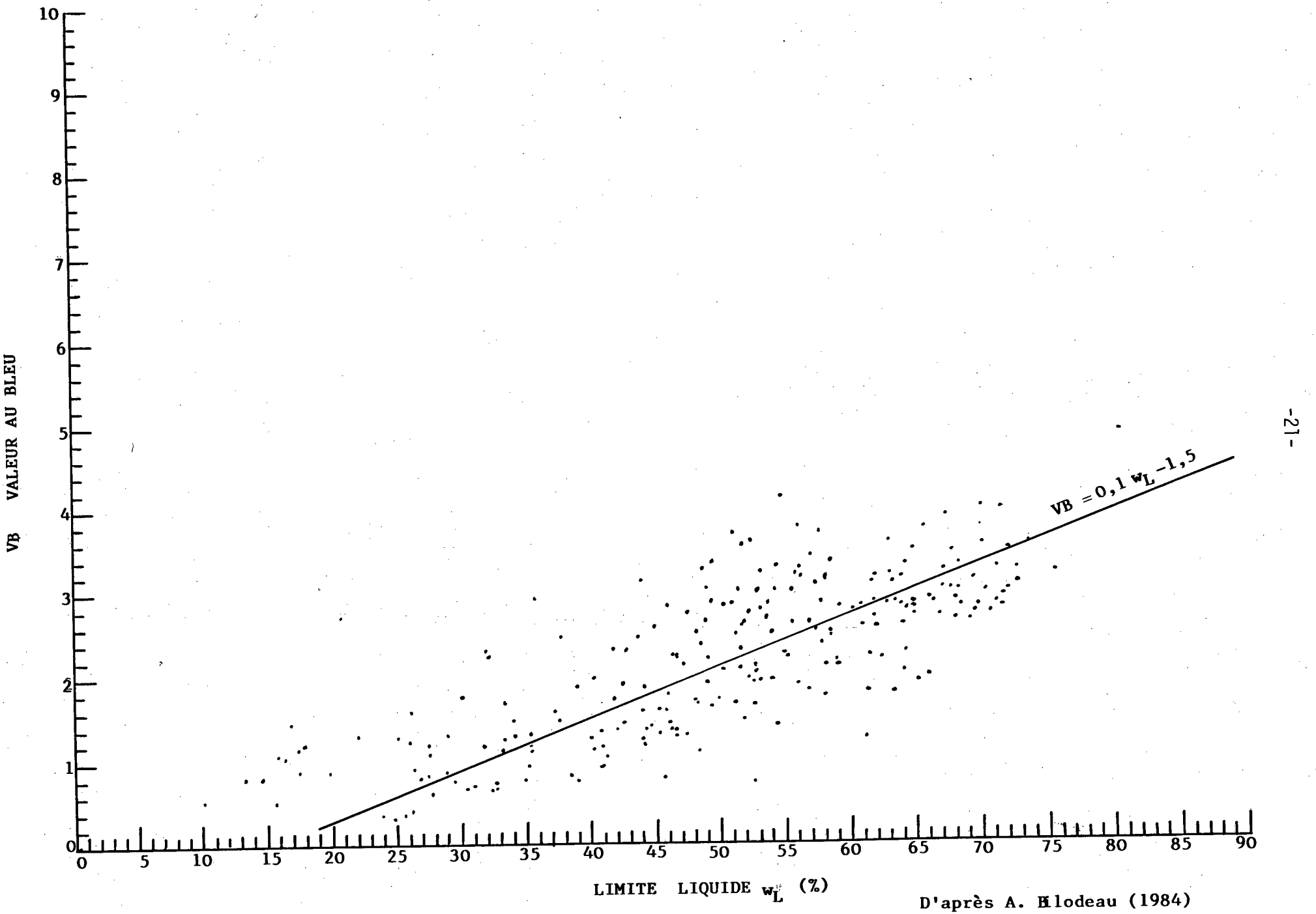


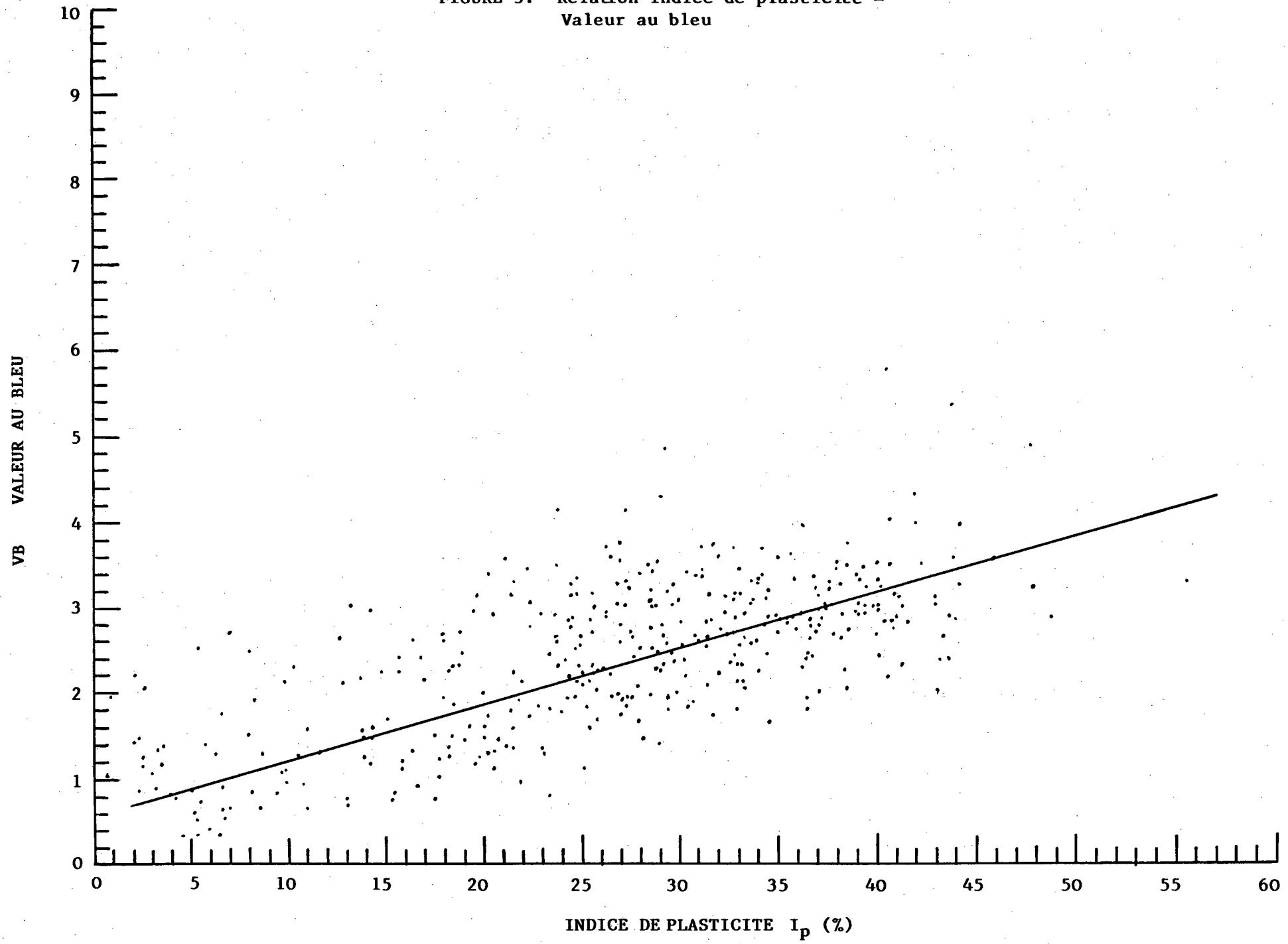
FIGURE 3: Relation entre la fraction argileuse et la quantiéé de phyllosilicates et d'amorphes pour des argiles du centre du bassin de la mer Champlain (LEBUIS et RISSMANN, 1979).

FIGURE 4: Relation limite de liquidité
Valeur au bleu

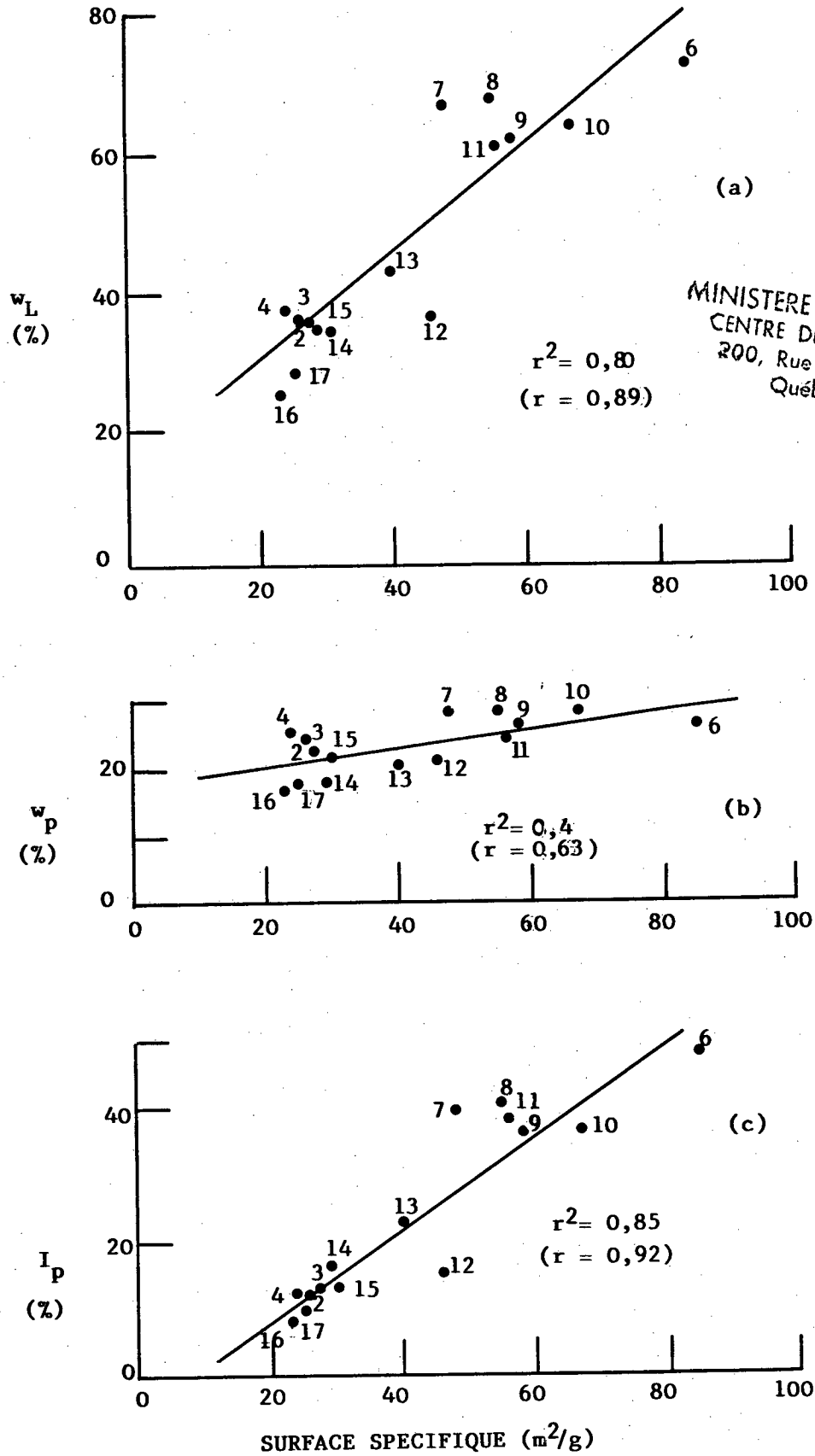


D'après A. Bilodeau (1984)

FIGURE 5: Relation indice de plasticité - Valeur au bleu



D'après A. Bilodeau (1984)



MINISTERE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester sud, 7e
Québec, (Québec)
G1K 5Z1

FIGURE 6: Relations entre la surface spécifique (SS) et: w_L, w_p, et I_p

D'après Locat (1982)

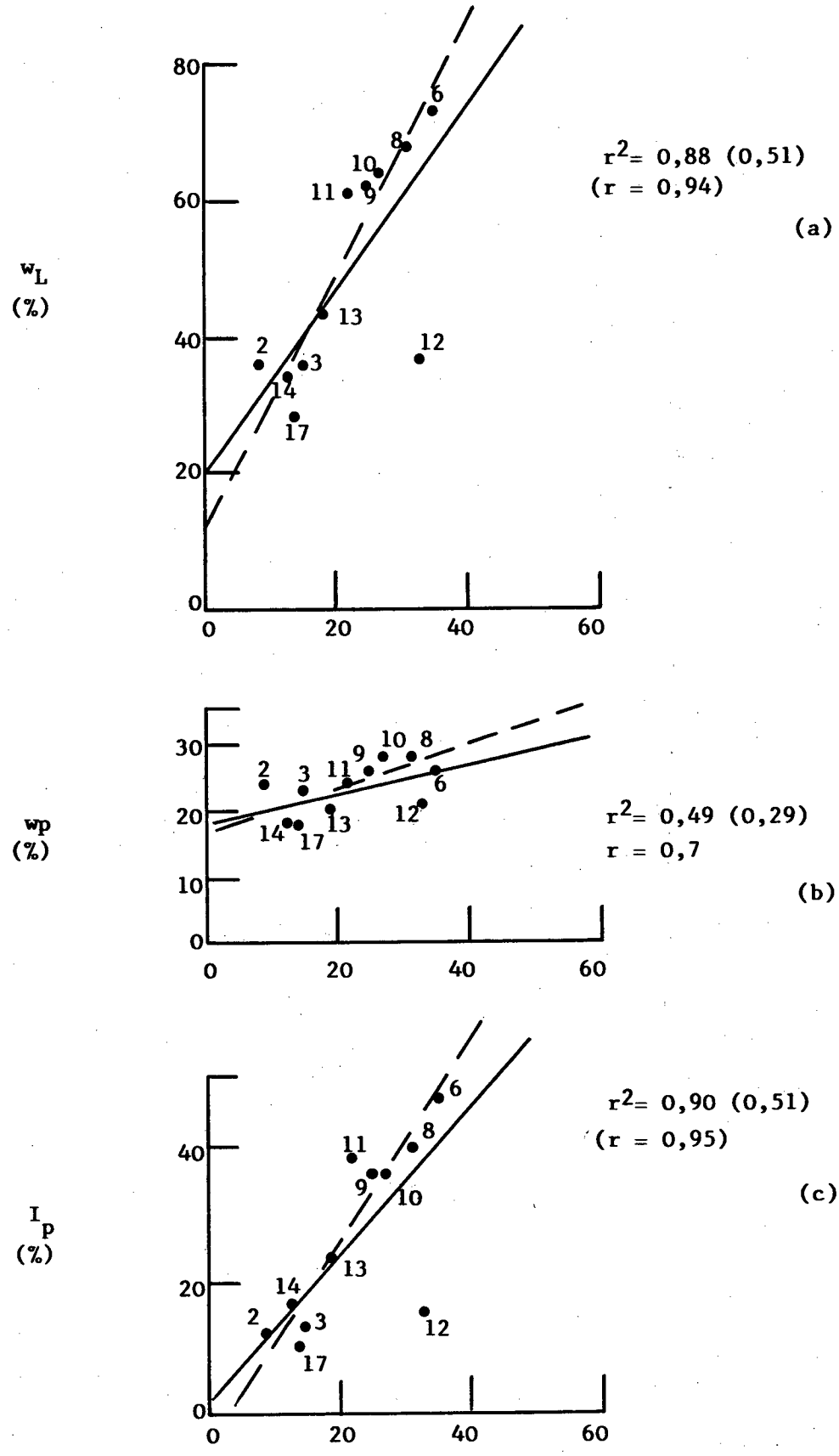
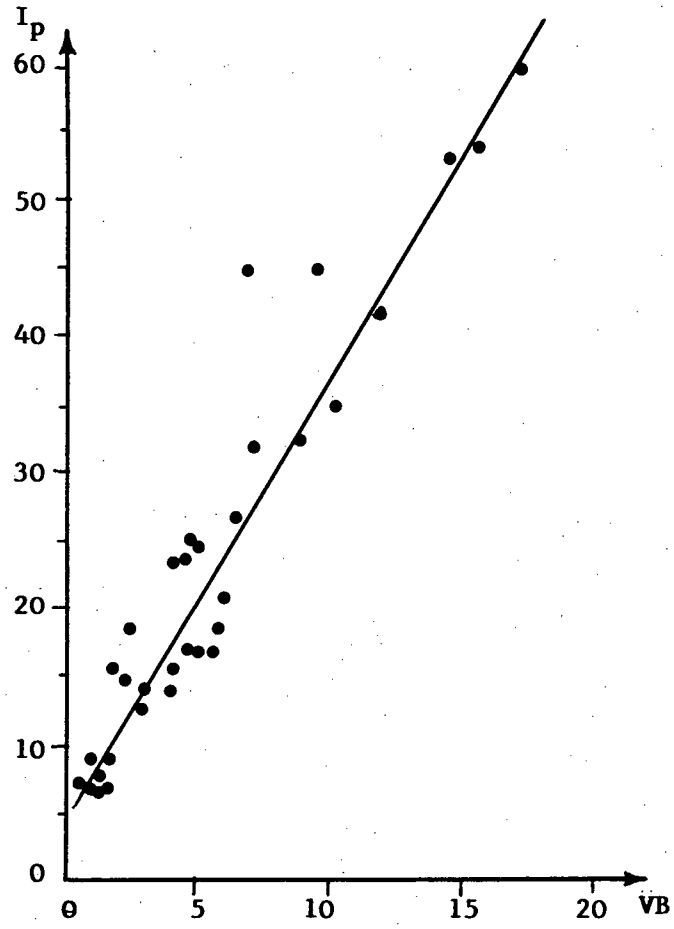
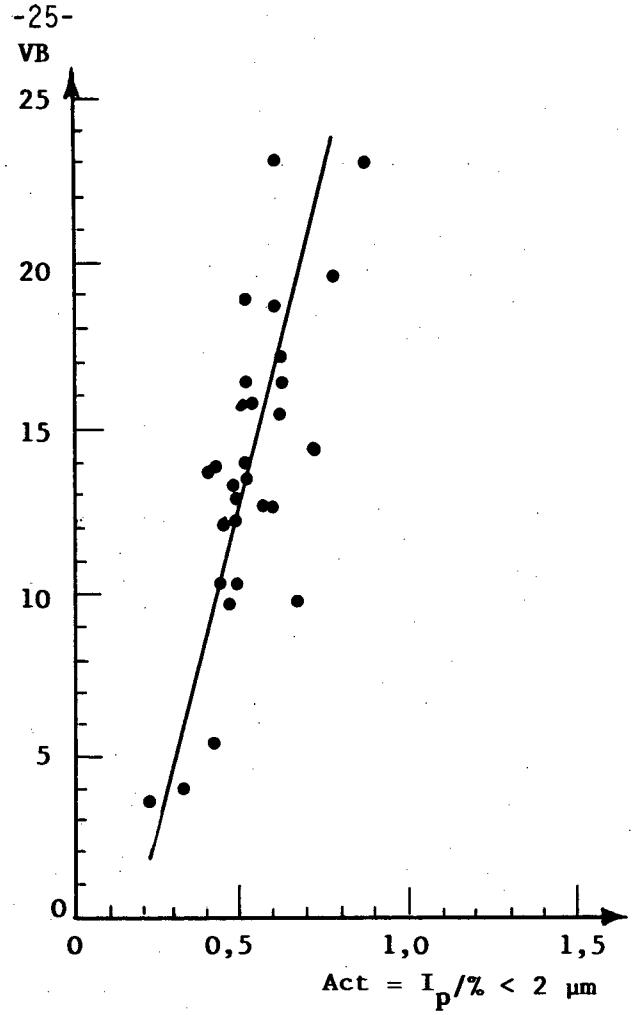
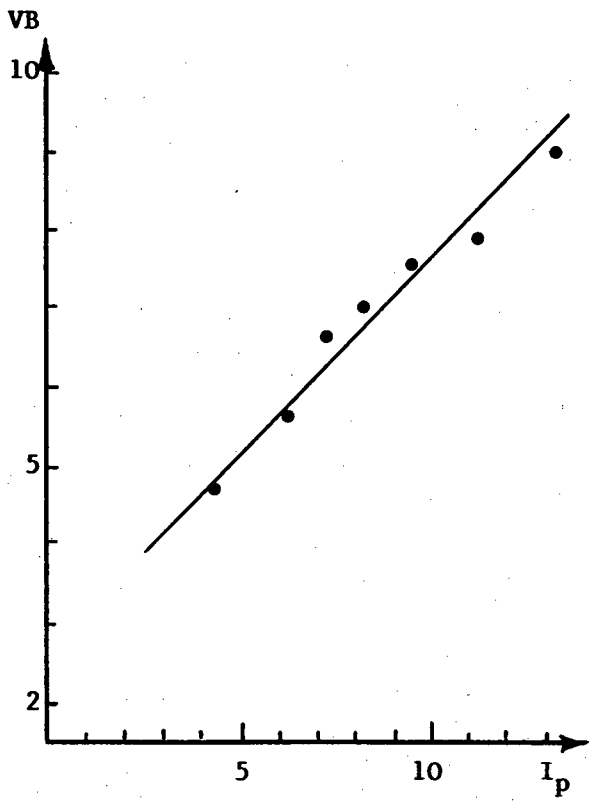


FIGURE 7: Relations entre la quantité de phyllosilicates et d'amorphes (PA) et: w_L, w_p et I_p.

D'après Locat (1982)







Chaque point représente une moyenne des VB pour 20 sols fins limoneux de même I_p.

FIGURE 8: Relation Indice de plasticité vs Valeur au bleu

D'après Tran Ngoc Lan (1981)

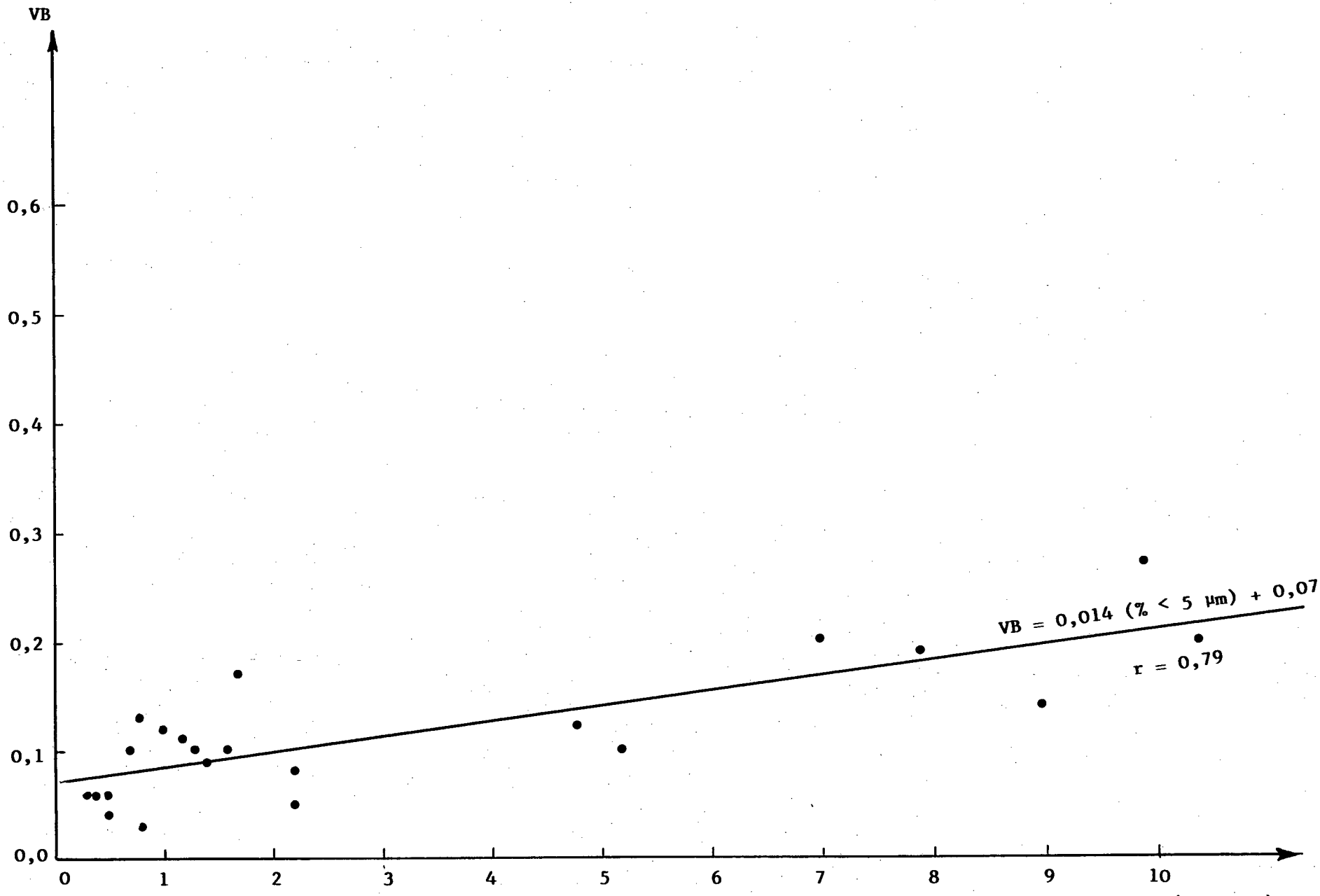


FIGURE 9: Droite de régression entre le passant 5 microns ct la valeur au bleu pour les granulats

D'après A. Bilodeau (1984)

TABLEAU II

					Classe	VB
					A_0	< 0,1
Sols fins.	D < 50 mm Tamisat à 80 µm > 35 %	I_p < 10			A_1	0,1-1,5
		10 < I_p < 20			A_2	1,5-5
		20 < I_p < 50			A_3	5-9
		I_p > 50			A_4	> 9
Sols sableux et graveleux avec fines.	D < 50 mm Tamisat à 80 µm entre 5 et 35 %	Tamisat à 80 µm de 5 à 12 %	Refus à 2 mm < 30 %	ES > 35	B_1	< 0,1
				ES < 35	B_2	0,1-0,5
			Refus à 2 mm > 30 %	ES > 25	B_3	< 0,1
				ES < 25	B_4	0,1-0,5
		Tamisat à 80 µm de 12 à 35 %	I_p < 10		B_5	0,5-1,5
			I_p > 10		B_6	1,5-5
Sols comportant des fines et des gros éléments.	D > 50 mm Tamisat à 80 µm > 5 %	Tamisat à 80 µm élevé			C_1	> 1,5
		Tamisat à 80 µm faible	D < 250 mm		C_2	0,1-1,5
			D > 250 mm		C_3	0,1-1,5
Sols et roches insensibles à l'eau.	Tamisat à 80 µm < 5 %	D < 50 mm	Refus à 2 mm < 30 %		D_1	< 0,1
			Refus à 2 mm > 30 %		D_2	< 0,1
		50 mm < D < 250 mm			D_3	< 0,1
		D > 250 mm			D_4	< 0,1
Roches évolutives.	Matériaux à structure fine, fragile avec peu ou pas d'argile.				E_1	< 1,5
	Matériaux à structure grossière, fragile avec peu ou pas d'argile.				E_2	< 1,5
	Matériaux évolutifs argileux				E_3	> 1,5

D'après Tran Ngoc Lan (1981)

FIGURE 10: Critère d'identification des sols par la valeur au bleu, au laboratoire Central des Ponts et Chaussées, en France

FIGURE 11: Granulométrie de sols fins à partir de la valeur de bleu (VB) obtenue à partir d'échantillons dont le diamètre maximum des éléments est 2 mm. Etabli par Pierre Langlois 1982-83

VALEUR DE BLEU (VB 10 mm)	GRANULOMETRIE %
0	100% > 5 µm
0,5	60 à 100% > 5 µm 70 à 100% > 2 µm 80 à 100% > 1 µm
1,0	20 à 95% > 5 µm 40 à 100% > 2 µm 60 à 100% > 1 µm
1,5	0 à 85% > 5 µm 30 à 90% > 2 µm 50 à 100% > 1 µm
2,0	0 à 75% > 5 µm 20 à 80% > 2 µm 40 à 90% > 1 µm
3,0	0 à 50% > 5 µm 0 à 60% > 2 µm 25 à 75% > 1 µm
4,0	0 à 30% > 5 µm 0 à 40% > 2 µm 0 à 55% > 1 µm
5,0	0 à 10% > 5 µm 0 à 20% > 2 µm 0 à 35% > 1 µm
6	0% > 2 µm 0 à 15% > 1 µm

0% < 5 µm	VB < 0,8
25% < 5 µm	VB < 2,0
50% < 5 µm	VB < 3,0
75% < 5 µm	VB < 4,3
100% < 5 µm	VB < 5,5
0% < 2 µm	VB < 1,0
25% < 2 µm	VB < 2,0
50% < 2 µm	0,5 < VB < 3,5
75% < 2 µm	1,8 < VB < 4,8
100% < 2 µm	3,0 < VB < 6,0
0% < 1 µm	0 < VB < 1,5
25% < 1 µm	0,3 < VB < 2,9
50% < 1 µm	1,5 < VB < 4,2
75% < 1 µm	3,0 < VB < 5,5
100% < 1 µm	4,0 < VB < 6,5
5 µm < 0% < 80 µm	VB < 5,5
5 µm < 25% < 80 µm	VB < 4,0
5 µm < 50% < 80 µm	VB < 2,8
5 µm < 75% < 80 µm	VB < 1,8
5 µm < 100% < 80 µm	VB = 0

MINISTERE DES TRANSPORTS
QTR A 102 201