

EVALUATION SOMMAIRE DU SYSTEME ARAN

(document de travail interne au Service)

S

87-03-02

CANQ
TR
GE
PR
117



Ministère des Transports
Direction de la planification routière
Service des relevés techniques

297603

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
JUIL 26 1993
TRANSPORTS QUÉBEC

EVALUATION SOMMAIRE DU SYSTEME ARAN
(document de travail interne au Service)

S
87-03-02

Marc Robert, ing.
Service des relevés techniques

Doc
CAND
TR
GE
PR
117

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

SOMMAIRE

L'ARAN pour "Automatic Road Analyser" est construit et vendu par Highway Products International Inc. de Paris, Ontario. Il s'agit d'un système à grand rendement pouvant effectuer les relevés routiers suivants: la pente, le devers, le rayon de courbure, la profilométrie, l'orniérage et le profil en travers. Deux images vidéo montrant la route mesurée et l'aspect du pavage peuvent être produites et associées aux relevés.

Nous avons eu l'opportunité de faire une évaluation sommaire de l'ARAN à partir de relevés effectués sur deux parties de route dont certaines caractéristiques étaient connues précisément. Ces essais ont donné des résultats peu convaincants. D'autre part, on remarque que le manufacturier ne publie pas de spécification en détail.

Par contre l'ARAN s'avère intéressant pour les relevés de profilométrie et nous devrions investiguer ce point, d'autant plus qu'il est possible d'obtenir un système pour le relevé de cette caractéristique en version remorque.

CONTENU

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION ET DESCRIPTION GENERALE
2. DESCRIPTION ET SPECIFICATIONS DU SYSTEME ARAN
 - 2.1 Physionomie du système
 - 2.2 Concept
 - 2.3 Spécifications
 - 2.4 Opération du système
3. RESULTATS DES RELEVES
 - 3.1 Description des relevés
 - 3.2 Résultats des relevés
 - 3.3 Interprétation des résultats
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
 - 4.1 Conclusions générales sur l'ARAN
 - 4.2 Recommandations
5. ANNEXES
 - A. Photos du système ARAN
 - B. Localisation des relevés
 - C. Résultats des relevés
 - D. Proposition pour une définition des critères quantitatifs de l'ornièrè.

1. INTRODUCTION ET DESCRIPTION GENERALE

Le Service des relevés techniques a eu l'opportunité d'avoir une démonstration du système ARAN à Québec, le 11 décembre 1986. A cette occasion, un représentant de la compagnie a fait la description du système et par la suite, nous avons effectué deux échantillons de relevés sur route.

L'ARAN pour: "Automatic Road Analyser" est construit et vendu par Highway Products International Inc. de Paris, Ontario. Il s'agit d'un système à grand rendement monté à bord d'une fourgonnette pouvant mesurer diverses caractéristiques de la route, tel que: la pente, le devers, le rayon de courbure, la profilométrie, l'orniérage et le profil en travers. Deux images vidéos distinctes peuvent être produites et associées à l'aspect du pavage et à l'aspect général de la route mesurée. Les relevés automatiques peuvent être complétés par une évaluation qualitative de la chaussée, à l'aide d'un clavier à boutons. Des références de base complètent les relevés, soit: l'identification de la route, la date et l'heure, la distance et la vitesse à laquelle le relevé a été fait.

L'ARAN est géré par un ordinateur IBM-AT, version industrielle, et les données sont emmagasinées sur disque RAM pendant les relevés et véhiculées sur disquette par la suite.

2. DESCRIPTION ET SPECIFICATIONS DU SYSTEME ARAN

2.1 Physionomie du système (voir l'annexe A)

- Le véhicule standard est la fourgonnette Ford Econoline, mais un véhicule plus gros avec compartiment arrière fait sur mesure peut s'avérer nécessaire pour les besoins de certains usagers.
- L'ordinateur IBM-AT, un mélangeur vidéo et un module d'interface sont montés dans un bâti standard de 19 po. x 30 po. de hauteur et localisé à l'arrière du conducteur.

- Les commandes sont constituées d'un clavier de contrôle particulier et d'un écran de 9 po. vidéo et moniteur, placé contre le tableau de bord de manière à être accessible à la fois par le passager avant et le conducteur. Il est possible de relier au système deux claviers à boutons dans le but de faire l'évaluation qualitative de l'état du pavage et l'enregistrement d'événements. En fait, la première application de cet accessoire est le relevé des fissures.
- Une caméra vidéo couleur de type reportage est suspendue à l'intérieur du véhicule et pointe la route à travers la partie supérieure du pare-brise.
- Une caméra vidéo couleur CCD (Charged Coupled Device/tube état solide) munie d'un obturateur particulier est montée sur le bord arrière du toit et présente une vue plongeante du pavage.
- Un magnétoscope format 1/2 po. ou autre, si désiré, et un moniteur vidéo sont placés à l'arrière du véhicule à même une table de travail.
- Une barre extensible est montée à l'avant du véhicule et sert à répartir les treize (13) capteurs ultrason sur la largeur de la voie à mesurer.
- Un gyroscope de tangage et roulis et un gyroscope de direction sont montés au centre du véhicule.
- Deux accéléromètres sont montés dans le même axe sur le pont arrière et le châssis du véhicule.
- Le balisage du véhicule est fait suivant les normes en vigueur chez l'utilisateur.

2.2 Concept

Le système est géré par un ordinateur IBM-AT, auquel se raccorde différents capteurs et périphériques. Outre l'ordinateur muni de certaines cartes spécifiques d'interface, l'électronique se limite à un module de contrôle des alimentations, les alimentations et un émetteur-récepteur ultrason.

L'information vidéo est traitée par un mélangeur standard qui est lui aussi contrôlé par l'ordinateur.

L'ordinateur IBM-AT est une version industrielle, ayant la robustesse et la protection pour résister à des conditions environnementales difficiles. Les données sont enregistrées sur disque RAM et protégées par une alimentation à batterie. Un lecteur de disquettes double 1.2 Mega Byte sert à extraire les données après que les relevés sont complètes.

Les données peuvent être produites en système métrique ou anglais.

2.3 Spécifications

Les spécifications du manufacturier sont les suivantes:

| <u>Relevé</u> | <u>Capteur</u> | <u>Résultat</u> | <u>Précision</u> |
|----------------------|---|---|---------------------------|
| a) Distance | Encodeur optique | Kilomètre ou mille incrémenté ou décrémenté | 0.001 mille de résolution |
| b) Rayon de courbure | Gyroscope de direction | Rayon de courbure de 10 à 10,000 mètres | ± 0.1 degré |
| c) Pente | Gyroscope de roulis et tangage | Pourcentage de pente | $\pm 0.5\%$ |
| d) Dévers | Gyroscope de roulis et tangage, capteurs ultrason | Pourcentage de dévers | $\pm 0.5\%$ |

| | | | |
|--------------------------------------|--|---|--|
| e) Orniérage | 13 capteurs ultrasoniques | Intervalles de 10 mètres et plus | Précision du capteur: 0.04 po, capteur disposé aux 12 po. incluant le sillon de la roue, sur 12 pi. de large |
| f) Profilométrie | Un accéléromètre fixé à l'essieu arrière et un accéléromètre fixé au châssis | RMSVA de 1 pi. à 2 pi. RMSVA de 2 pi. à 300 pi. RI International, Profil en long, Pente moyenne rectifiée aux 4 pi. Résultats pour des intervalles de 30 pi. et plus | non spécifié |
| g) Condition du pavage et événements | -2 claviers à boutons -une caméra CCD à l'arrière du véhicule | -enregistrement vidéo -cotes d'évaluation -codes d'événements | N/A |
| h) Image de la route | -caméra haute résolution type reportage | -enregistrement vidéo, format désiré, superimposition d'information, repérage automatique de la route à visionner | N/A |
| i) Identification du relevé | -clavier de contrôle -encodeur optique | -no. du relevé -no. de route, tronçon, section -direction, voie vitesse -heure et date -intervalle d'échantillonnage | N/A |

2.4 Opération du système

Une description détaillée de l'opération du système ARAN dépasserait les cadres de cette étude. On peut toutefois mettre en relief les points suivants:

- a) Un conducteur et un opérateur sont le personnel minimum requis pour effectuer des relevés.
- b) Les principales manipulations nécessaires à l'initialisation d'un relevé sont:
 - mise en place des barres d'extensions portant les capteurs ultrasoniques;
 - mise en place des caméras;
 - mise en place des accéléromètres;
 - alimentation des équipements;
 - chargement du magnétoscope;
 - chargement du programme d'opération dans l'ordinateur;
 - vérification de l'opération et calibrage des capteurs;
 - entrée l'identification de la route et les paramètres du relevé.
- c) Pendant les relevés, l'opérateur peut s'assurer de la validité des données à l'écran cathodique. Le même écran permet aussi de visualiser l'image vidéo. En plus d'être donnée à l'écran cathodique, la vitesse est affichée sur un autre indicateur bien visible par le conducteur. La vitesse maximum est conditionnée par la quantité de mesures qu'on veut effectuer simultanément (ex.: pente, dévers, rayon de courbure, orniérage, profilométrie) et par la distance d'échantillonnage. Les limites pratiques, spécifiées par le manufacturier, sont de 20 à 80 km/h. Le relevé qualitatif de la condition du pavage à l'aide des claviers à boutons influence la distance journalière de relevé, qui sans cela peut aller jusqu'à 200 km pour une journée de

huit heures. Il est important de noter que tous les relevés, à l'exception de la profilométrie, peuvent être faits uniquement lorsque le pavage est sec.

- d) A la fin des relevés les données doivent être transférées sur disque souple, et le système est mis hors fonction en renversant le processus d'initialisation décrit au paragraphe b).
- e) Les données étant retirées sur disque souple, celles-ci peuvent être directement traitées sur IBM-PC. Highway Products offre un assortiment de logiciels pour l'interprétation des résultats et la présentation de rapports. On offre aussi une console pour le dépouillement des relevés. Celle-ci comprend un micro-ordinateur et un système de visionnement vidéo. Les données peuvent être automatiquement associées à l'image et cette dernière peut servir à les compléter par un dépouillement visuel.

3. RESULTATS DES RELEVES

3.1 Description des relevés

Nous disposions d'une demi journée pour faire des relevés dans le but d'obtenir une appréciation quantitative de l'ARAN. Il s'agit en fait d'un temps très court, compte tenu de la complexité du système. C'est pourquoi les résultats que nous avons obtenus ne sont que partiels, même s'ils paraissent volumineux.

Les relevés sur routes ont été faits à deux endroits, soit:

- 1- St-Nicolas, route 132, direction Est; sur un kilomètre de longueur (annexe B, page 1).
- 2- Tewkesbury, route 42 800, direction Nord; sur un kilomètre de longueur (annexe B, page 2).

Ces endroits ont été choisis parce que nous possédons des caractéristiques mesurées précisément avec des instruments d'arpentage.

Toutes les possibilités de mesures de l'ARAN n'ont pas été mises à l'essai, faute de temps.

Nous avons donc opté pour des mesures qui feraient ressortir l'influence de la vitesse de déplacement du véhicule sur la précision des relevés.

3.2 Résultats des relevés

Relevés effectués à St-Nicolas

Les résultats sont présentés à l'annexe C.

| <u>Essai</u> | <u>Vitesse nominale</u> | <u>Intervalle d'échantillonnage</u> | <u>Relevés effectués</u> |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 50 km/h | 10 mètres | pente, dévers |
| 2 | 70 km/h | 10 mètres | pente, dévers |
| 3 | 80 km/h | 20 mètres | pente, dévers |

Relevés effectués à Tewkesbury

| <u>Essai</u> | <u>Vitesse nominale</u> | <u>Intervalle d'échantillonnage</u> | <u>Type de relevé</u> |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | 60 km/h | 10 mètres | Orientation, profilométrie à 2 pi. et 300 pi., pente, dévers |
| 2 | 40 km/h | 10 mètres | " |
| 3 | 70 km/h | 20 mètres | " |

La vitesse nominale est la vitesse qui a été demandée au conducteur pour les essais. Chaque essai a débuté à une vitesse nulle, afin de s'assurer de la correspondance avec les mesures faites par instruments, puis le véhicule a accéléré jusqu'à la vitesse nominale demandée. Cette vitesse a été maintenue à plus ou moins 2 km/h.

On remarquera qu'au troisième essai la distance d'échantillonnage a dû être augmentée à 20 mètres, afin de "donner le temps" à l'ordinateur de gérer le système.

L'orniérage n'a pas été relevé.

Une cassette vidéo a été aussi produite lors de ces relevés, montrant à la fois l'aspect de la route et le pavage.

Nous avons obtenu de Highway Products les données en version ASCII et une grille d'interprétation des fichiers. Les valeurs contenues dans ces fichiers ont été traitées avec le logiciel Lotus. Les résultats sont présentés à l'annexe C sous forme graphique afin de faciliter la comparaison entre la valeur mesurée et arpentée.

Parce que nos équipements de micro-informatique sont limités en graphisme, nous avons présenté des courbes avec symbole afin de différencier l'essai et la valeur arpentée.

A titre d'information, des listes partielles de données ont été imprimées pour des valeurs jugées représentatives.

3.3 Interprétation des résultats

Afin de quantifier la précision du relevé, il y aurait lieu de faire la régression statistique des courbes. Mais nous n'avons pas un échantillonnage suffisamment représentatif pour ce faire.

a) Pente:

Se référer à l'annexe C, pages 1 à 22 pour les résultats des relevés de pente.

On remarque que la valeur arpentée de la pente, surtout pour St-Nicolas, présente des variations subites. On peut donc se poser la question si ces variations résultent d'un mauvais uni de la chaussée. Mais il n'en est rien puisqu'un Kr de 62 a été mesuré avec notre roulemètre à St-Nicolas. A Tewkesbury la mesure de l'uni a été faite sur pavé gelé le Kr a été de 39. Les variations dont on parle pour St-Nicolas ne résultent pas d'une chaussée dégradée, et seraient attribuables à des aspérités ponctuelles du pavage et à la grande précision des valeurs arpentées.

A l'examen des courbes et des données listées, on observe les faits suivants:

St-Nicolas:

- Les résultats de l'essai 1 (vit. de 50 km/h) sont très bons.
- Les résultats des essais 2 et 3 (vit. de 70 et 80 km/h) présentent des écarts de 1% de pente à 2% de pente.
- Lorsque les valeurs arpentées ne correspondent pas aux valeurs mesurées, ces dernières sont décalées à droite. On peut en déduire que le gyroscope de roulis et tangage répond alors à une force parasite.

Tewkesbury:

- Les résultats de l'essai 1 (vit. de 60 km/h) sont beaucoup plus mauvais que ceux des essais 2 et 3 (40 et 70 km/h) et ce, pour la dernière moitié du kilomètre d'essai.
- Lorsque les résultats ne correspondent pas, il y a toujours un décalage à droite des résultats des essais.

b) Dévers

Se référer à l'annexe C, pages 23 à 42 pour les résultats des relevés du dévers.

St-Nicolas:

- Les résultats de l'essai 1 sont acceptables.
- Les résultats des essais 2 et 3 sont bons, excepté entre 700 et 900 mètres, là où se trouve une courbe à droite suivie d'une autre à gauche.

Tewkesbury:

- Les trois essais comportent des valeurs qui s'écartent considérablement de la courbe arpentée, jusqu'à 6% de dévers.
- Les écarts sont faibles au départ et s'accroissent par la suite.

- La courbe de l'orientation montre qu'il y a des changements continuels de direction.

c) Orientation

Se référer à l'annexe C, pages 43 et 44 pour les résultats du relevé de l'orientation.

- Cette caractéristique a été relevée uniquement à Tewkesbury. L'aspect des courbes montre une bonne concordance entre les trois essais, et un écart minimum est compréhensible.

d) Profilométrie à 2 pi. et à 300 pi.

Se référer à l'annexe C, pages 45 à 48 pour les résultats du relevés de profilométrie.

- Cette caractéristique a été relevée uniquement à Tewkesbury.
- Les courbes montrent la valeur RMS de l'accélération verticale de l'essieu arrière, en mG, pour des déformations longitudinales ayant respectivement des longueurs d'onde de 0 à 2 pi. et de 1 à 300 pi.
- Bien que le Kr ait été mesuré avec l'un de nos roulemètre (Kr = 39 à Tewkesbury), il ne s'agit pas d'une base de comparaison valable.
- Les courbes et les tableaux des données montrent des variations considérables.

Highway Products a dit qu'il nous ferait parvenir leurs versions des résultats de ces essais. Toutefois rien ne nous est parvenu à date et il n'y a toujours pas eu de suite aux rappels que nous avons fait à ce sujet. Il en est de même pour une demande de leur commentaire sur les écarts de mesures qui ressortent de ces relevés.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

4.1 Conclusions générales sur l'ARAN

Rappelons que les possibilités de ce système sont très étendues et le temps que nous y avons consacré ne nous permet qu'une appréciation sommaire.

Ce qu'on peut en dire dans l'état actuel des choses est que:

- 1°- Le concept du système est simple et met à profit l'utilisation maximale d'équipements standards.
- 2°- L'opération est bien structurée et assure un bon contrôle des opérateurs sur les relevés, soit: le réglage des capteurs et des paramètres, le calibrage et la validation des mesures.
- 3°- Le système doit être opéré par du personnel ayant une formation académique en technique et ayant des connaissances en micro-informatique.
- 4°- La documentation qui nous a été fournie et le fabricant sont vagues sur la précision des mesures. L'évaluation sommaire que nous avons faite montre que ce système a un seuil de limitation relativement facile à atteindre.
- 5°- Le nombre de capteurs ultrasoniques servant à mesurer l'orniérage est insuffisant. D'ailleurs, le fabricant compte y apporter des améliorations.
- 6°- La profilométrie est mesurée à l'aide de deux accéléromètres placés sur les masses suspendues et non suspendues du véhicule (ce pourrait aussi être une remorque). Cela a pour but d'éliminer l'effet de la suspension. Ce principe est valable, toutefois les relevés faits à Tewkesbury ont donné des résultats décevants.
- 7°- Les relevés géométriques, soit: la direction, la pente et le dévers sont d'une précision acceptable, pourvu qu'ils soient faits à une vitesse ne dépassant pas 50 ou 55 km/h. Il est à remarquer que le kilomètre d'essai localisé à Tewkesbury comporte

des pentes et des courbes très accentuées, et les résultats montrent que les limites de l'ARAN ont été dépassées.

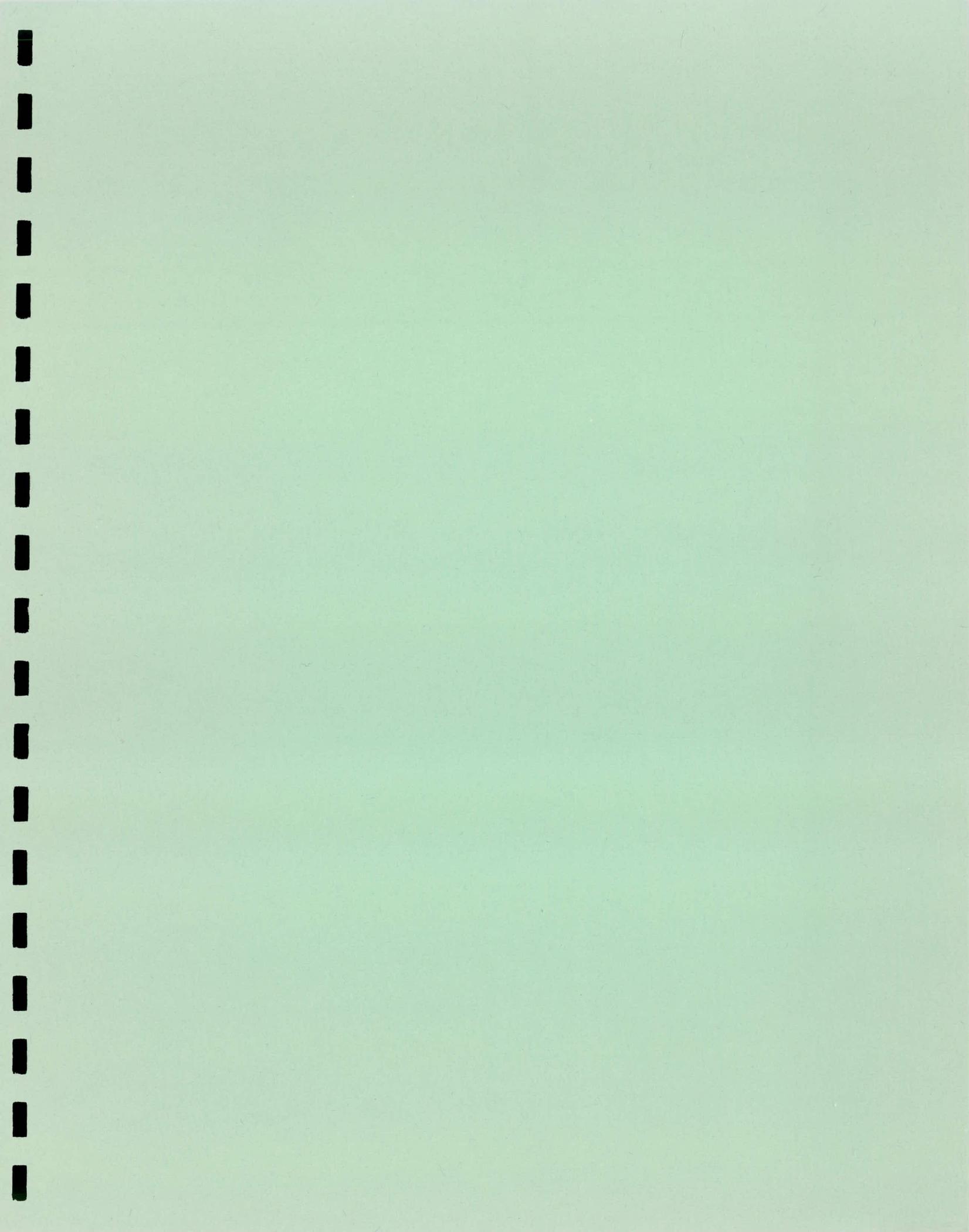
80- L'image vidéo, pour fin d'évaluation des fissures, est prise sans éclairage artificiel. Le contraste de l'image est donc conditionné par la lumière du jour et les ombres projetées sur le pavage, ce qui contribue à biaiser l'évaluation. D'autre part, l'évaluation automatisée des fissures à partir d'une image vidéo n'est pas encore une réalité et les prévisions sont contradictoires sur l'éventuelle disponibilité d'un tel système.

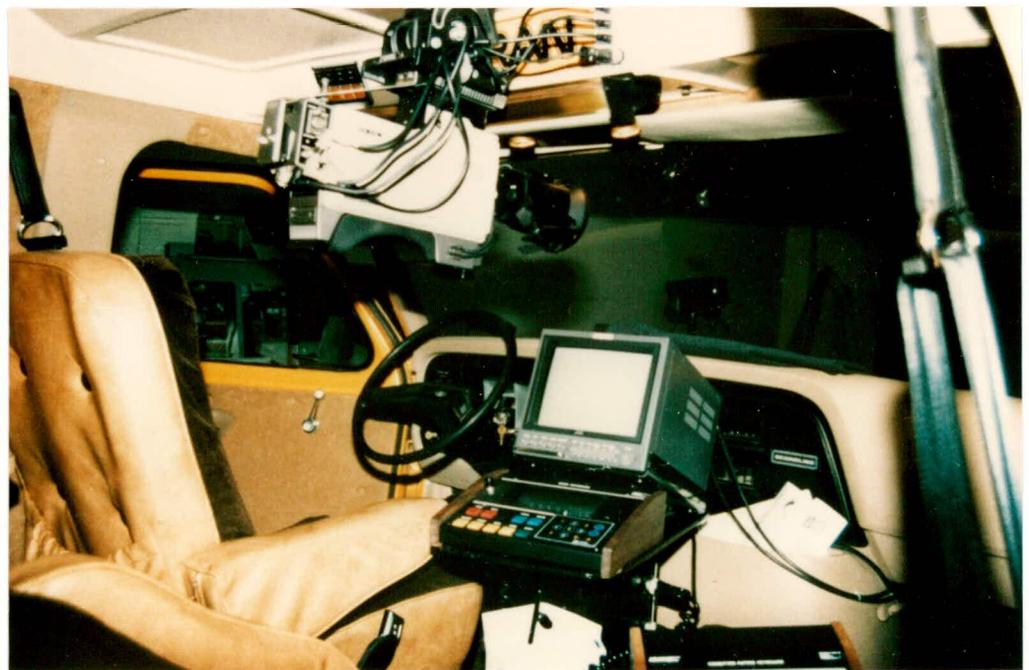
4.2 Recommandations

En ce qui regarde le relevé de profilométrie, le manufacturier dit avoir consacré beaucoup d'effort à concevoir un système supérieur au Mays et au PCA et utilise un concept valable. On peut donc penser que le relevé que nous avons fait ne rend pas justice à l'ARAN. Il y aurait lieu d'investiguer plus à fond cette caractéristique, d'autant plus qu'il est possible d'obtenir un système utilisant ce principe en version remorque.

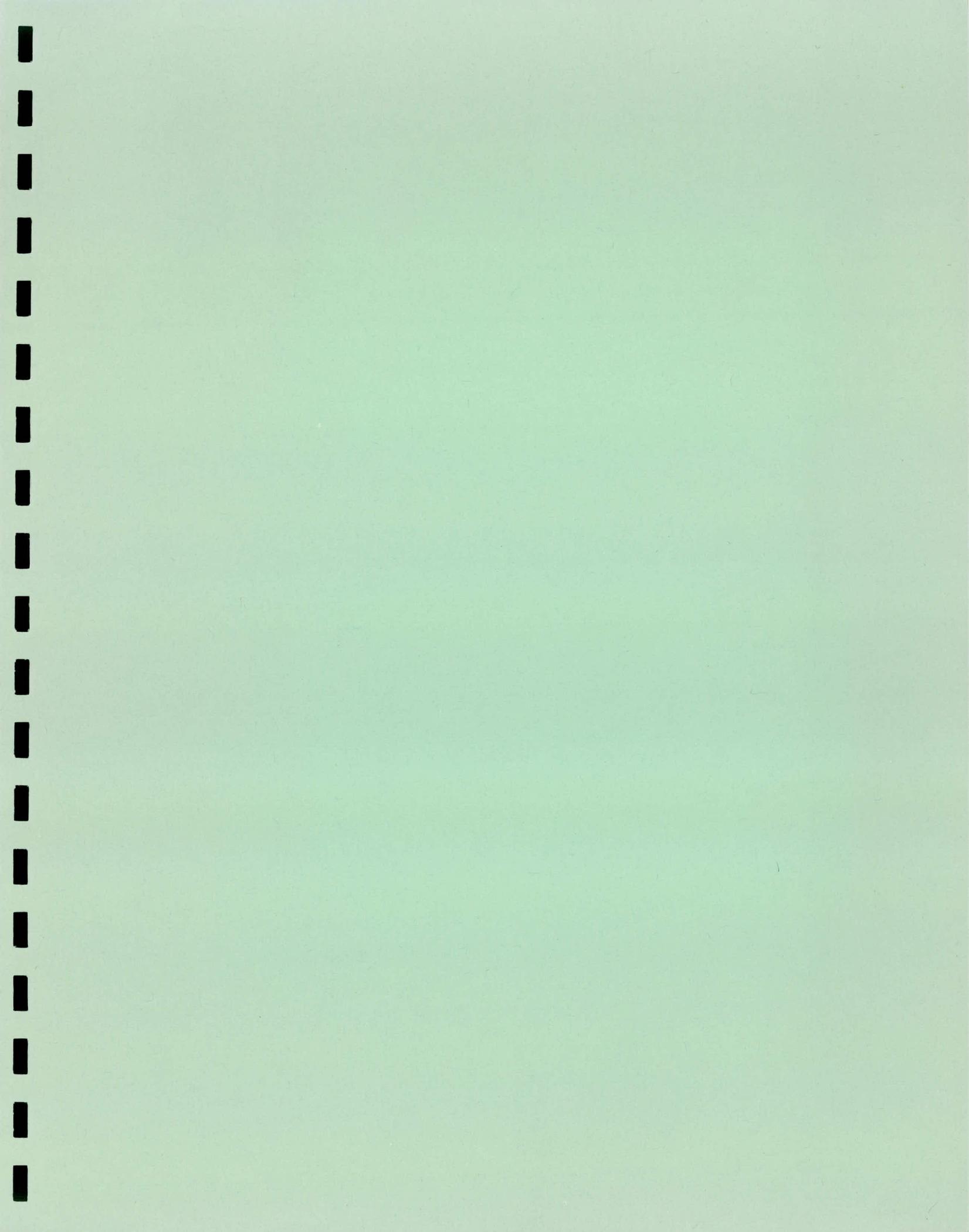
La mesure de l'orniérage faite par l'ARAN est une combinaison du profil en travers de la chaussée et du dévers. Nous n'avons obtenu, à date, aucun détail sur les résultats représentant l'orniérage et il apparaît que Highway Product veut améliorer cette mesure. Il est à remarquer que le principe qu'ils utilisent pourrait bien être désuet sous peu. Devant ces faits, nous devons d'abord établir comment nous aimerions quantifier l'orniérage. Une proposition, à titre de base de discussion, est présentée à l'annexe D. Par la suite, nous serions en mesure d'exprimer des exigences précises à un fournisseur.

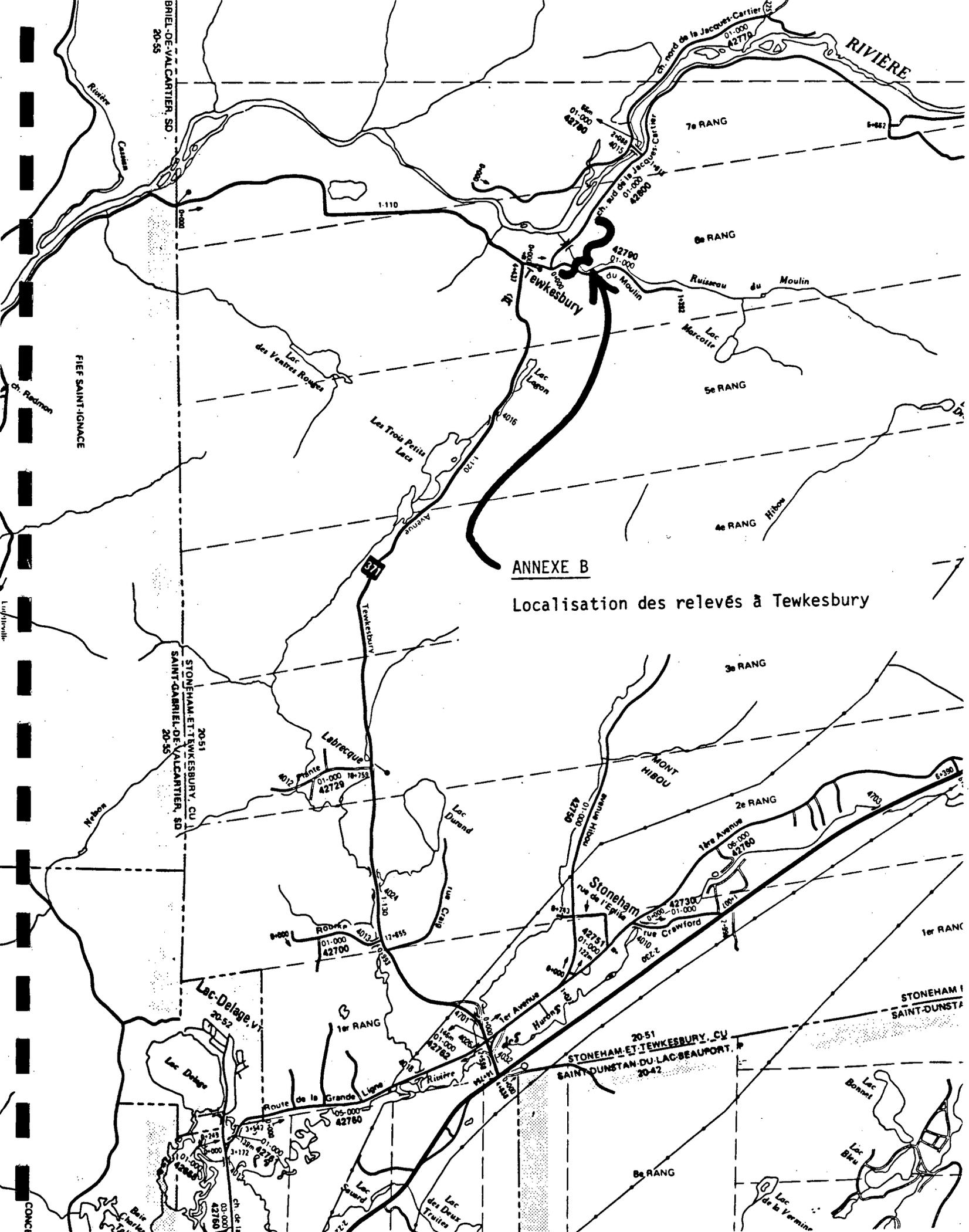
La version actuelle de l'ARAN est nettement supérieure aux précédentes, en ce sens qu'elle met en application les technologies de pointe. Toutefois, l'absence de spécifications claires et les résultats mitigés d'évaluation que nous avons obtenus dénote que son développement est à poursuivre.





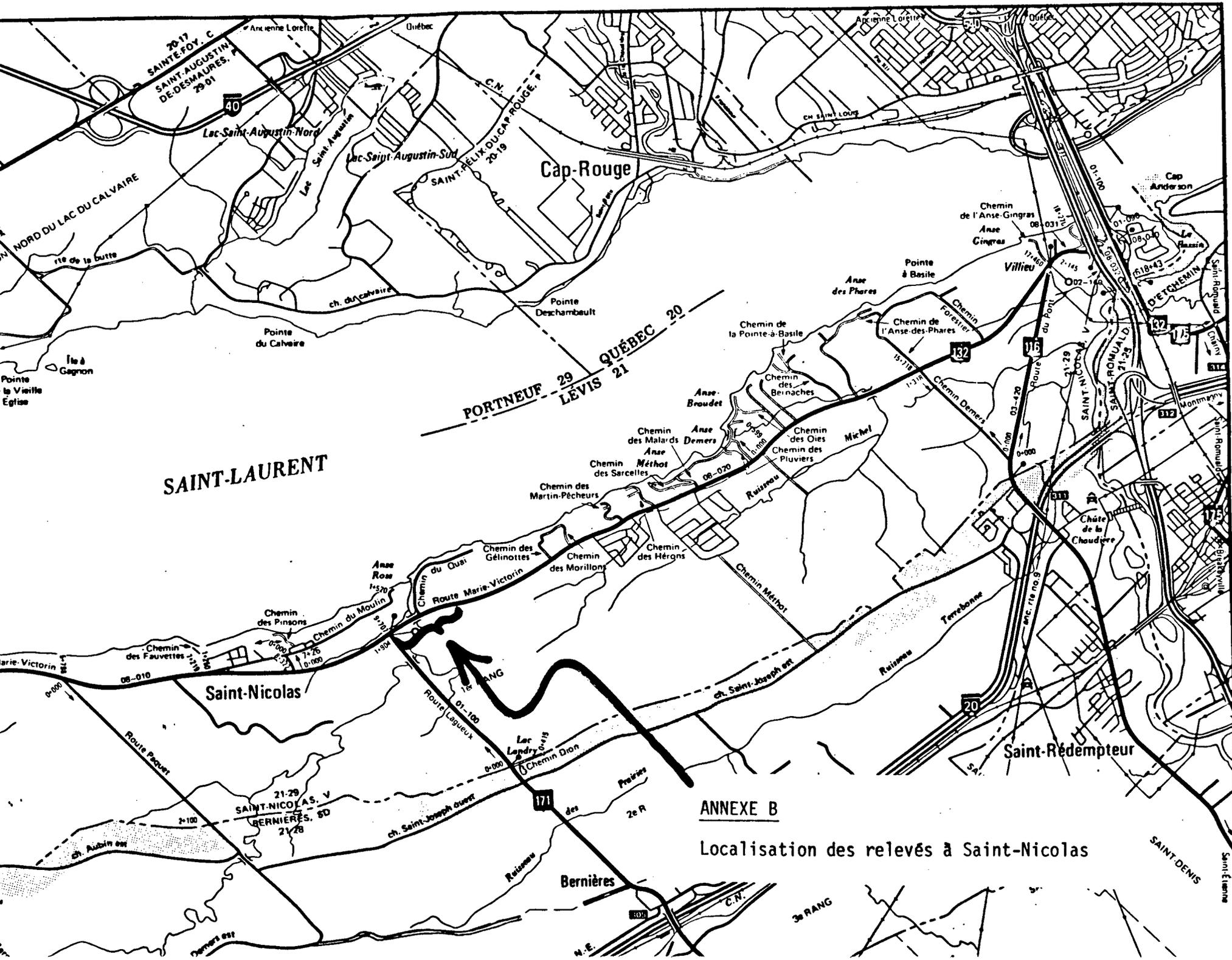
A N N E X E "A"
V É H I C U L E A R A N





ANNEXE B

Localisation des relevés à Tewkesbury

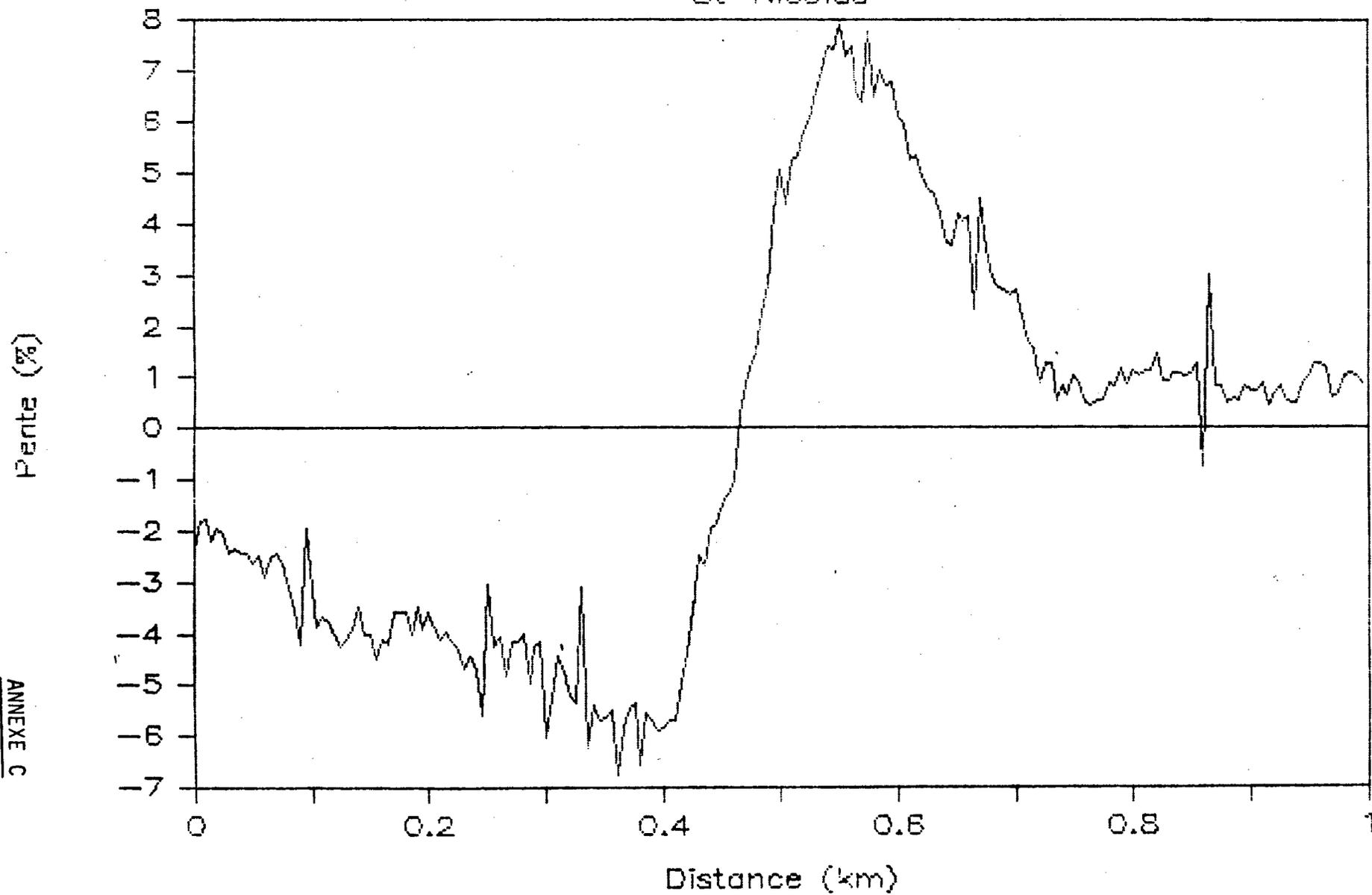


ANNEXE B

Localisation des relevés à Saint-Nicolas

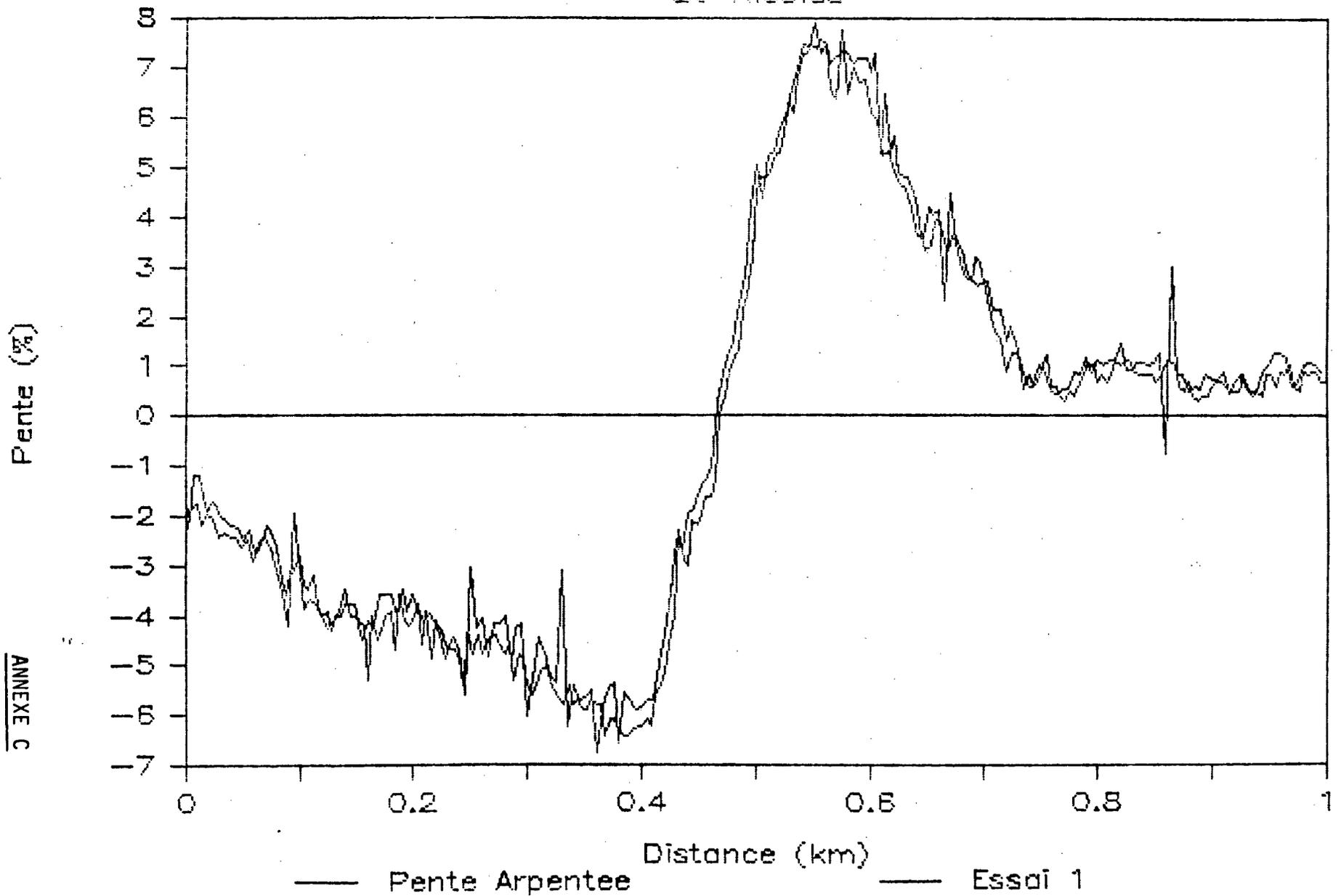
Pente arpentee

St-Nicolas



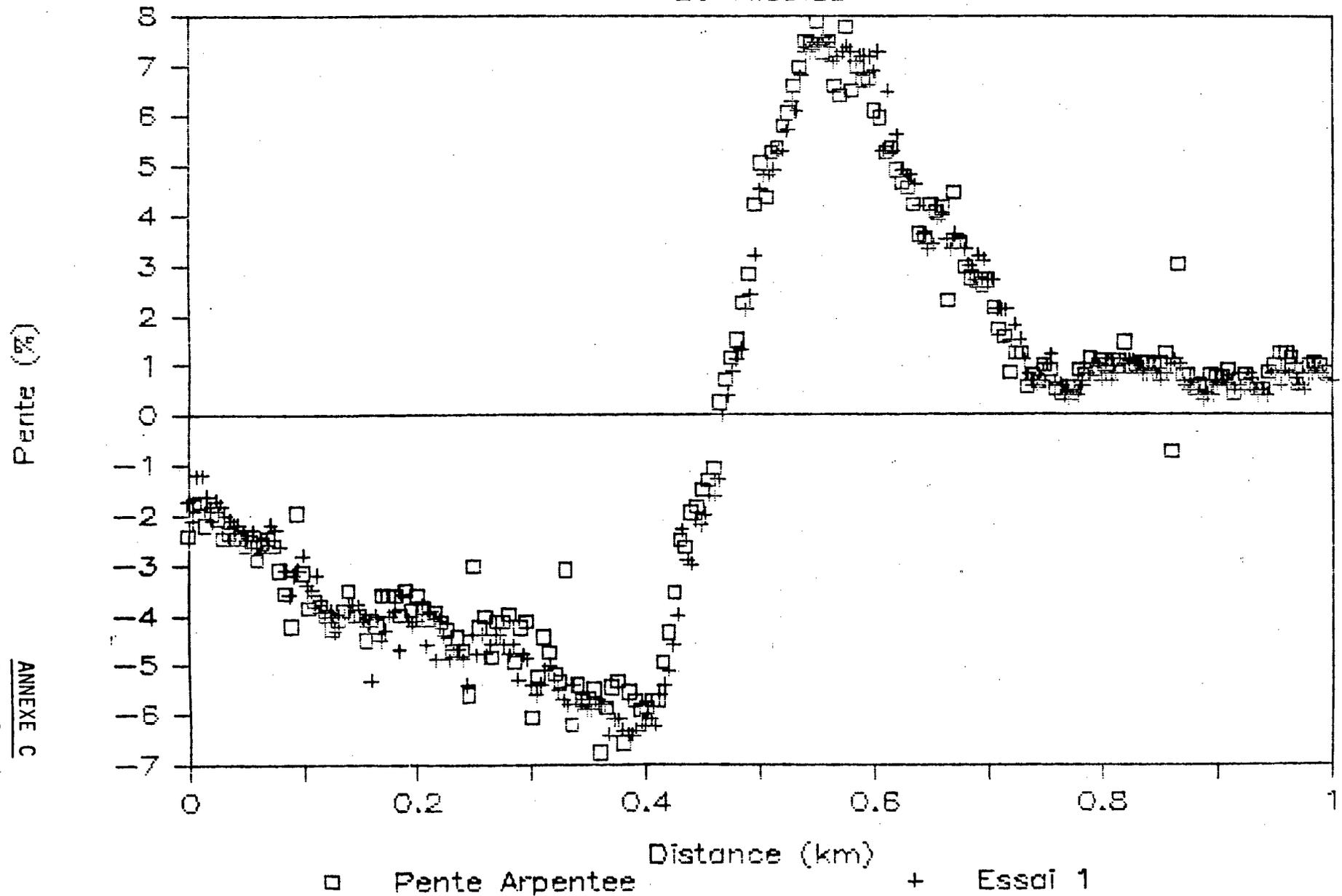
Essai 1 et pente arpentee

St-Nicolas



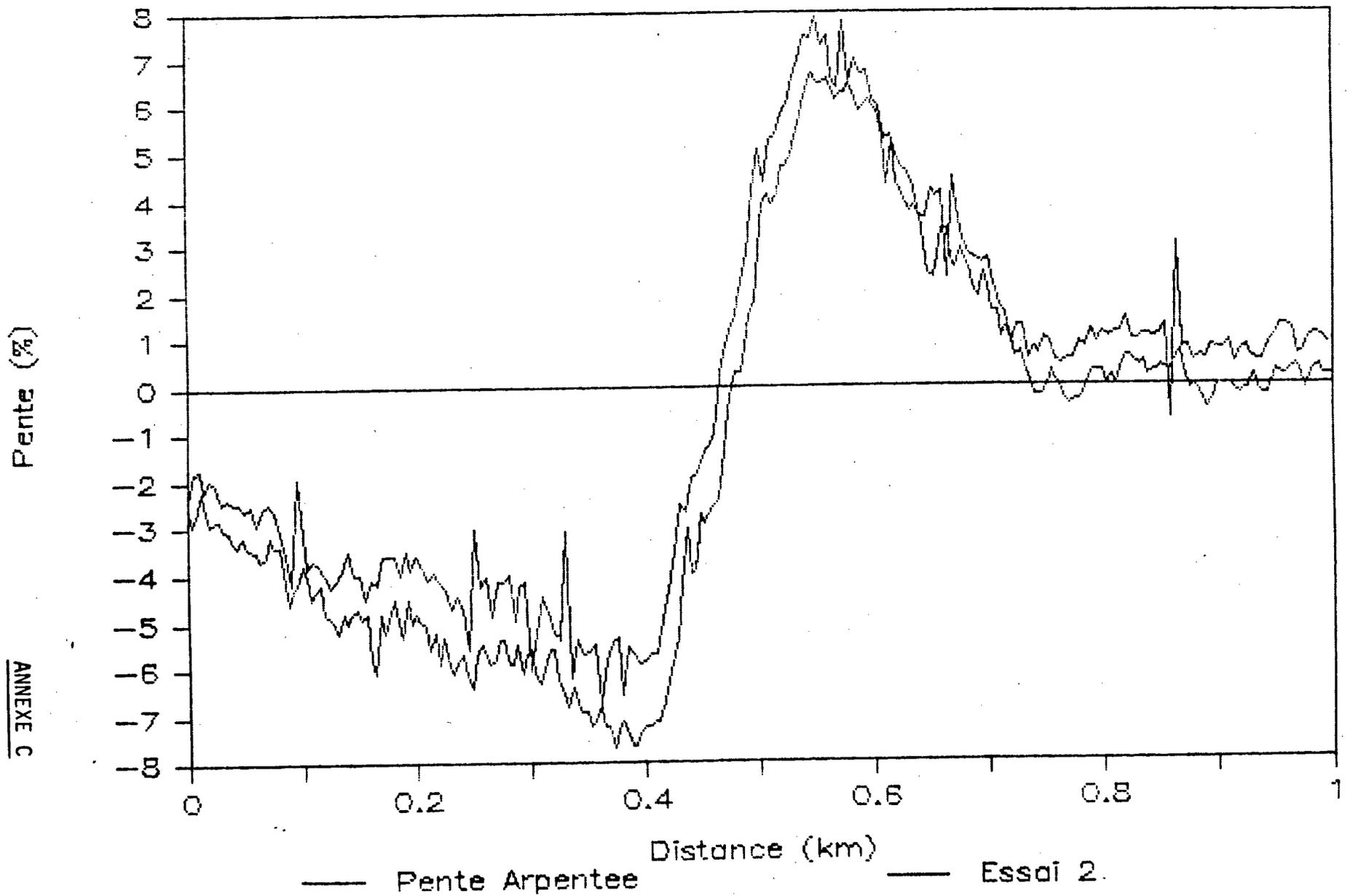
Essai 1 et pente arpentee

St-Nicolas



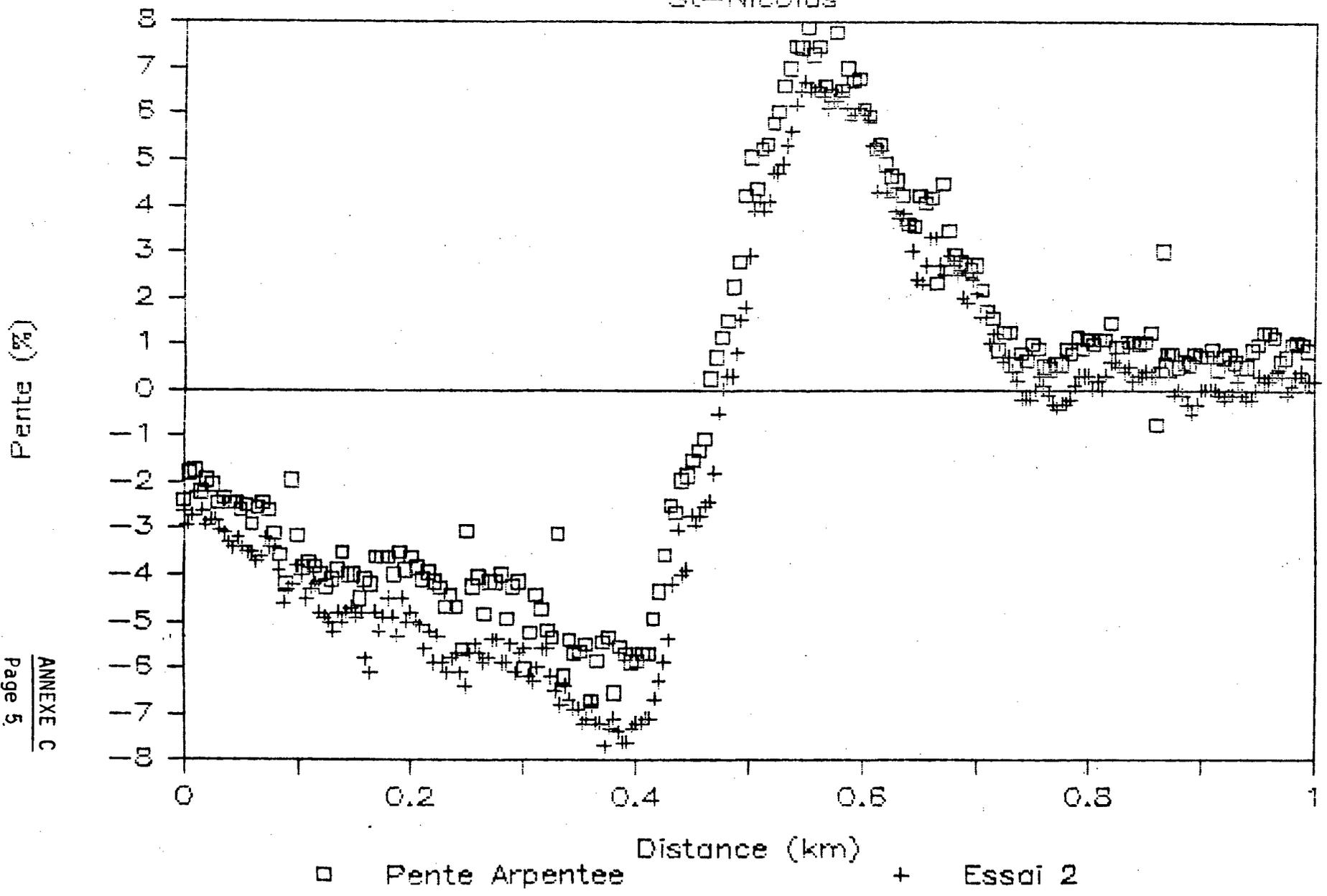
Essai 2 et pente arpentee

St-Nicolas



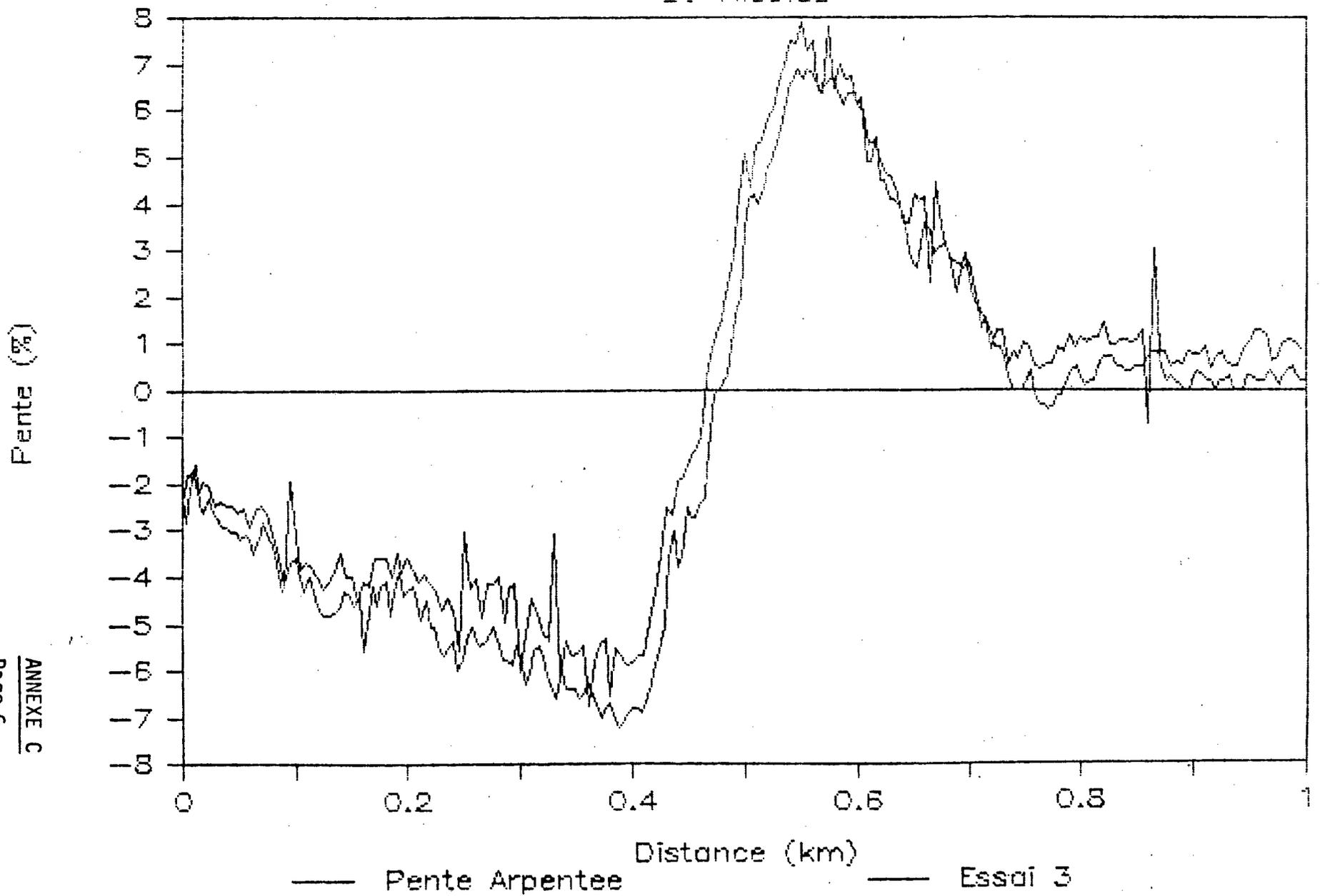
Essai 2 et pente arpentee

St-Nicolas



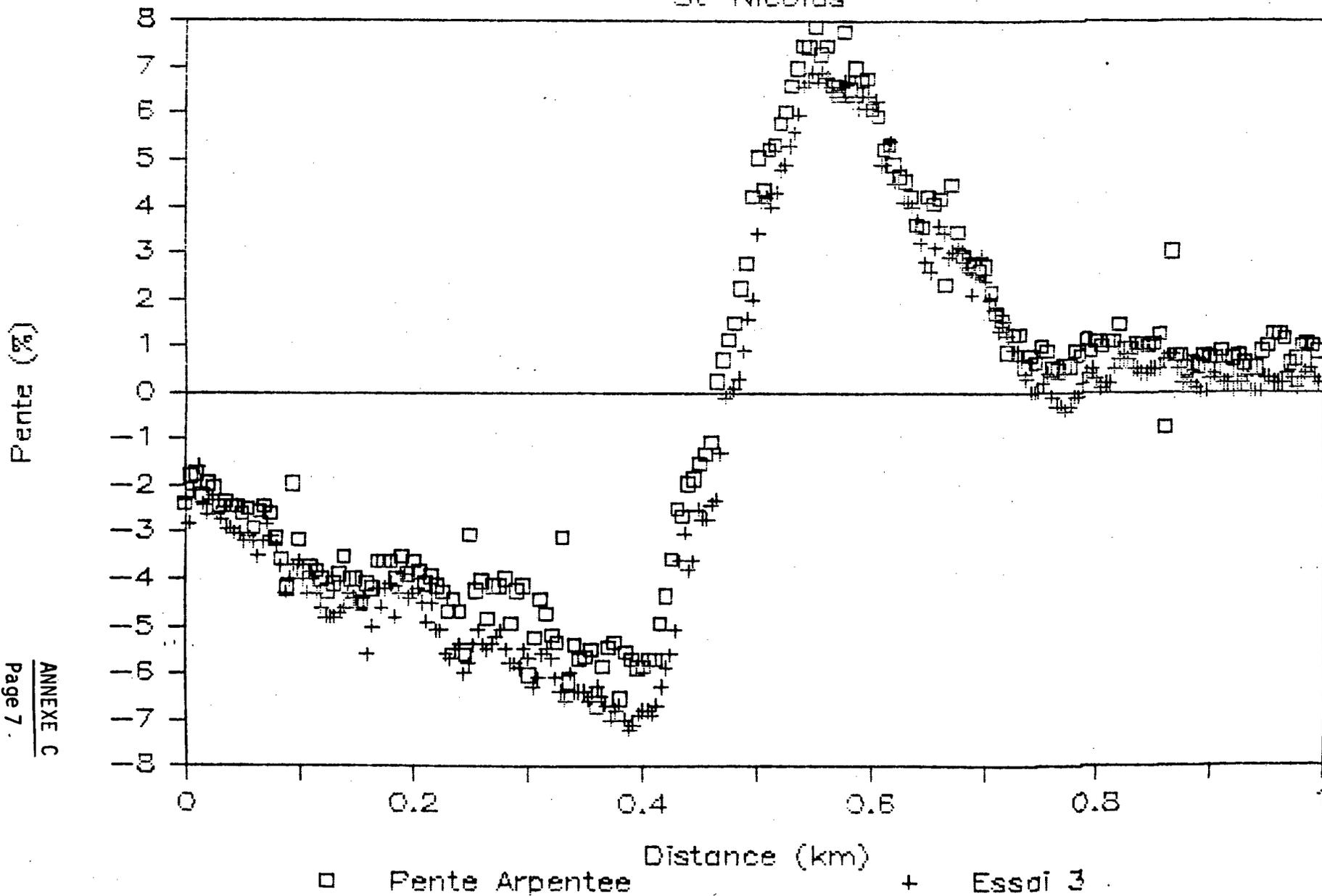
Essai 3 et pente arpentee

St-Nicolas



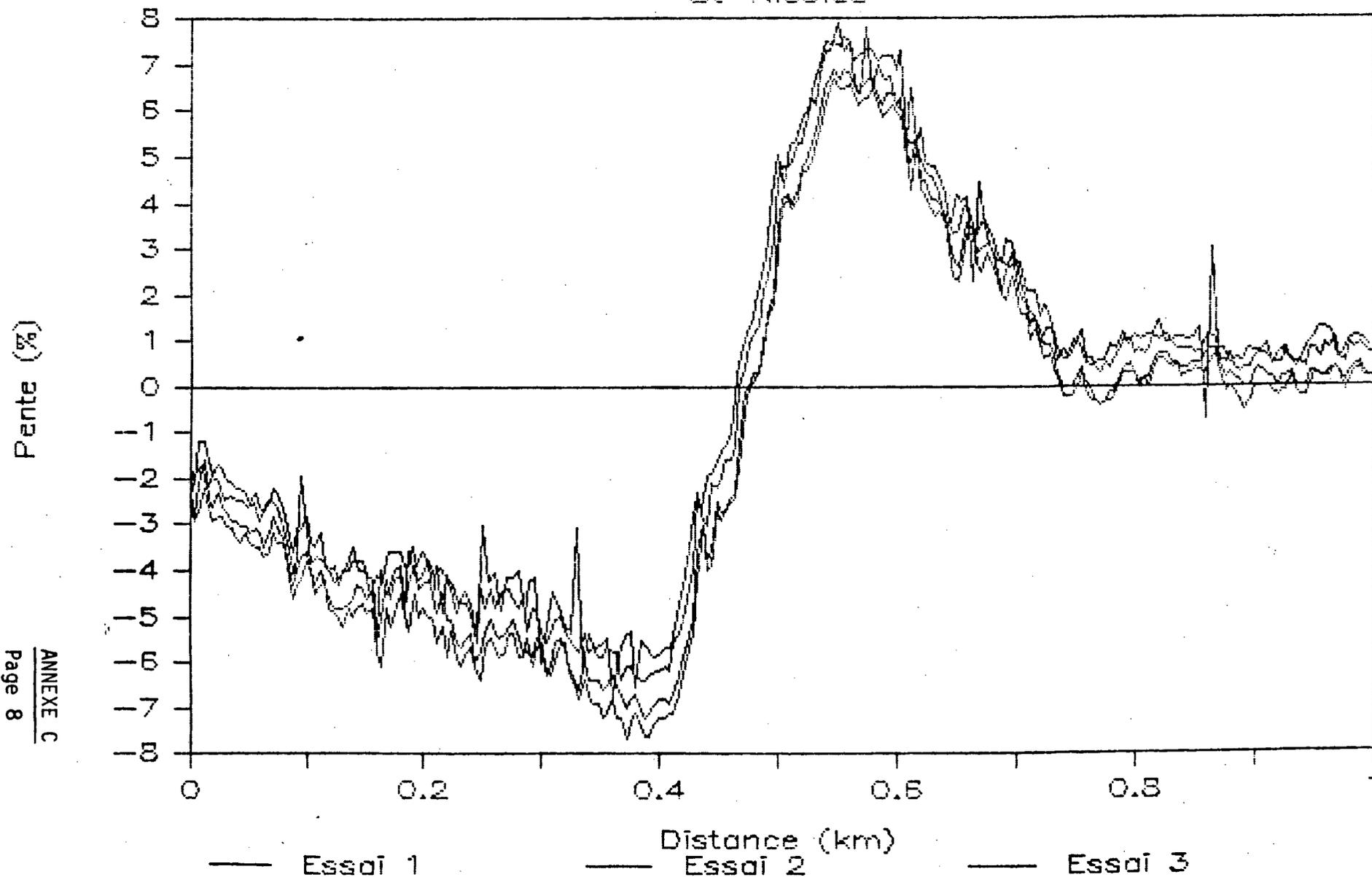
Essai 3 et pente arpentee

St-Nicolas



Pente arpentee et essais 1,2,3

St-Nicolas

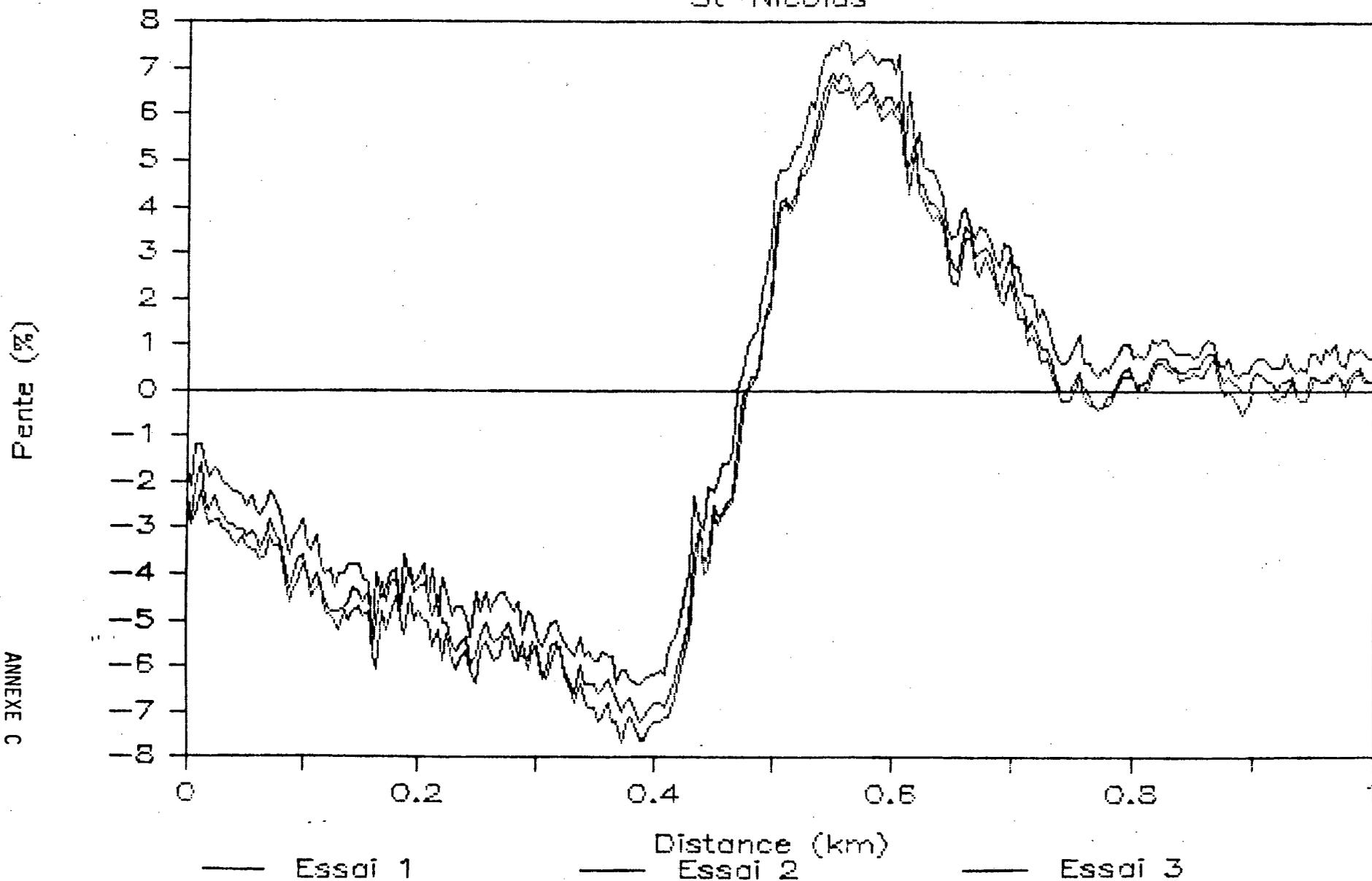


St-Nicolas

| Distance (km) | Aran pente (%) essai 1 | Aran pente (%) essai 2 | Aran pente (%) essai 3 | Distance (km) | Pente arpentee (%) |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------|
| 0.28 | -4.8 | -5.9 | -5.5 | 0.35 | -5.65 |
| 0.284 | -4.6 | -5.9 | -5.8 | 0.355 | -5.5 |
| 0.288 | -5.3 | -5.5 | -5.8 | 0.36 | -6.75 |
| 0.292 | -4.8 | -6.1 | -5.9 | 0.365 | -5.85 |
| 0.296 | -4.9 | -5.7 | -5.5 | 0.37 | -5.45 |
| 0.3 | -5.4 | -5.6 | -5.7 | 0.375 | -5.35 |
| 0.304 | -5.6 | -6.2 | -6.3 | 0.38 | -6.55 |
| 0.308 | -5.4 | -6.3 | -6.1 | 0.385 | -5.55 |
| 0.312 | -5.1 | -6 | -5.6 | 0.39 | -5.7 |
| 0.316 | -5 | -5.6 | -5.5 | 0.395 | -5.9 |
| 0.32 | -5.3 | -5.6 | -5.7 | 0.4 | -5.85 |
| 0.324 | -5.5 | -6.2 | -6.1 | 0.405 | -5.7 |
| 0.328 | -5.7 | -6.5 | -6.4 | 0.41 | -5.7 |
| 0.332 | -5.8 | -6.8 | -6.6 | 0.415 | -4.95 |
| 0.336 | -5.4 | -6.4 | -6 | 0.42 | -4.35 |
| 0.34 | -5.8 | -6.7 | -6.4 | 0.425 | -3.55 |
| 0.344 | -5.7 | -6.9 | -6.4 | 0.43 | -2.5 |
| 0.348 | -5.9 | -6.9 | -6.4 | 0.435 | -2.65 |
| 0.352 | -5.9 | -7.2 | -6.6 | 0.44 | -1.95 |
| 0.356 | -5.7 | -7.1 | -6.5 | 0.445 | -1.85 |
| 0.36 | -5.8 | -6.8 | -6.3 | 0.45 | -1.5 |
| 0.364 | -5.8 | -7.2 | -6.5 | 0.455 | -1.3 |
| 0.368 | -6.4 | -7.2 | -6.7 | 0.46 | -1.05 |
| 0.372 | -6.1 | -7.7 | -7 | 0.465 | 0.25 |
| 0.376 | -6.1 | -7.3 | -6.8 | 0.47 | 0.7 |
| 0.38 | -6.3 | -7.1 | -6.7 | 0.475 | 1.15 |
| 0.384 | -6.4 | -7.4 | -7 | 0.48 | 1.5 |
| 0.388 | -6.4 | -7.6 | -7.2 | 0.485 | 2.25 |
| 0.392 | -6.3 | -7.6 | -7.1 | 0.49 | 2.8 |
| 0.396 | -6.2 | -7.3 | -6.9 | 0.495 | 4.2 |
| 0.4 | -6.2 | -7.2 | -6.8 | 0.5 | 5.05 |

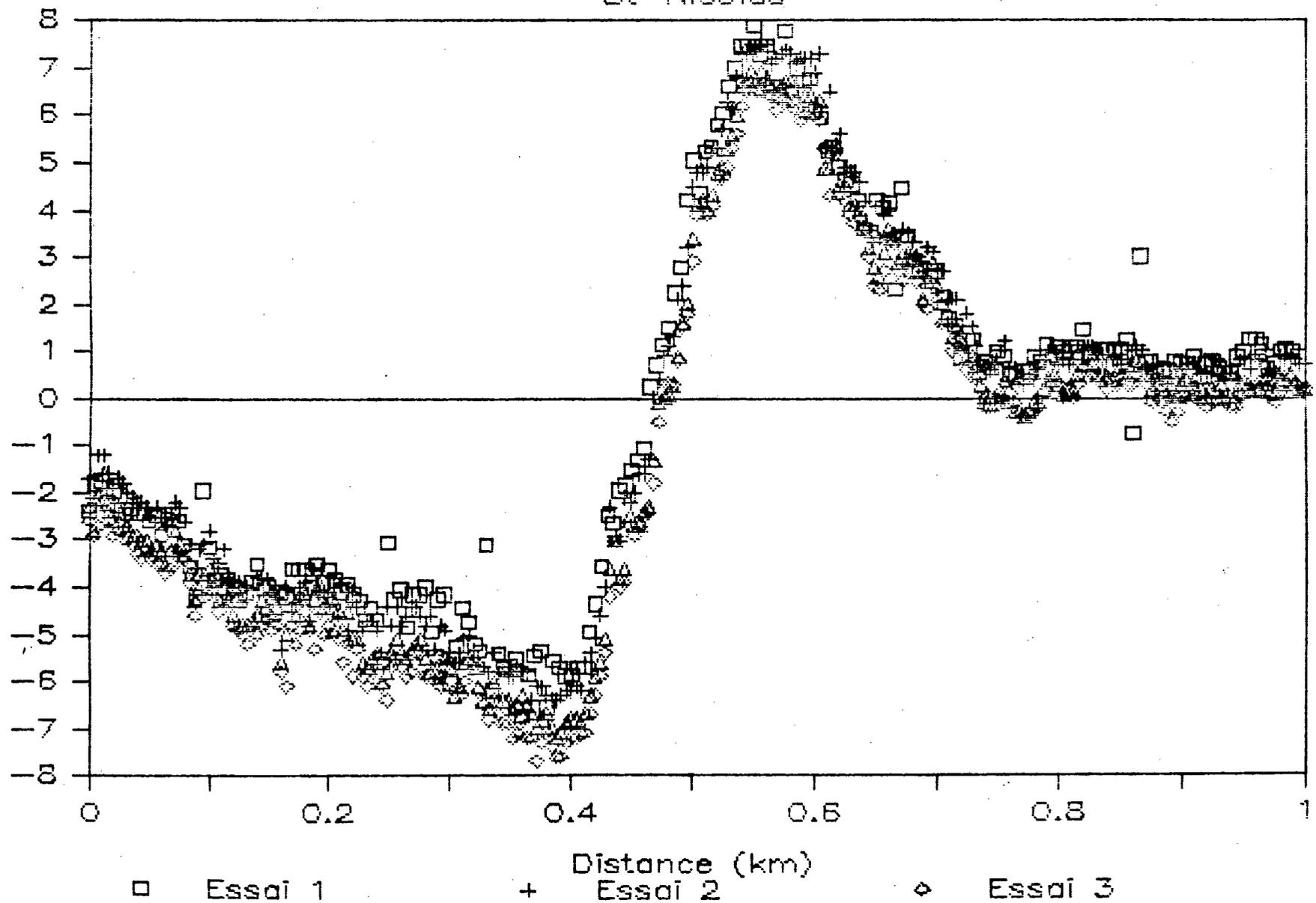
Pente: comparaison des 3 essais

St-Nicolas



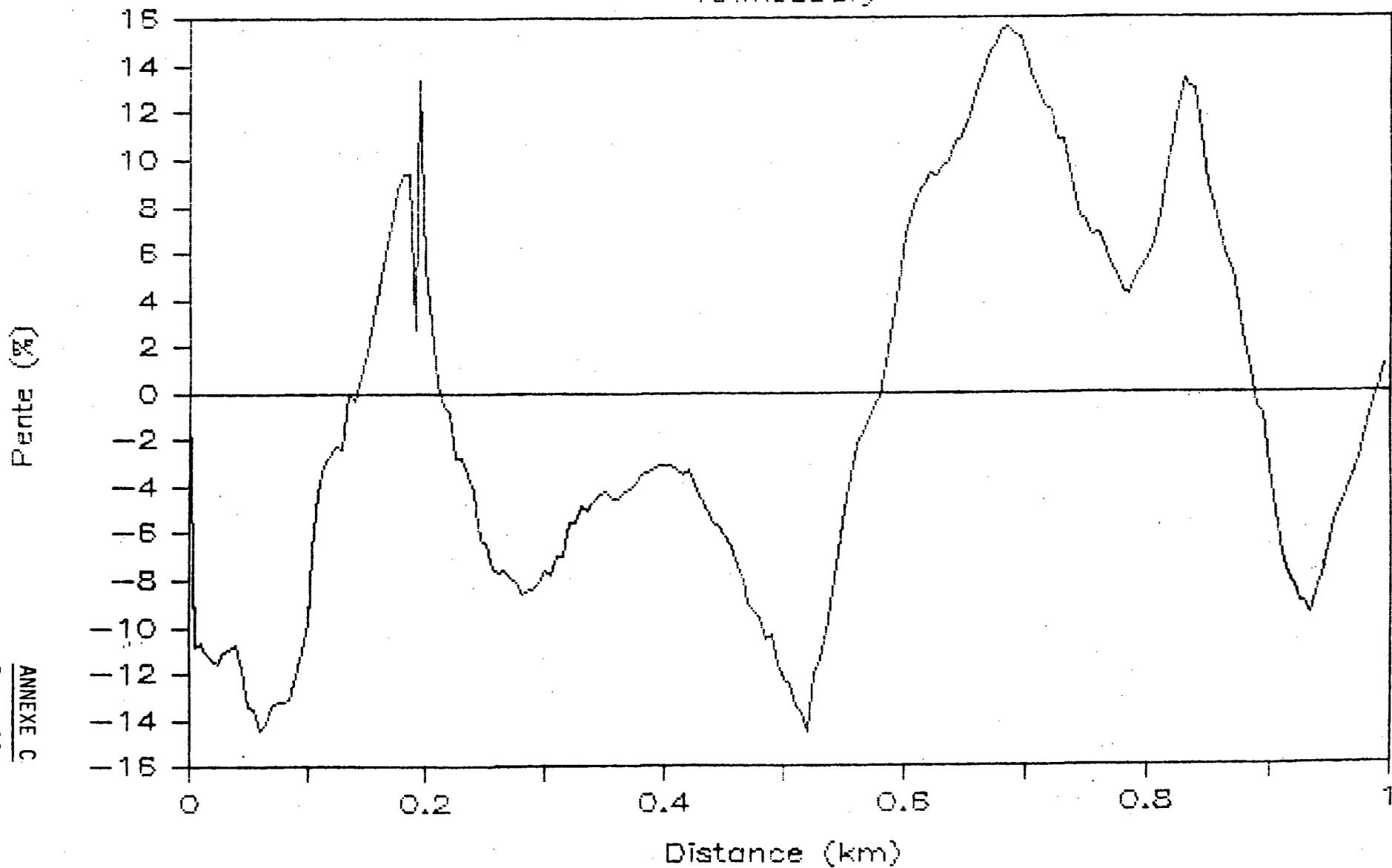
Pente arpentee et essais 1,2,3

St-Nicolas



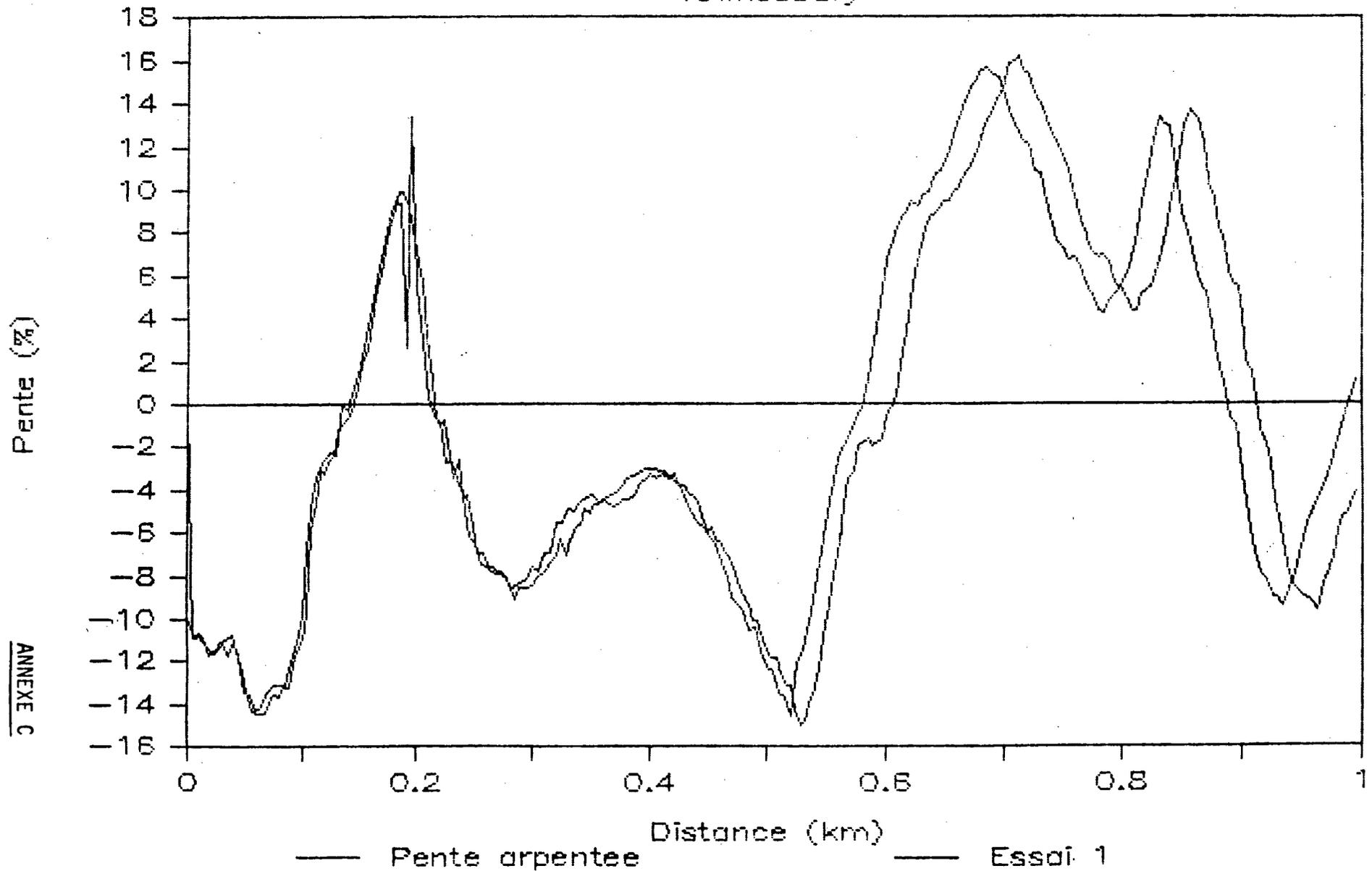
Pente arpentee

Tewkesbury



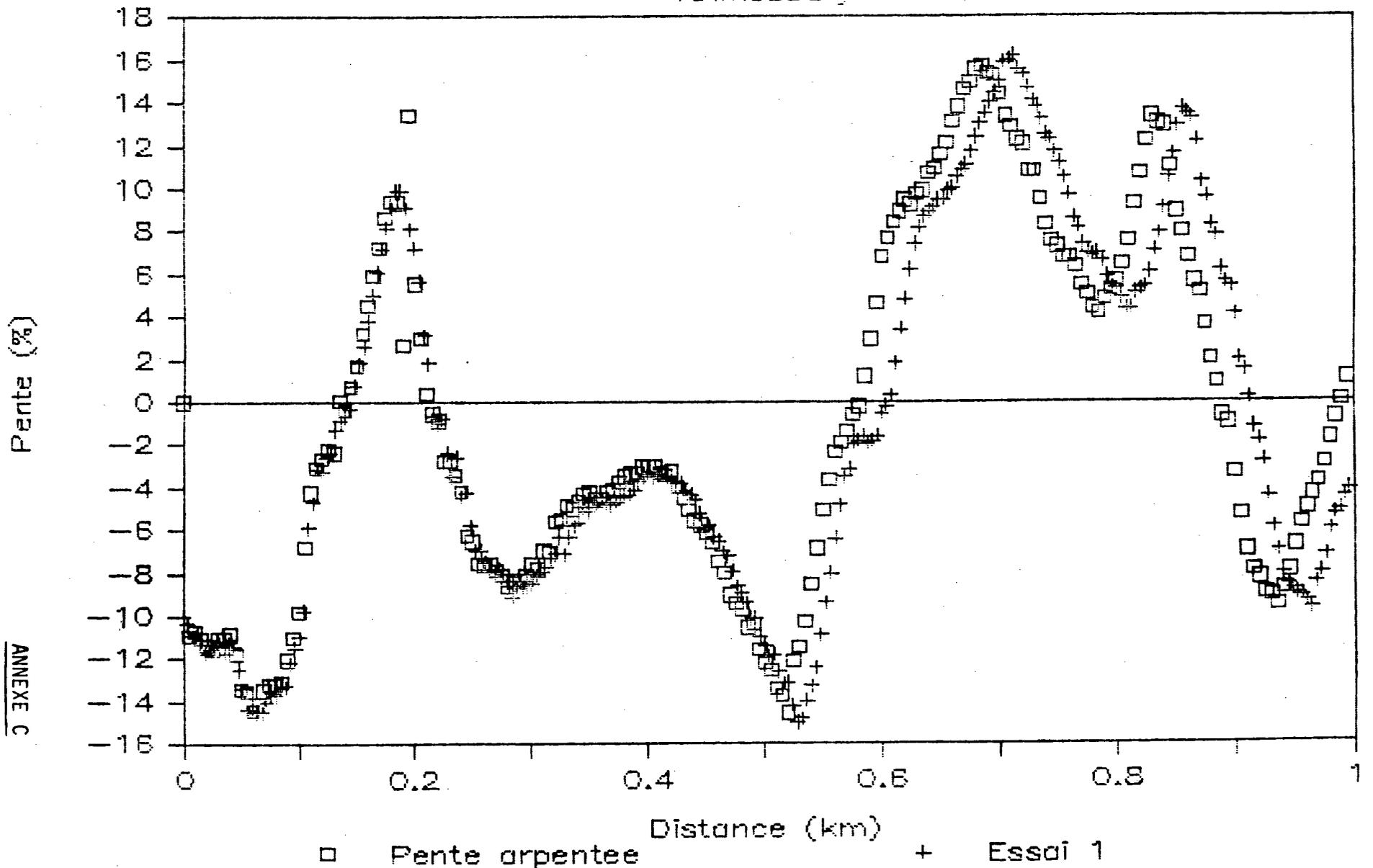
Pente arpentee et essai 1

Tewkesbury



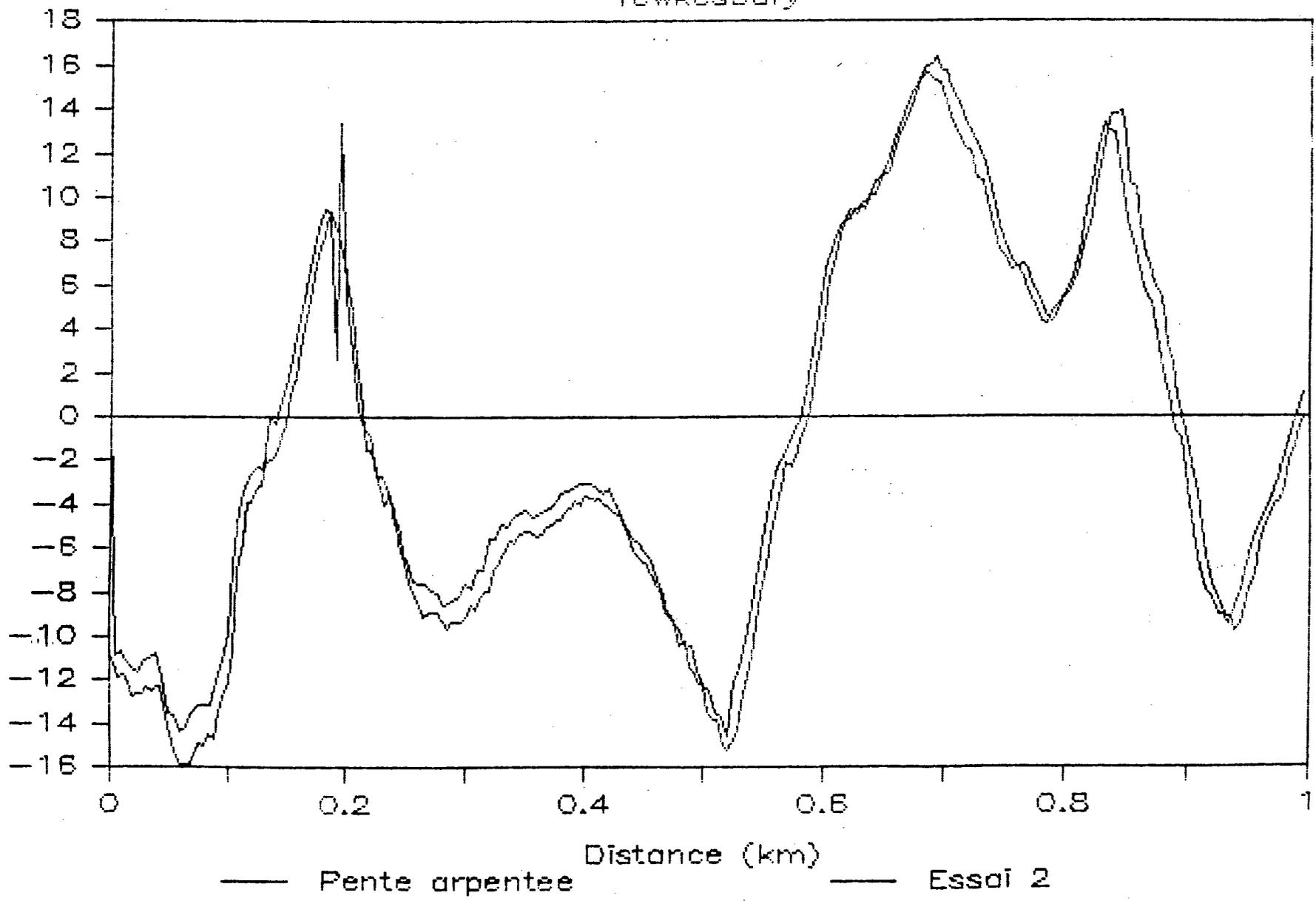
Pente arpentee et essai 1

Tewkesbury



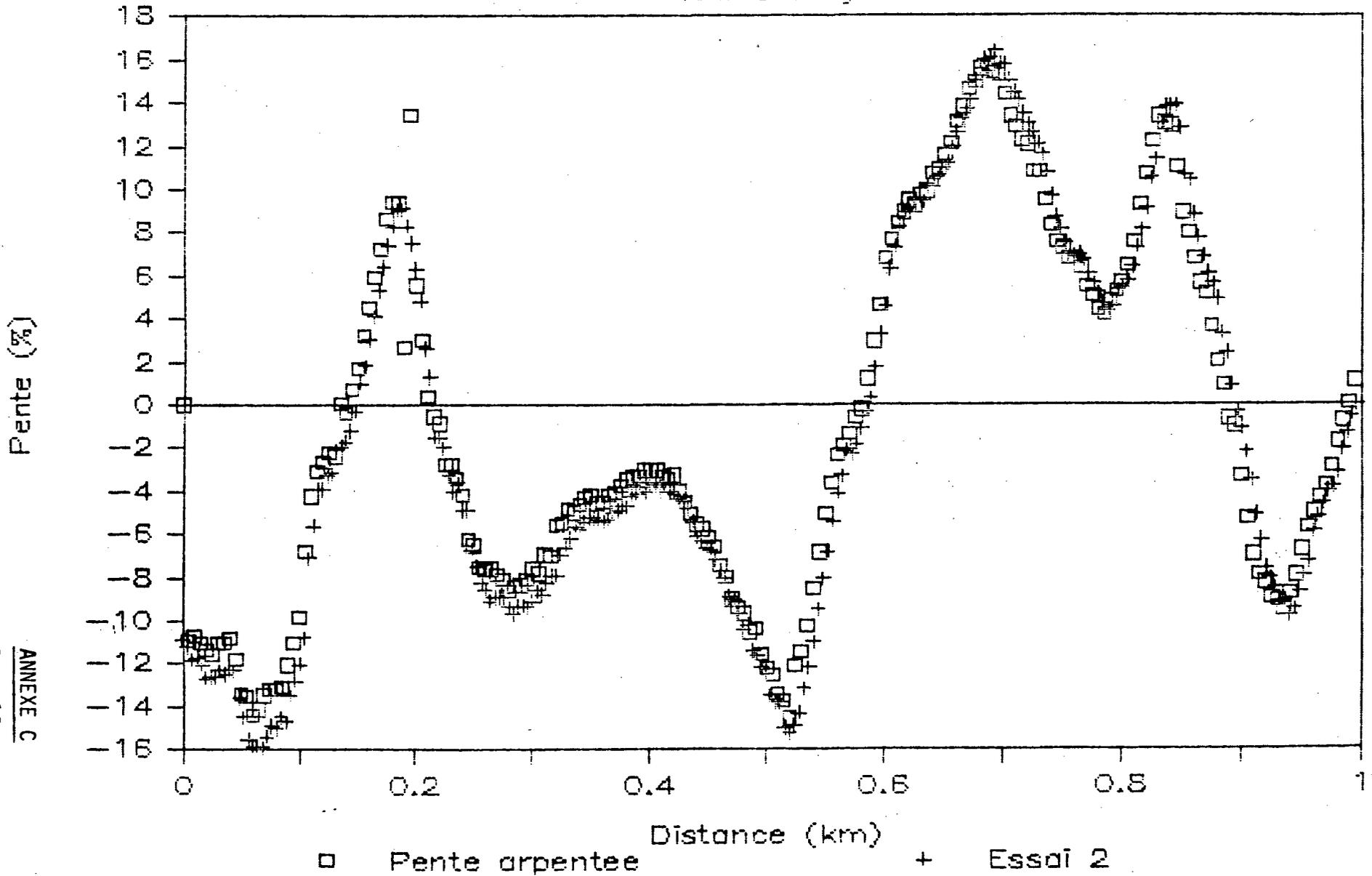
Pente arpentee et essai 2

Tewkesbury



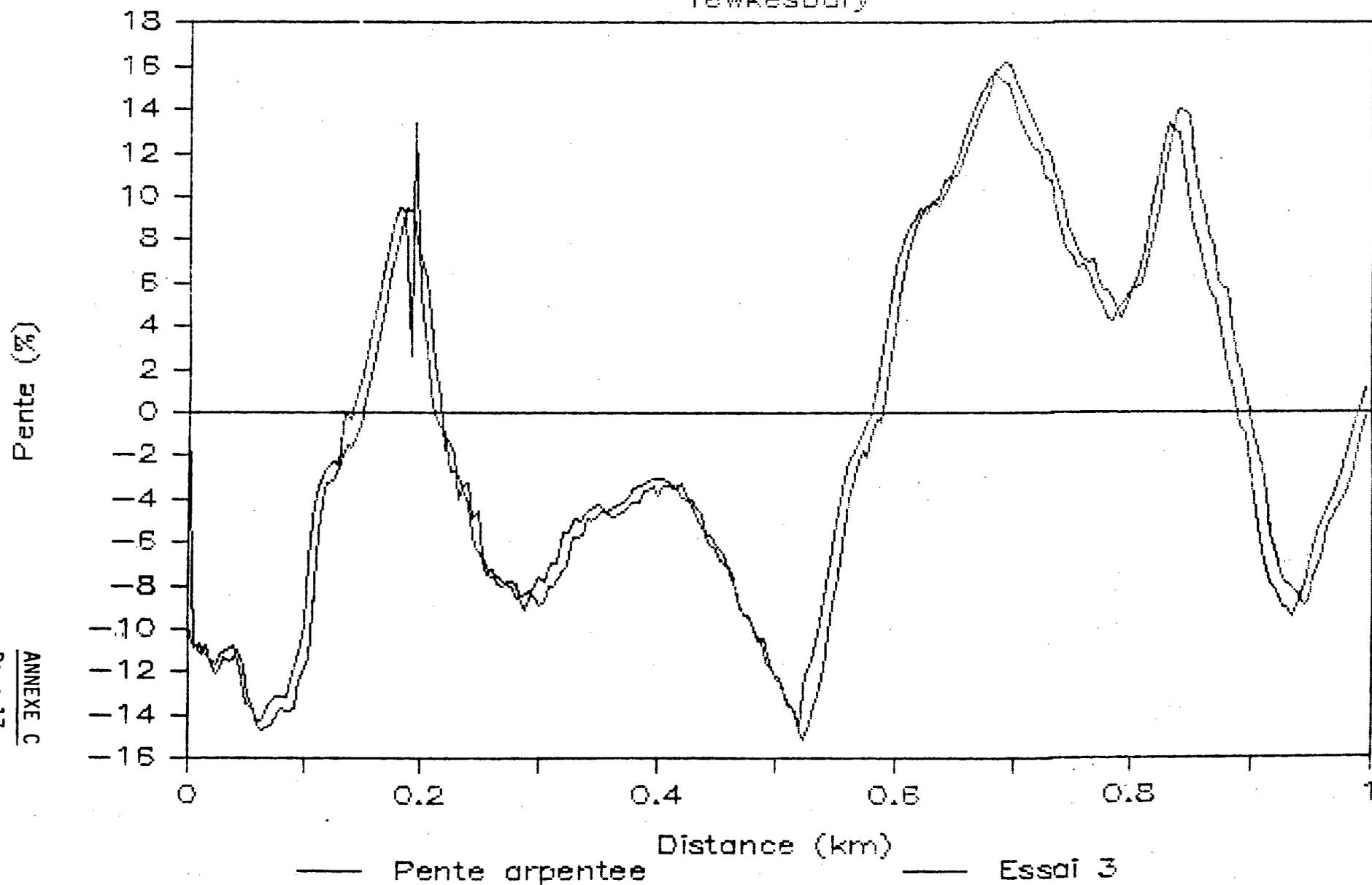
Pente arpentee et essai 2

Tewkesbury



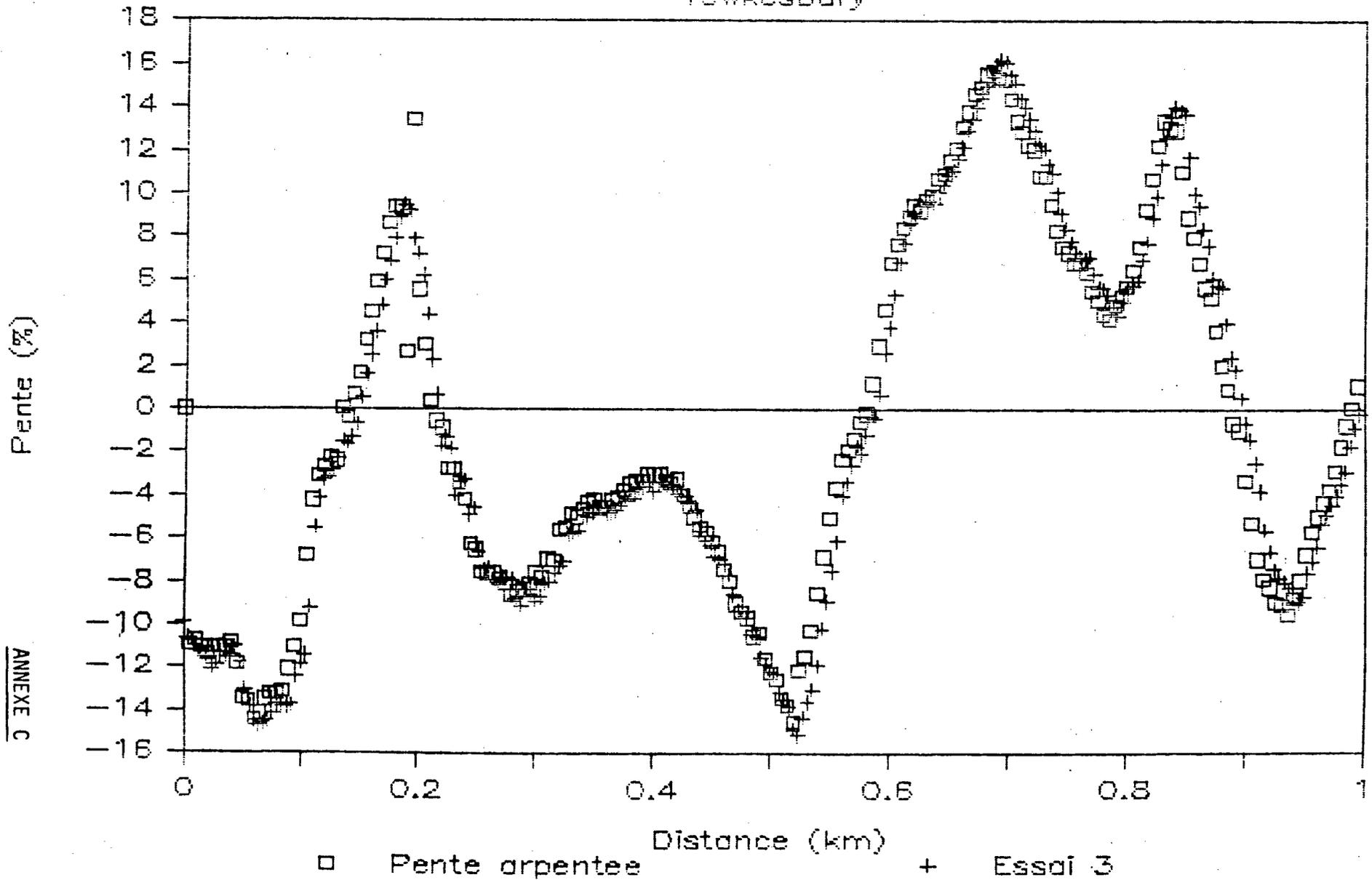
Pente arpentee et essai 3

Tewkesbury



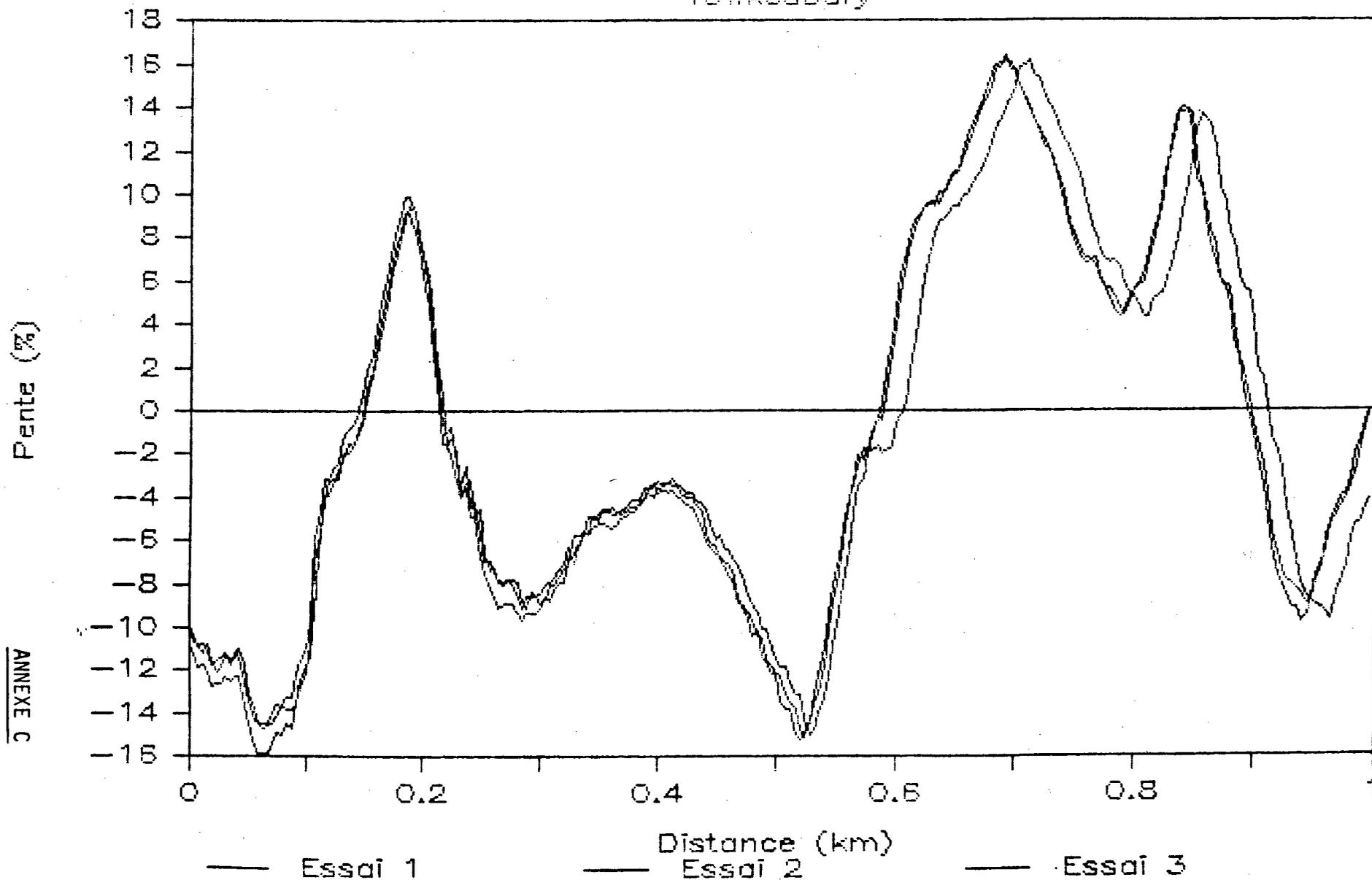
Pente arpentee et essai 3

Tewkesbury



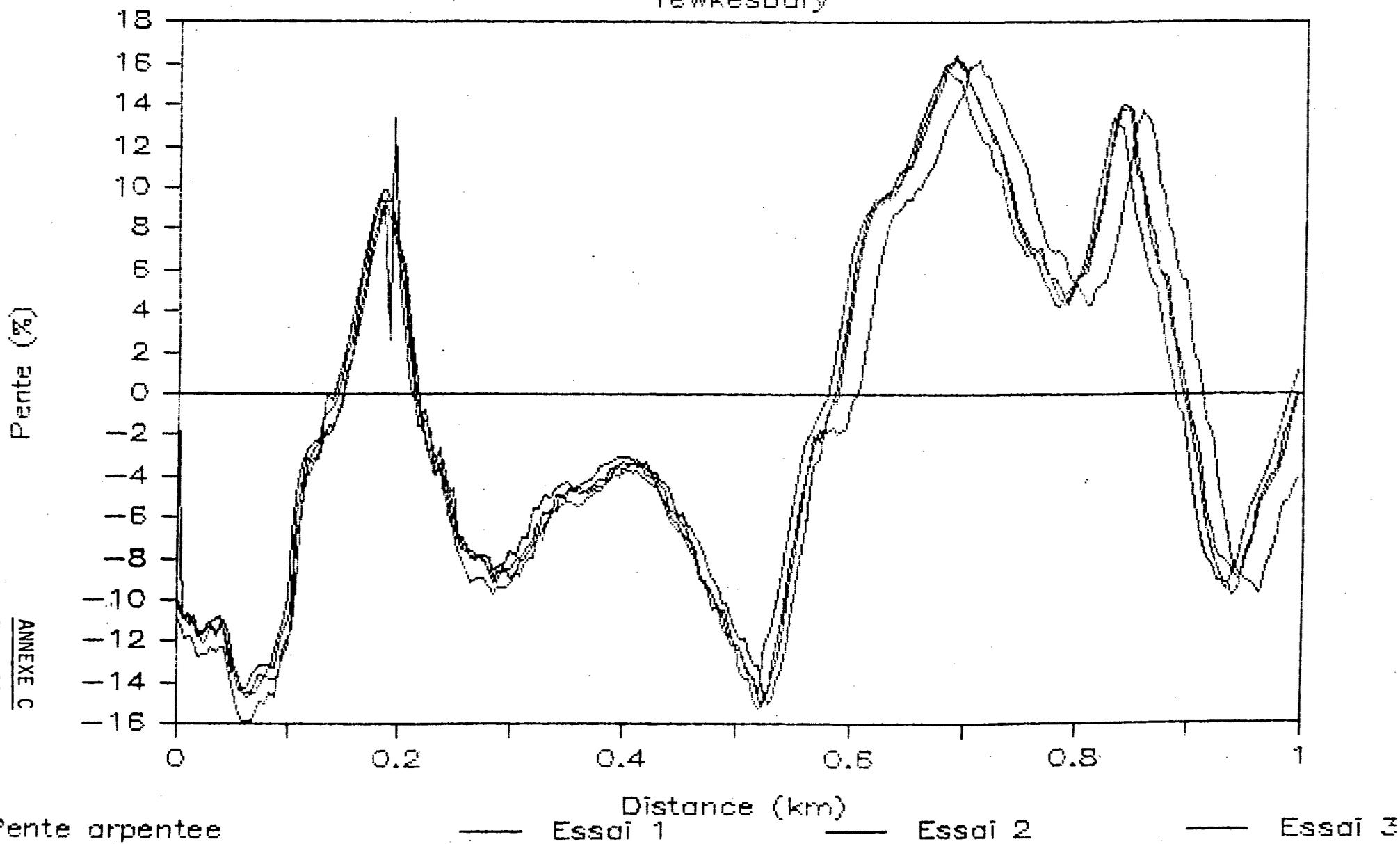
Pente: essais 1,2,3

Tewkesbury



Pente arpentee et essais 1,2,3

Tewkesbury

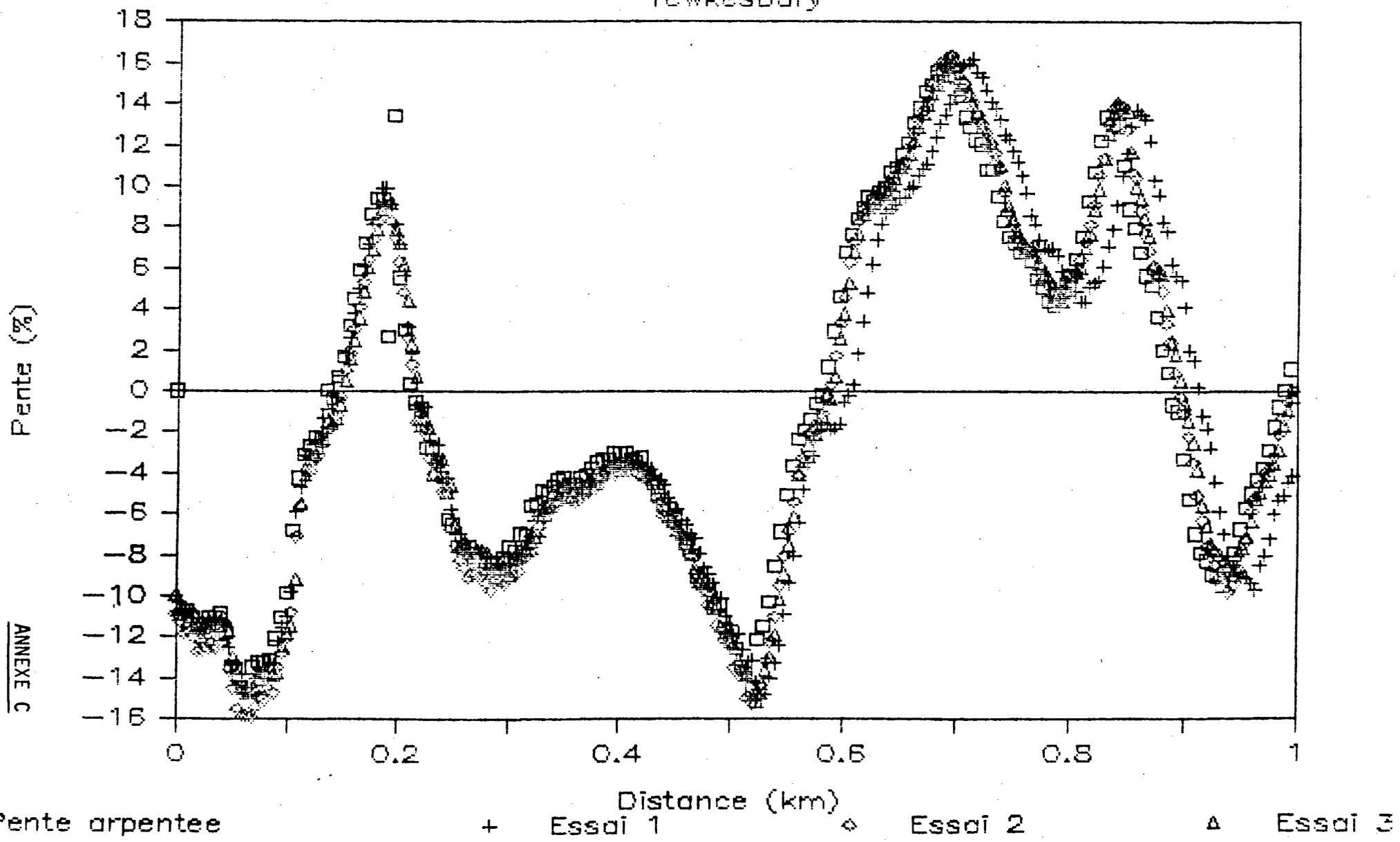


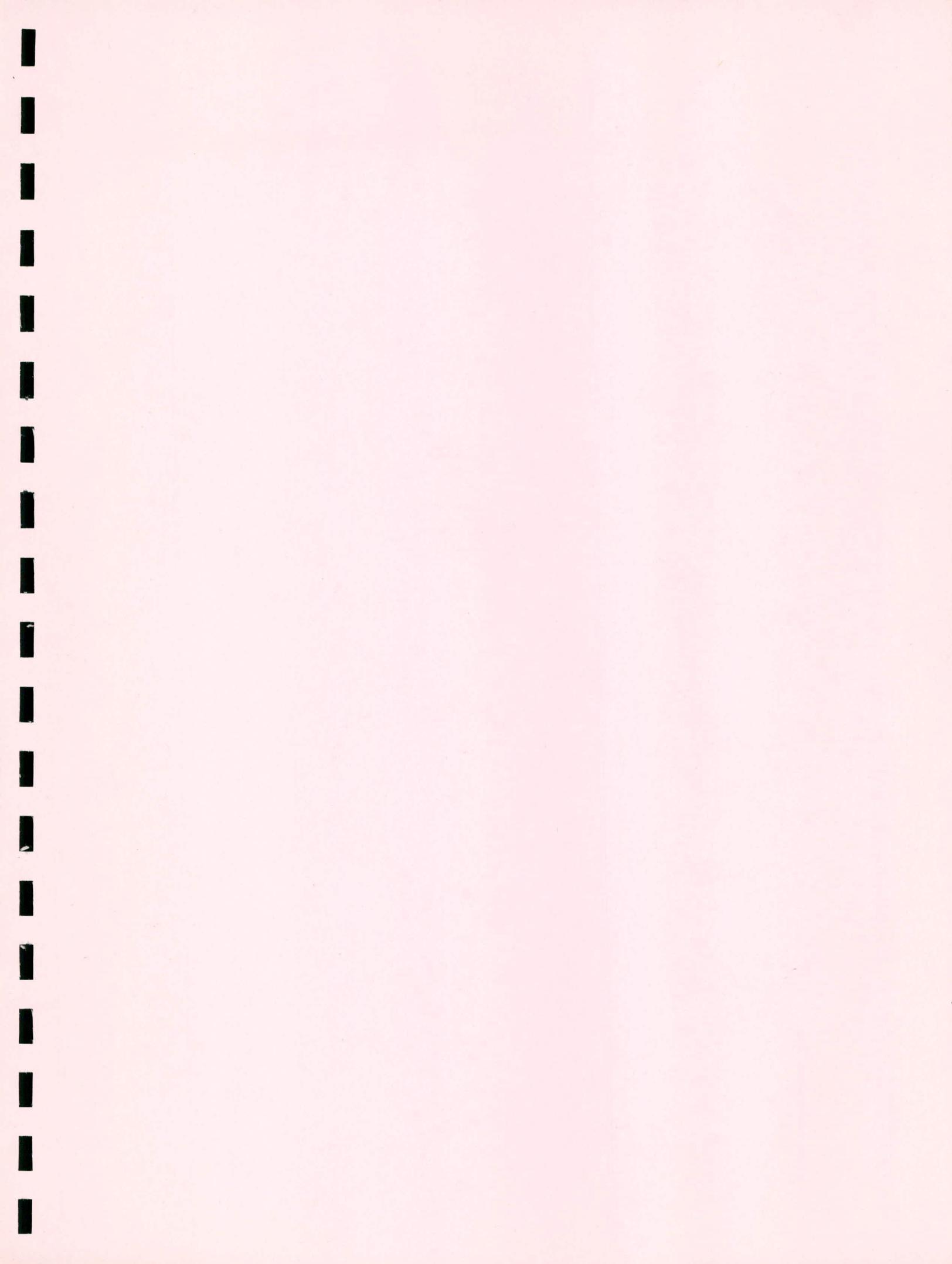
Tewkesbury

| Distance (km) | Aran Pente (%) Arpente | Distance (km) | Aran Pente (%) Essai 1 | Aran Pente (%) Essai 2 | Aran Pente (%) Essai 3 |
|------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 0.85 | 9.915 | 0.848 | 11.6 | 12.8 | 13.7 |
| 0.855 | 7.945 | 0.852 | 12.9 | 10.7 | 11.7 |
| 0.86 | 6.76 | 0.856 | 13.7 | 10.4 | 10 |
| 0.865 | 5.66 | 0.86 | 13.5 | 8.8 | 9.4 |
| 0.87 | 5.155 | 0.864 | 13.3 | 7.7 | 8.4 |
| 0.875 | 3.655 | 0.868 | 12.2 | 6.9 | 7.6 |
| 0.88 | 2.05 | 0.872 | 10.3 | 6.1 | 6.1 |
| 0.885 | 0.95 | 0.876 | 9.6 | 5.6 | 5.8 |
| 0.89 | -0.635 | 0.88 | 8.3 | 4.9 | 5.7 |
| 0.895 | -0.985 | 0.884 | 7.8 | 3.3 | 4 |
| 0.9 | -3.27 | 0.888 | 6.2 | 2.4 | 2.4 |
| 0.905 | -5.29 | 0.892 | 5.6 | 0.9 | 1.8 |
| 0.91 | -6.965 | 0.896 | 5.4 | -0.3 | 0.5 |
| 0.915 | -7.905 | 0.9 | 4.1 | -1.1 | -0.6 |
| 0.92 | -8.26 | 0.904 | 2 | -2.2 | -1.4 |
| 0.925 | -8.97 | 0.908 | 1.5 | -3.5 | -2.5 |
| 0.93 | -9.045 | 0.912 | 0.2 | -5.1 | -3.8 |
| 0.935 | -9.485 | 0.916 | -1.2 | -6.3 | -5.6 |
| 0.94 | -8.74 | 0.92 | -1.8 | -7.6 | -6.6 |
| 0.945 | -7.93 | 0.924 | -2.8 | -8.1 | -7.4 |
| 0.95 | -6.73 | 0.928 | -4.4 | -8.5 | -7.8 |
| | | 0.932 | -5.9 | -9.1 | -8 |
| | | 0.936 | -7 | -9.1 | -8.3 |
| | | 0.94 | -8.1 | -9.8 | -8.5 |
| | | 0.944 | -8.6 | -9.5 | -8.9 |
| | | 0.948 | -8.8 | -8.7 | -8.7 |
| | | 0.952 | -9 | -7.9 | -7.6 |

Pente arpentee et essais 1,2,3

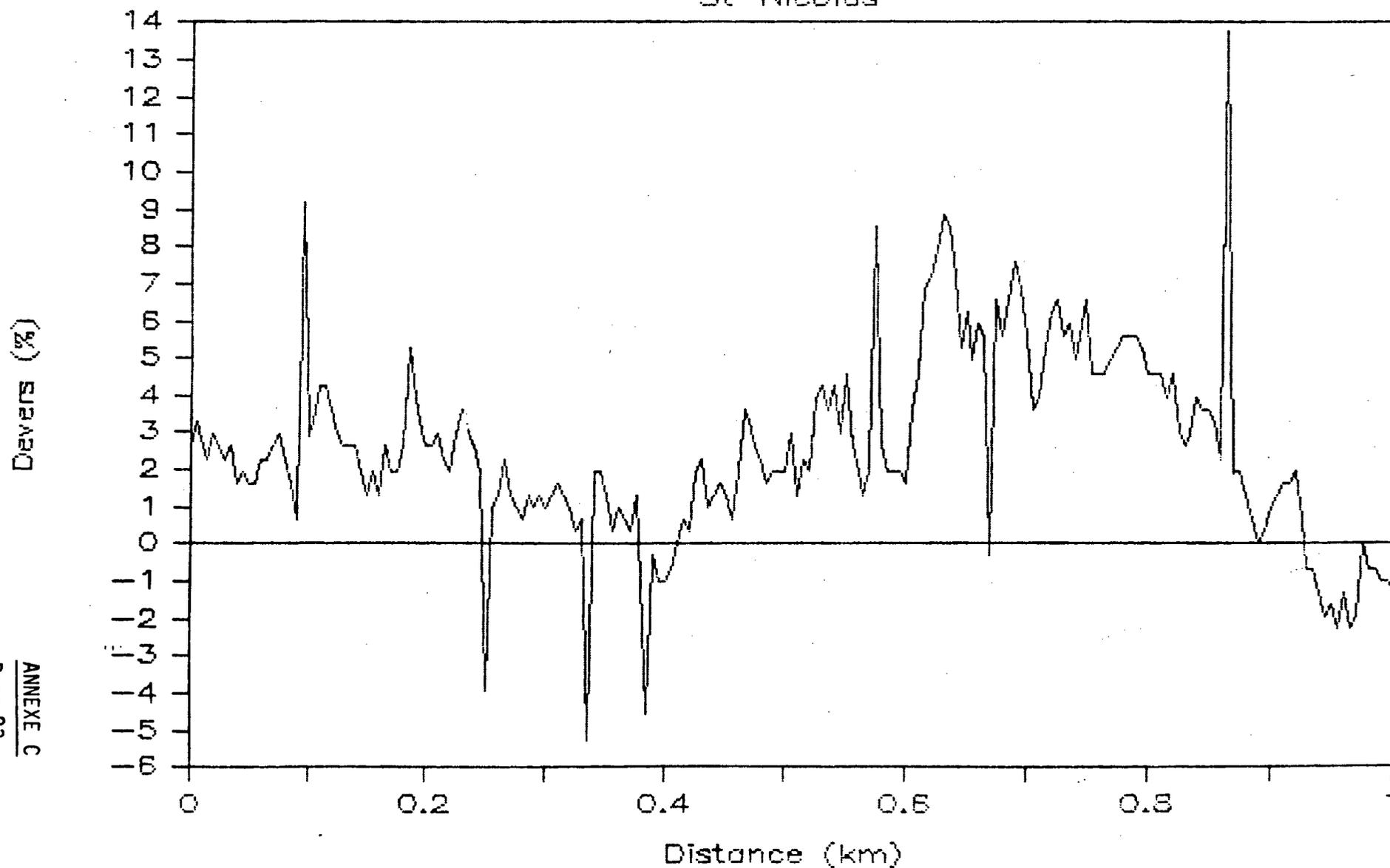
Tewkesbury





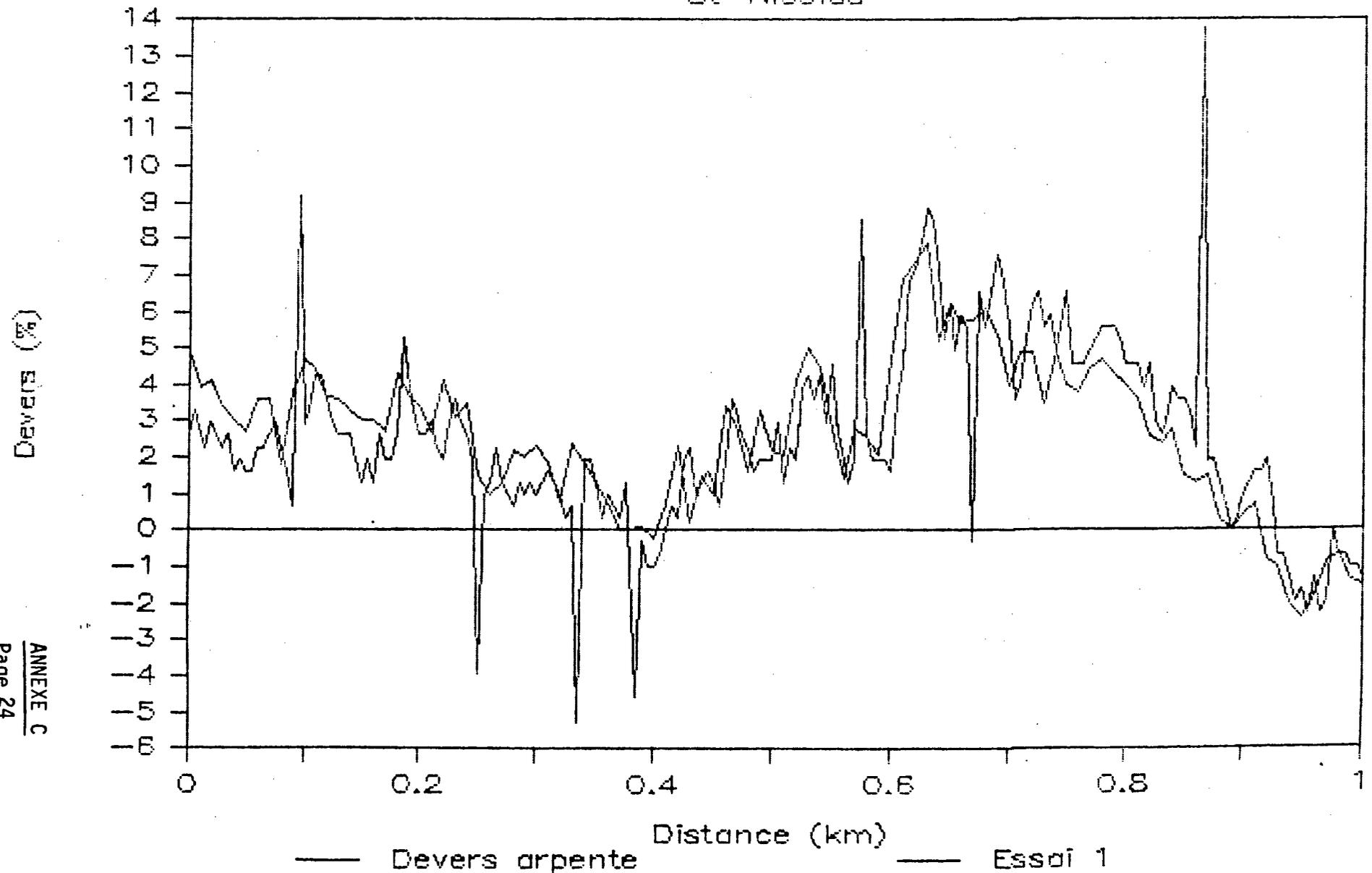
Devers: valeurs arpentées

St-Nicolas



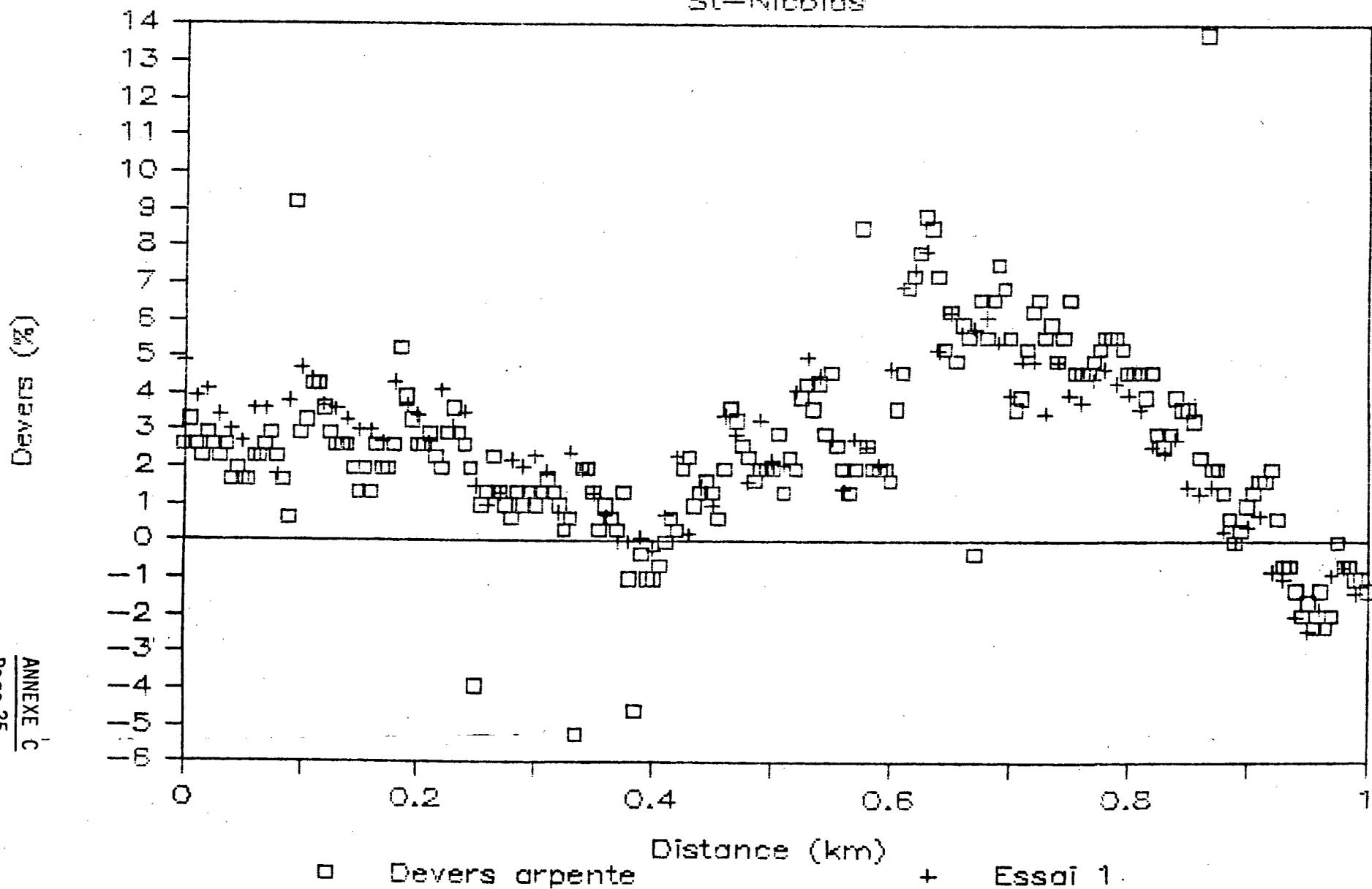
Devers arpente et essai 1

St-Nicolas



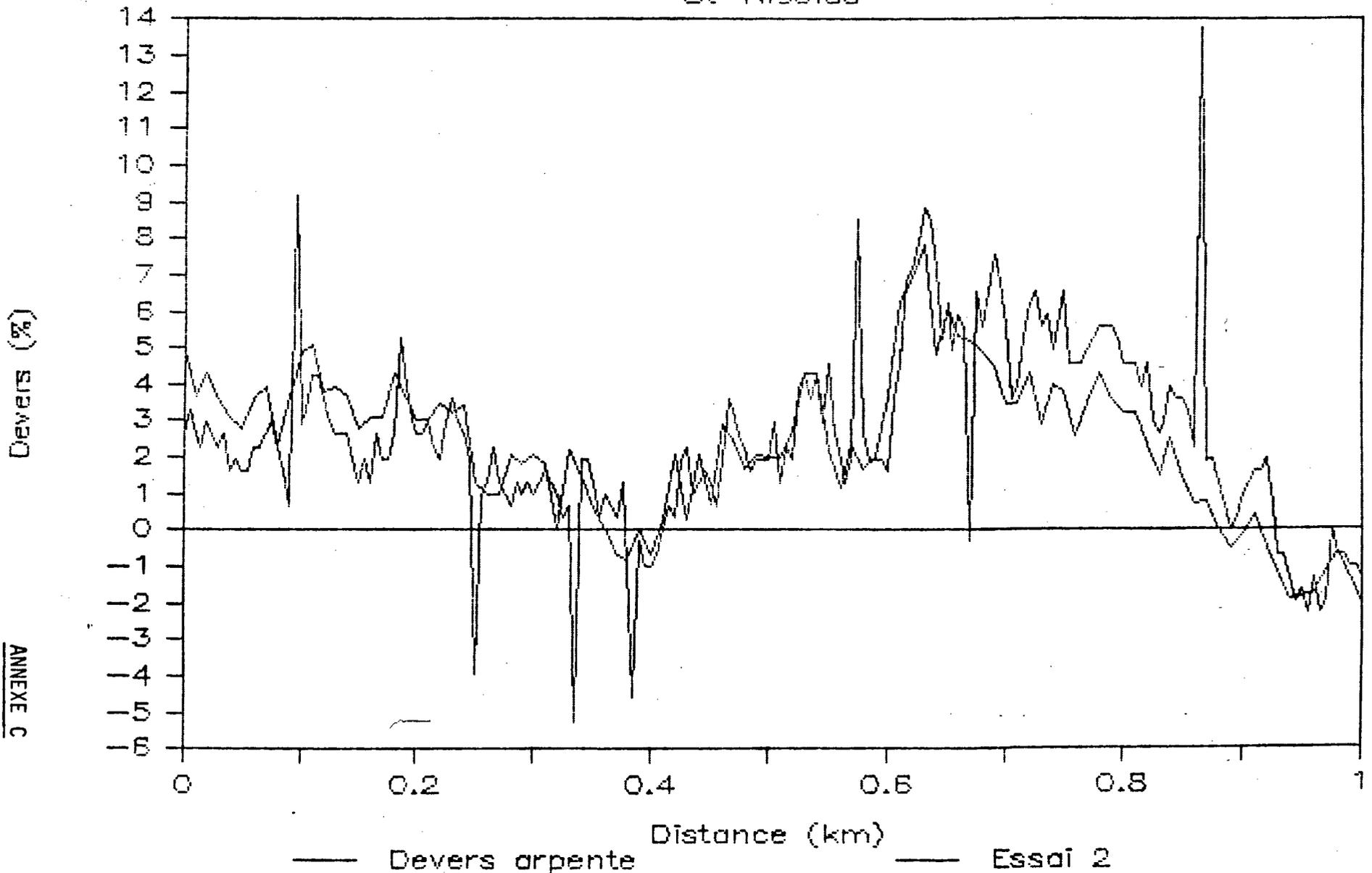
Devers arpenté et essai 1

St-Nicolas



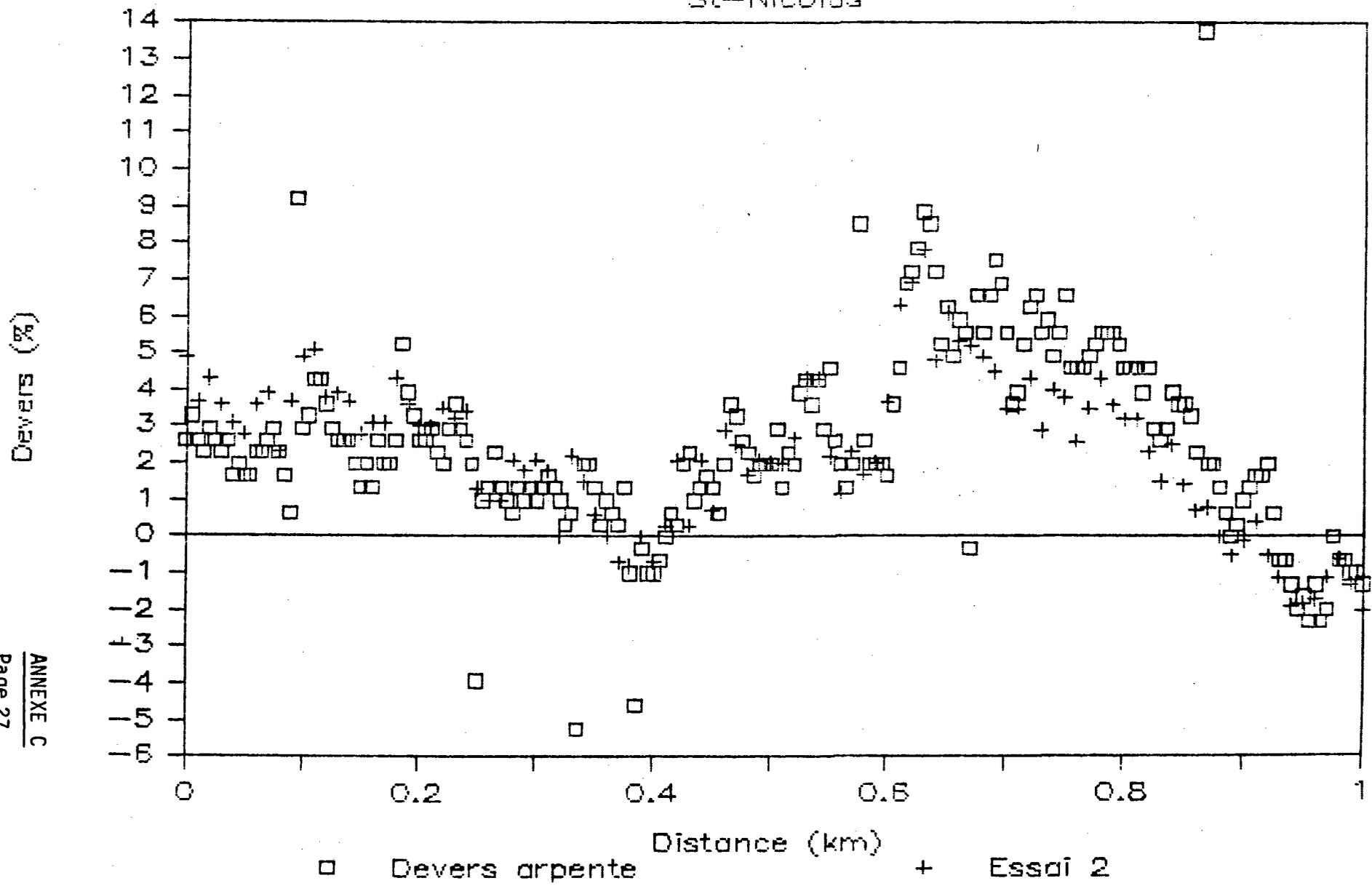
Devers arpente et essai 2

St-Nicolas



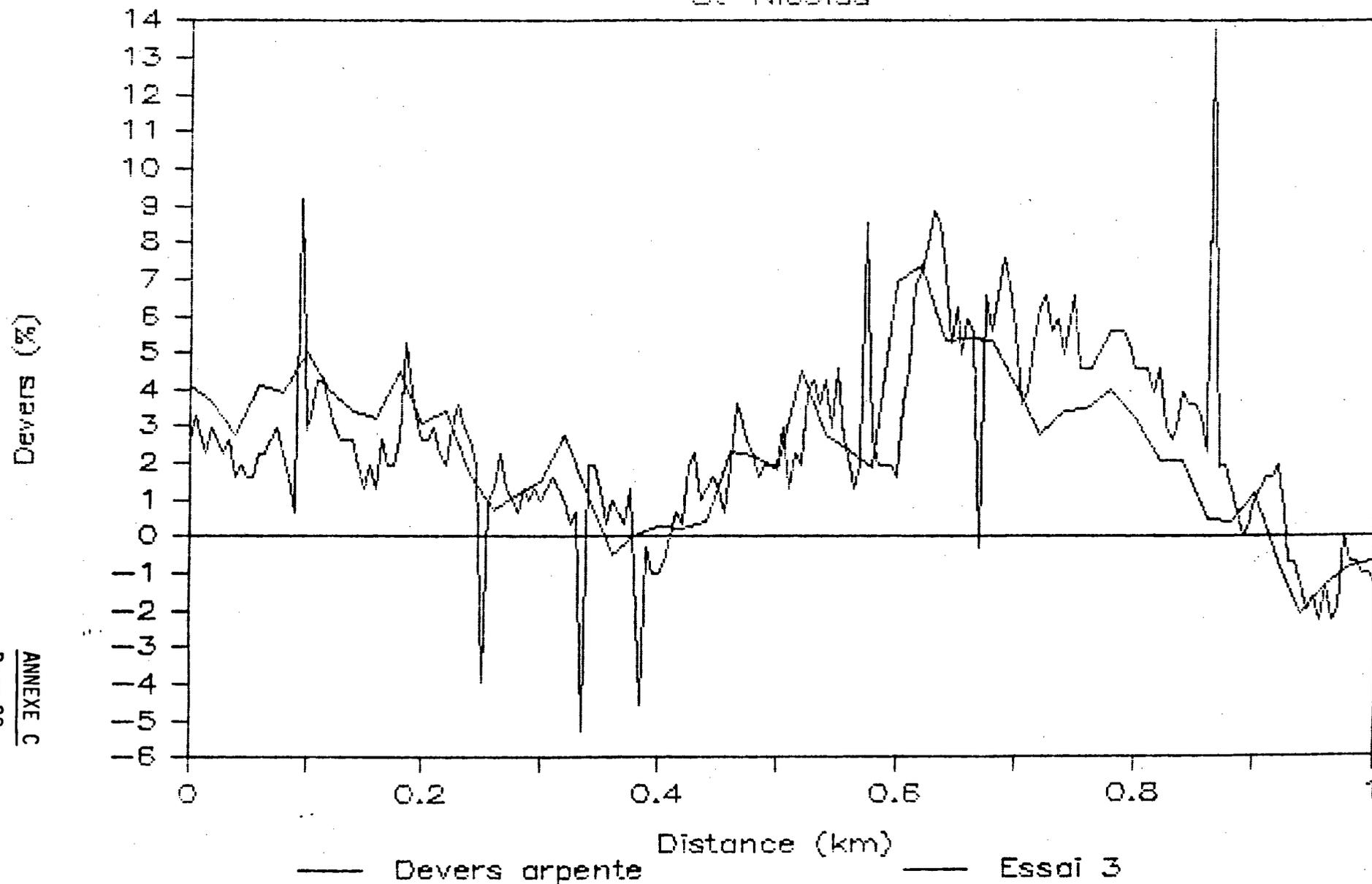
Devers arpenté et essai 2

St-Nicolas



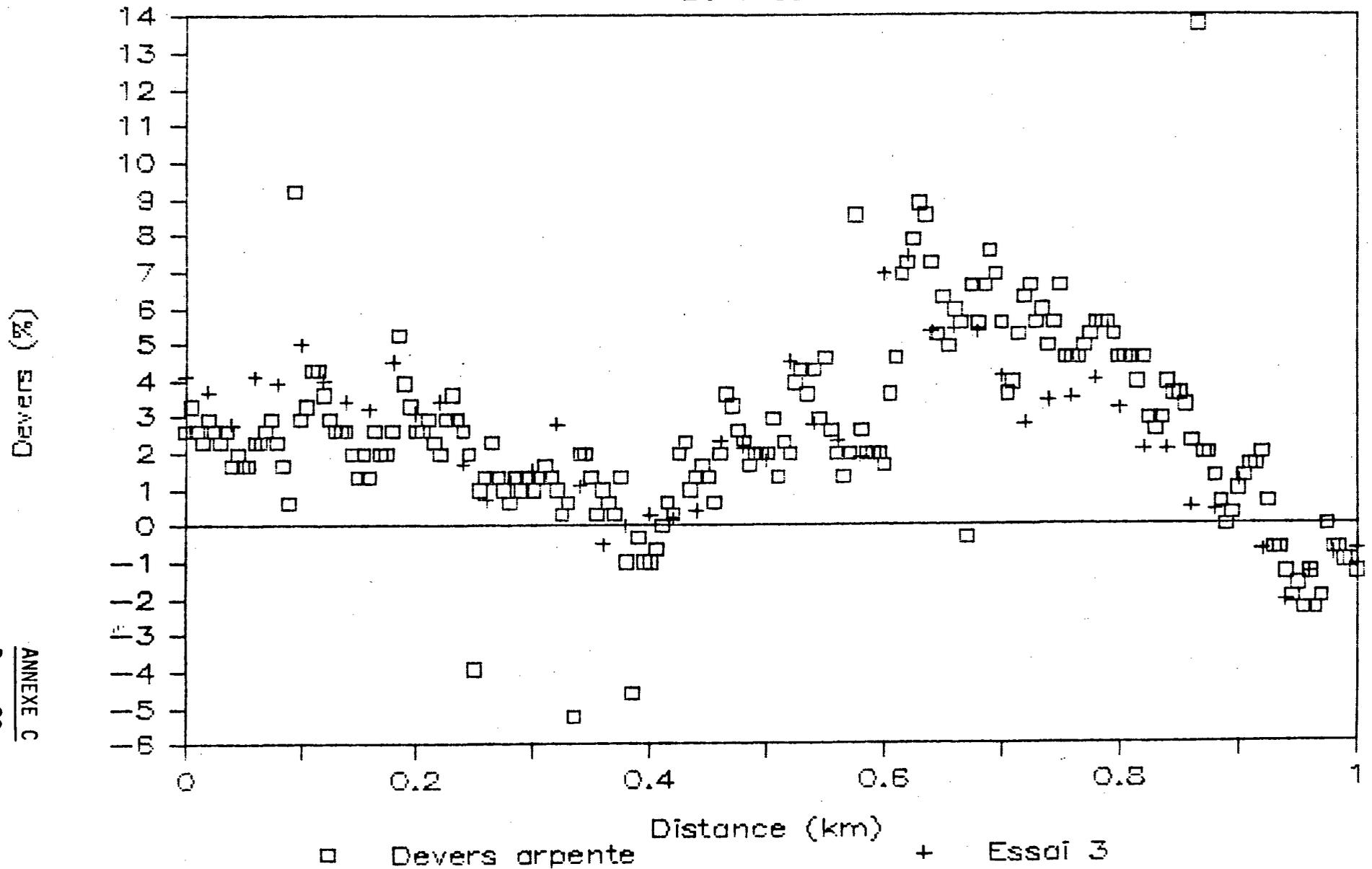
Devers arpenté et essai 3

St-Nicolas



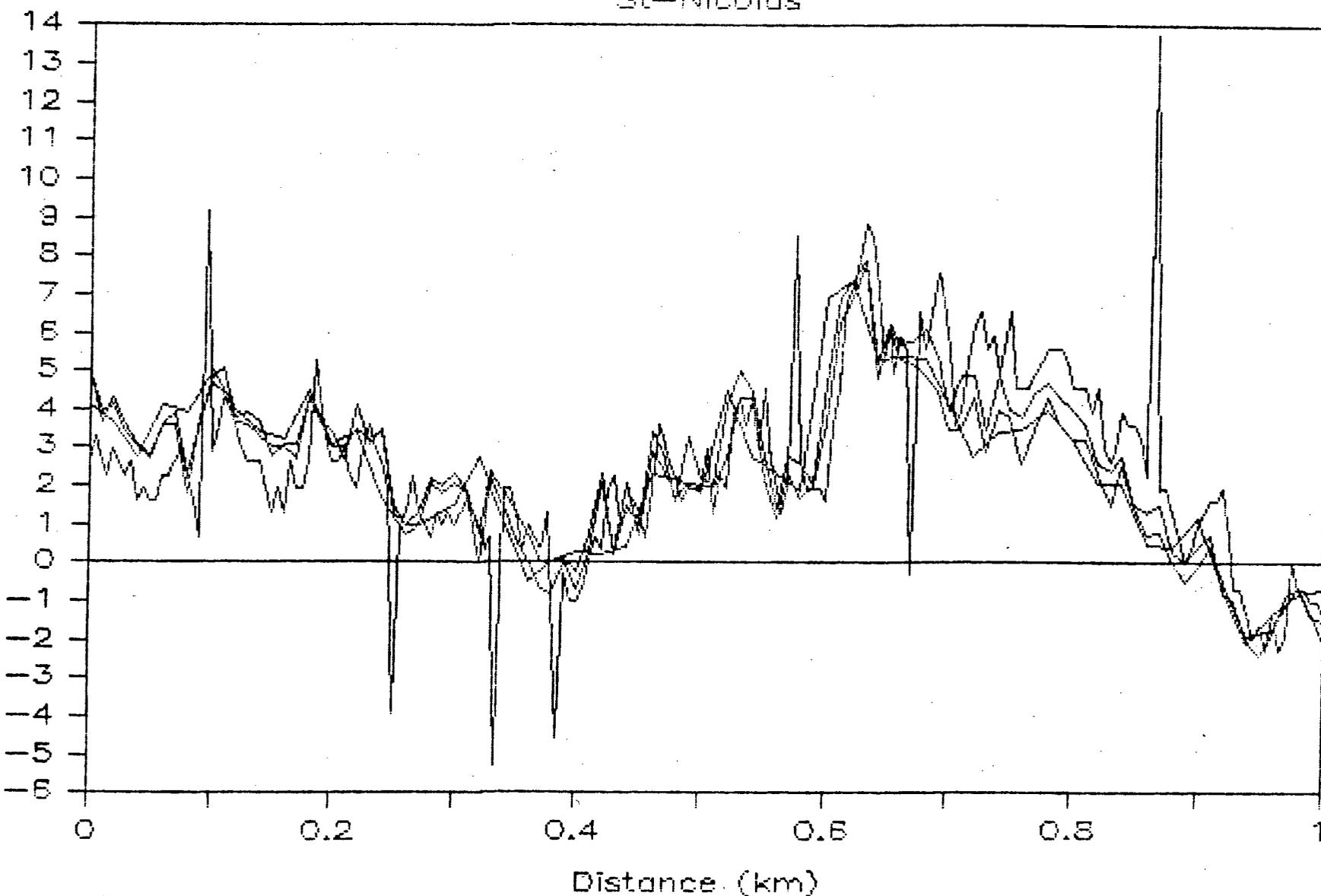
Devers arpenté et essai 3

St-Nicolas



Devers arpenté et essais 1,2,3

St-Nicolas



devers arpenté

— essai 1

— essai 2

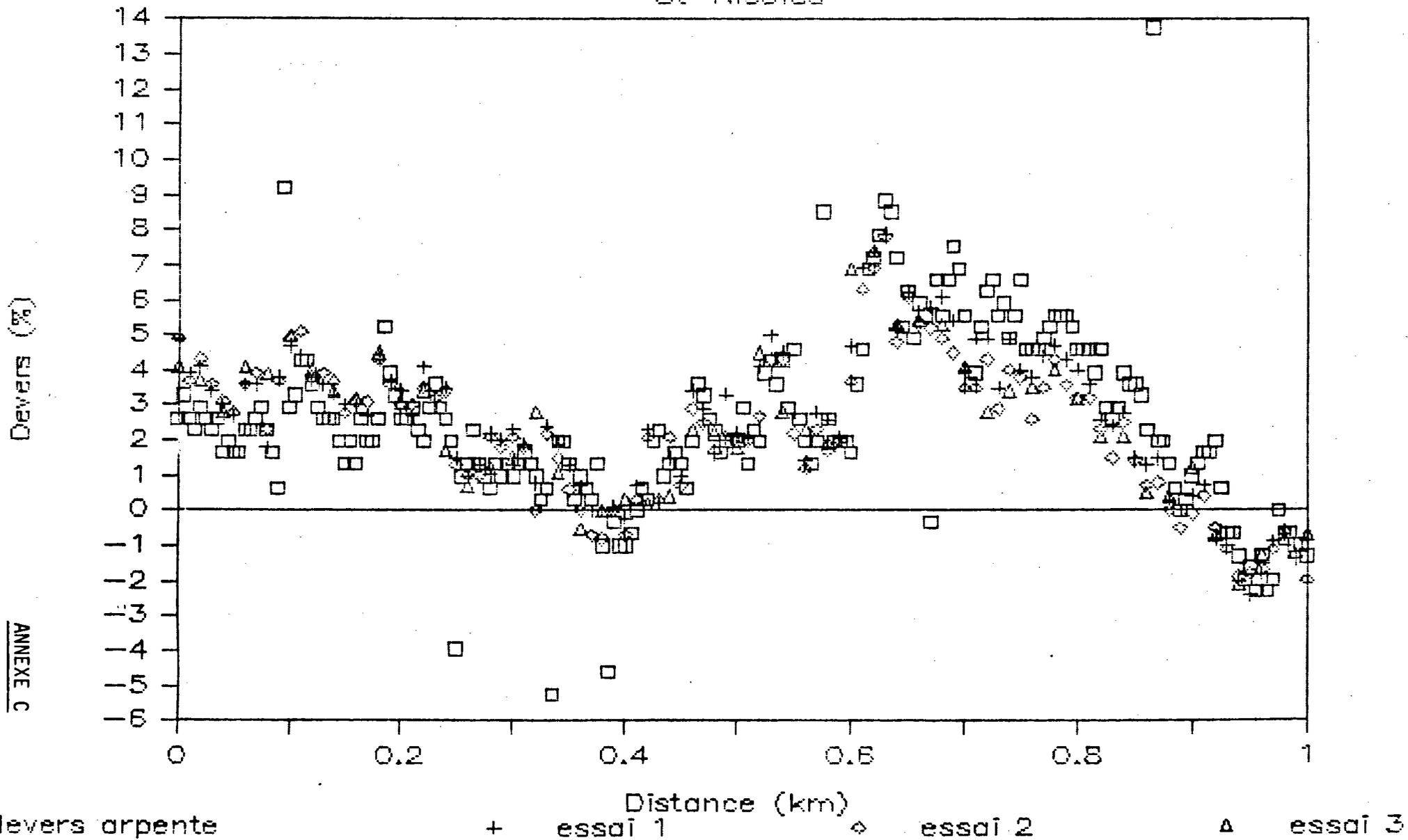
— essai 3

St-Nicolas

| Distance (km) | Aran Devers | Aran Devers | Distance (km) | Aran Devers | Distance (km) | Dev (%) Arpente |
|------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|--------------------|
| | Essai 1 | Essai 2 | | Essai 3 | | |
| 0.7 | 4 | 3.5 | 0.7 | 4.1 | 0.7 | 5.58 |
| 0.71 | 4.9 | 3.5 | 0.72 | 2.8 | 0.705 | 3.61 |
| 0.72 | 4.9 | 4.3 | 0.74 | 3.4 | 0.71 | 3.94 |
| 0.73 | 3.5 | 2.9 | 0.76 | 3.5 | 0.715 | 5.25 |
| 0.74 | 4.9 | 4 | 0.78 | 4 | 0.72 | 6.23 |
| 0.75 | 4 | 3.8 | 0.8 | 3.2 | 0.725 | 6.56 |
| 0.76 | 3.8 | 2.6 | | | 0.73 | 5.58 |
| 0.77 | 4.4 | 3.5 | | | 0.735 | 5.91 |
| 0.78 | 4.7 | 4.3 | | | 0.74 | 4.92 |
| 0.79 | 4.3 | 3.6 | | | 0.745 | 5.58 |
| 0.8 | 4 | 3.2 | | | 0.75 | 6.56 |
| | | | | | 0.755 | 4.59 |
| | | | | | 0.76 | 4.59 |
| | | | | | 0.765 | 4.59 |
| | | | | | 0.77 | 4.92 |
| | | | | | 0.775 | 5.25 |
| | | | | | 0.78 | 5.58 |
| | | | | | 0.785 | 5.58 |
| | | | | | 0.79 | 5.58 |
| | | | | | 0.795 | 5.25 |
| | | | | | 0.8 | 4.59 |

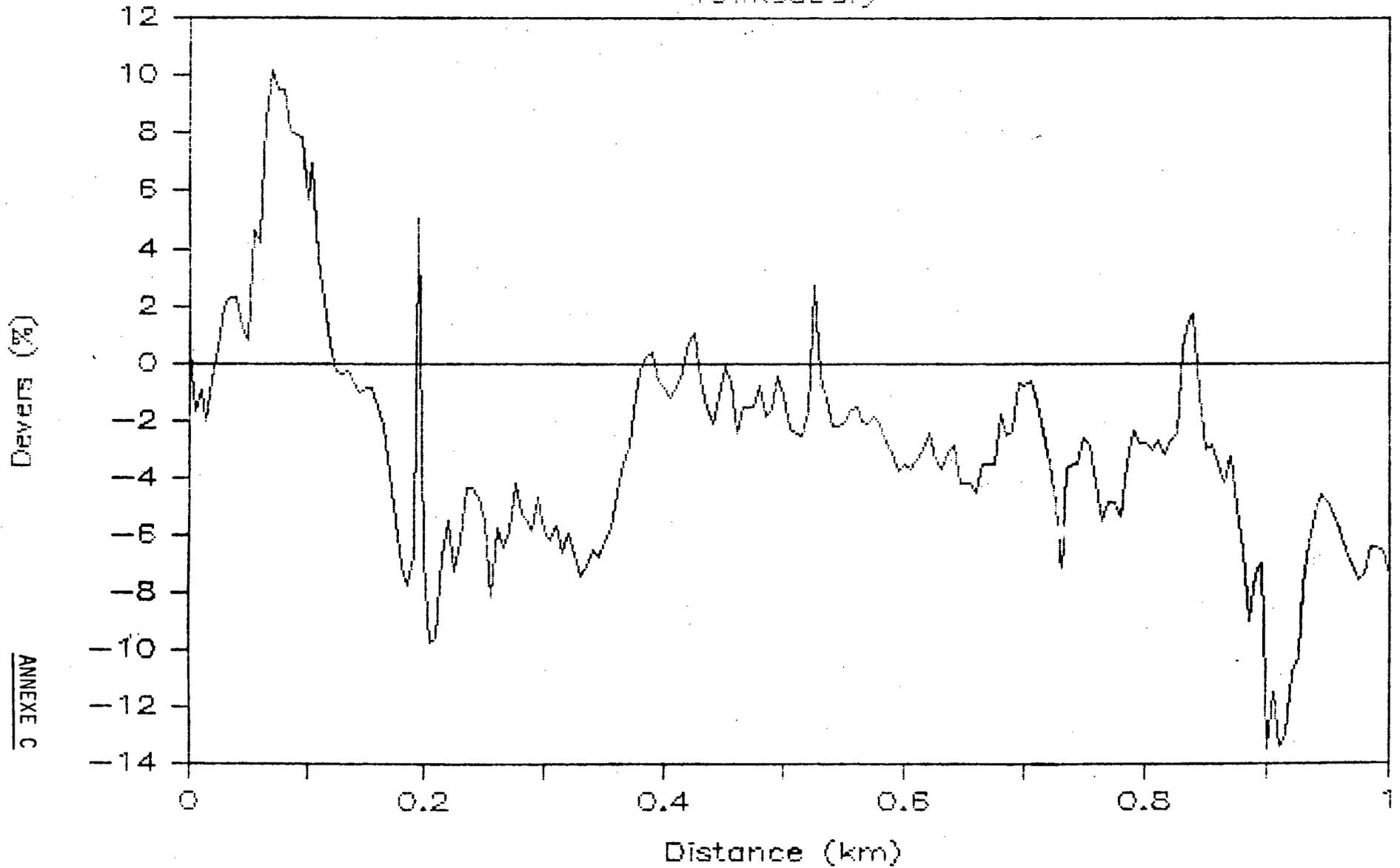
Devers arpenté et essais 1,2,3

St-Nicolas



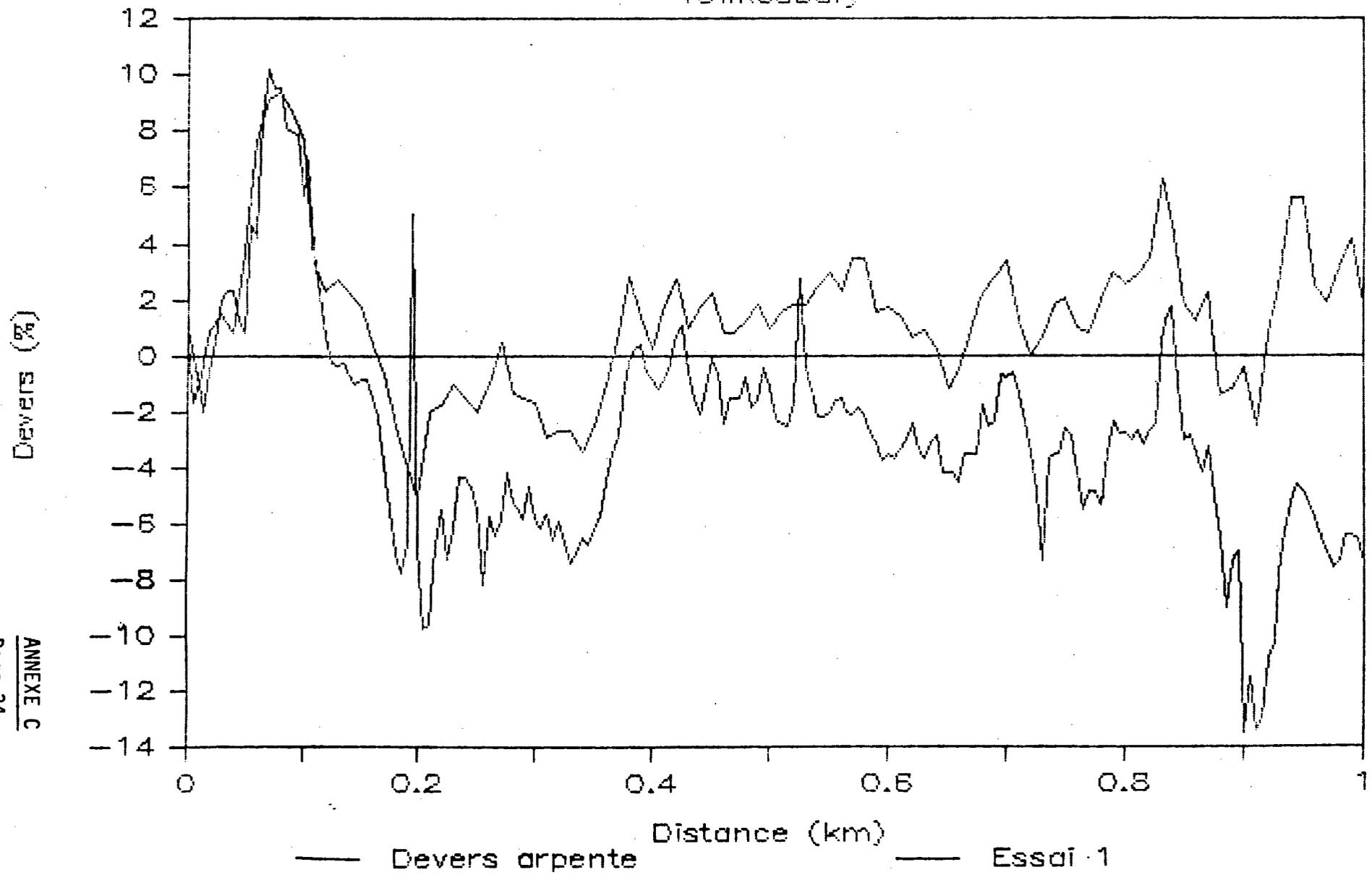
Devers arpenite

Tewkesbury



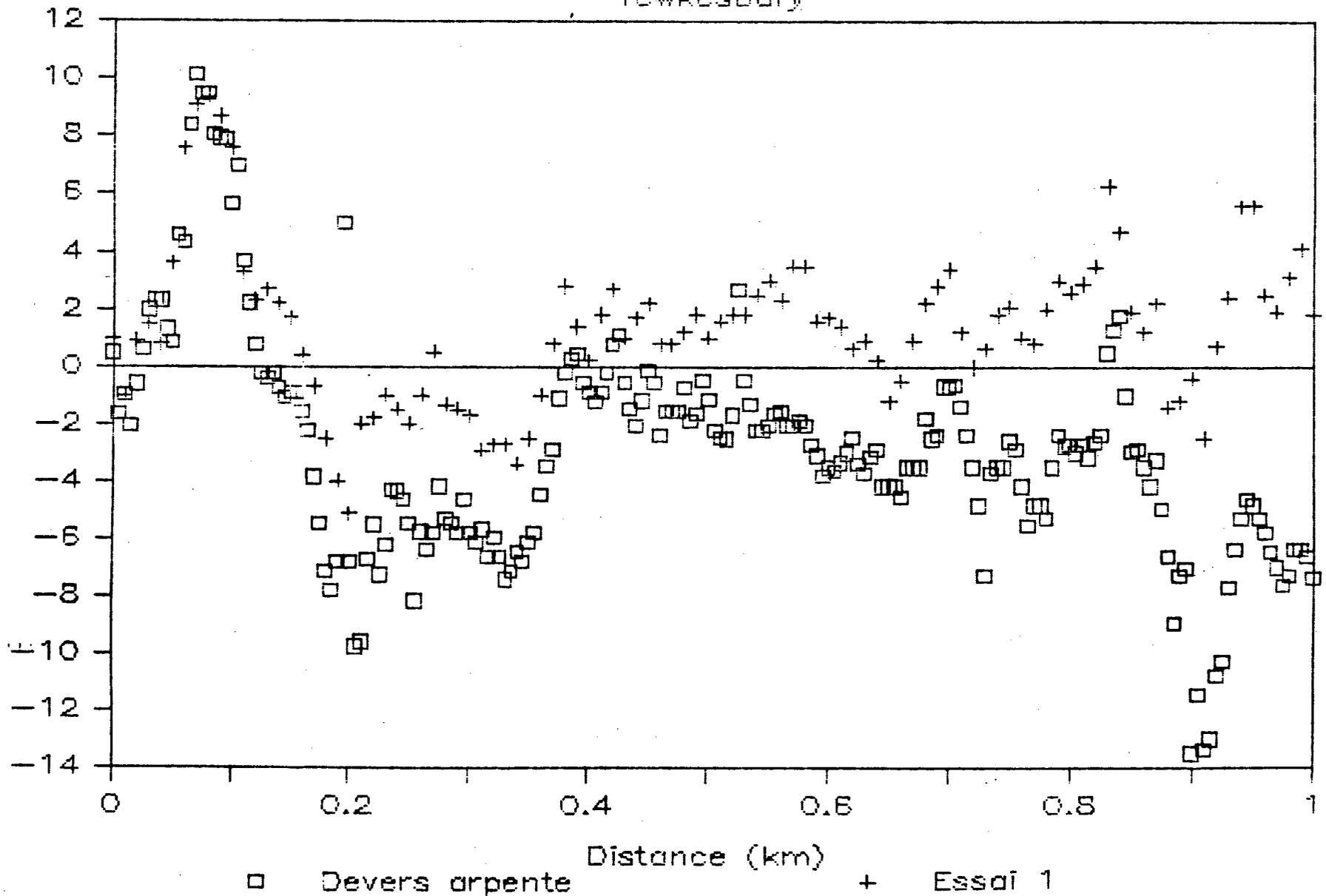
Devers arpenté et essai 1

Tewkesbury



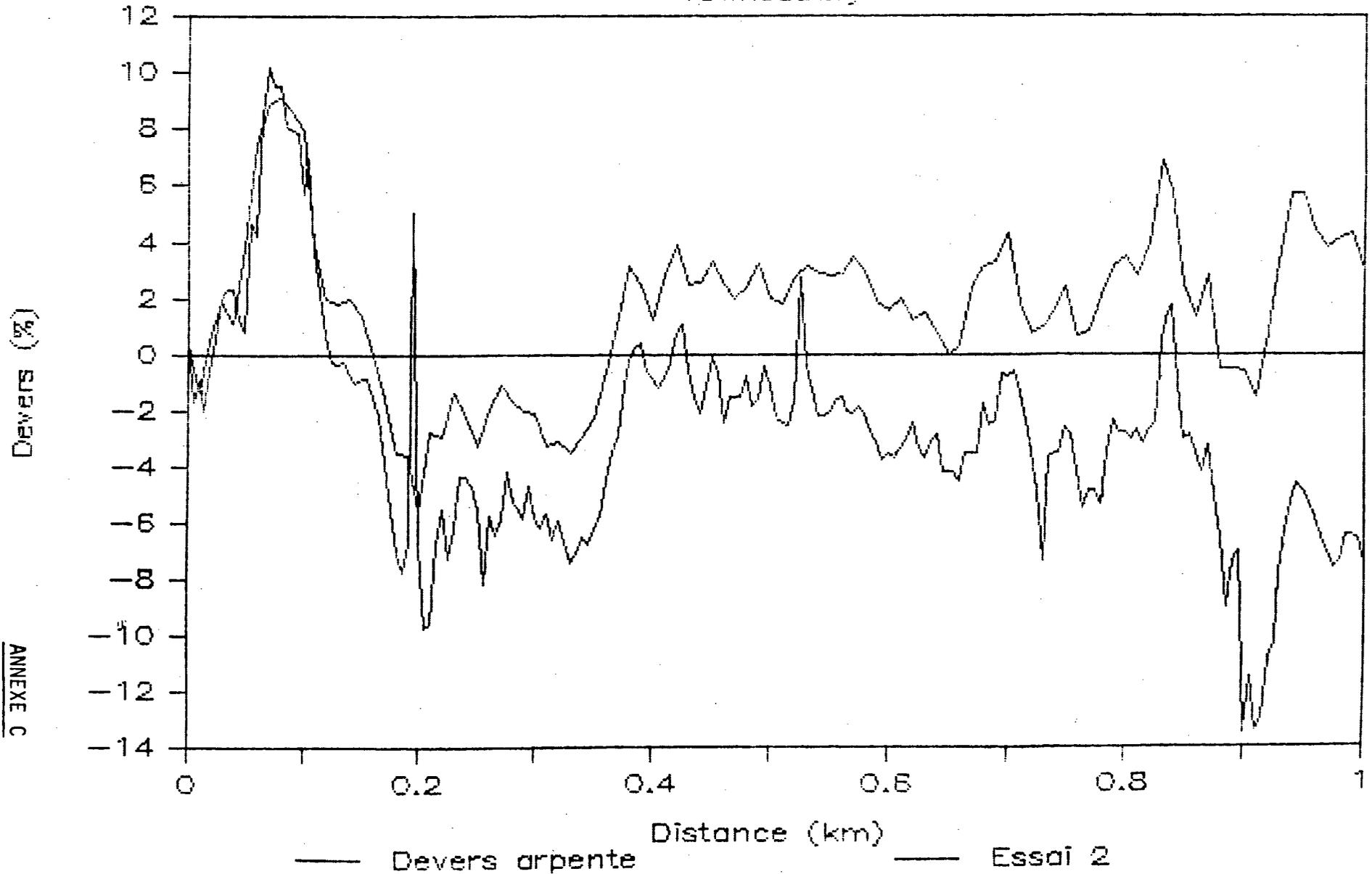
Devers arpenté et essai 1

Tewkesbury



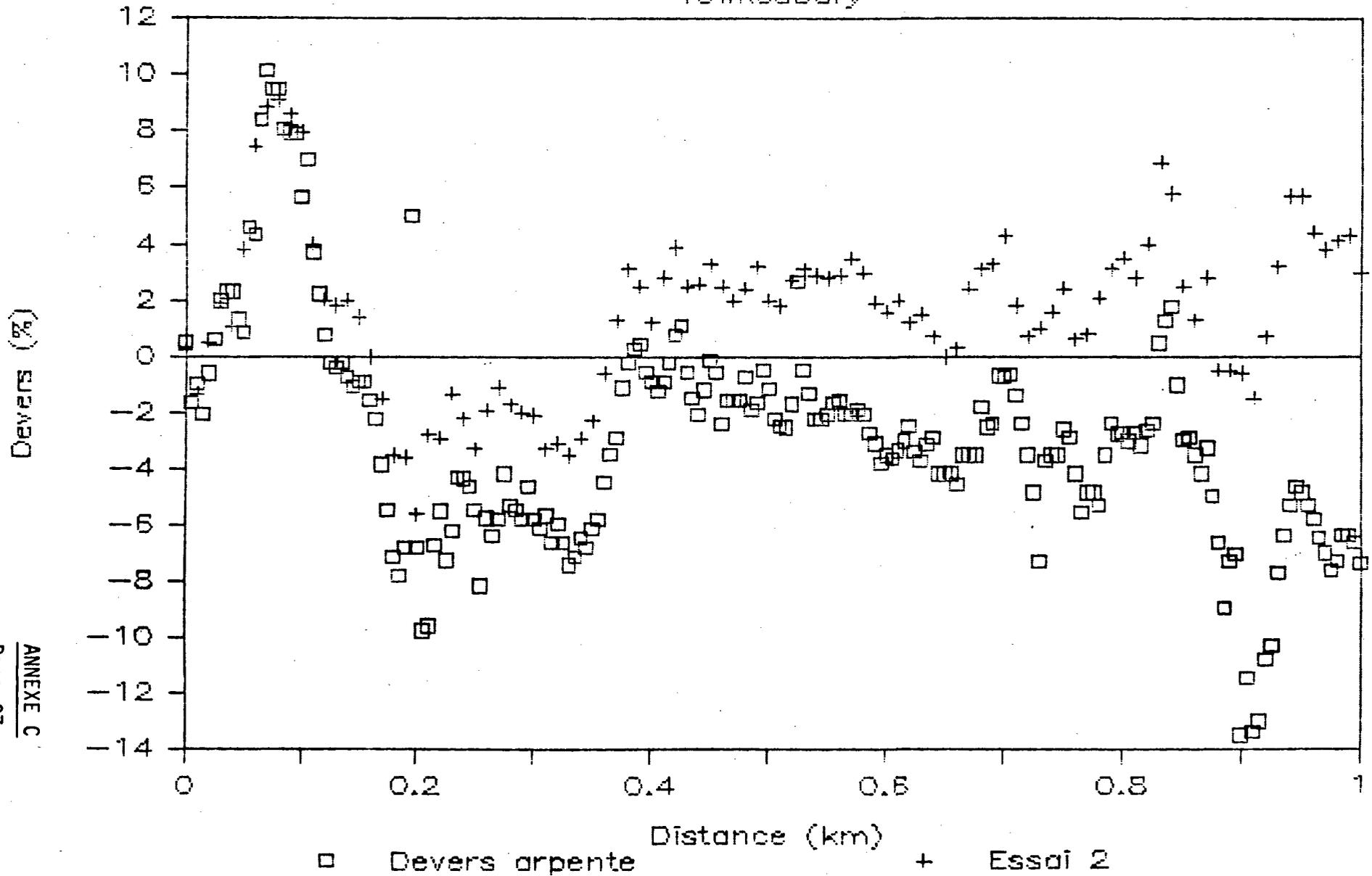
Devers arpenté et essai 2

Tewkesbury



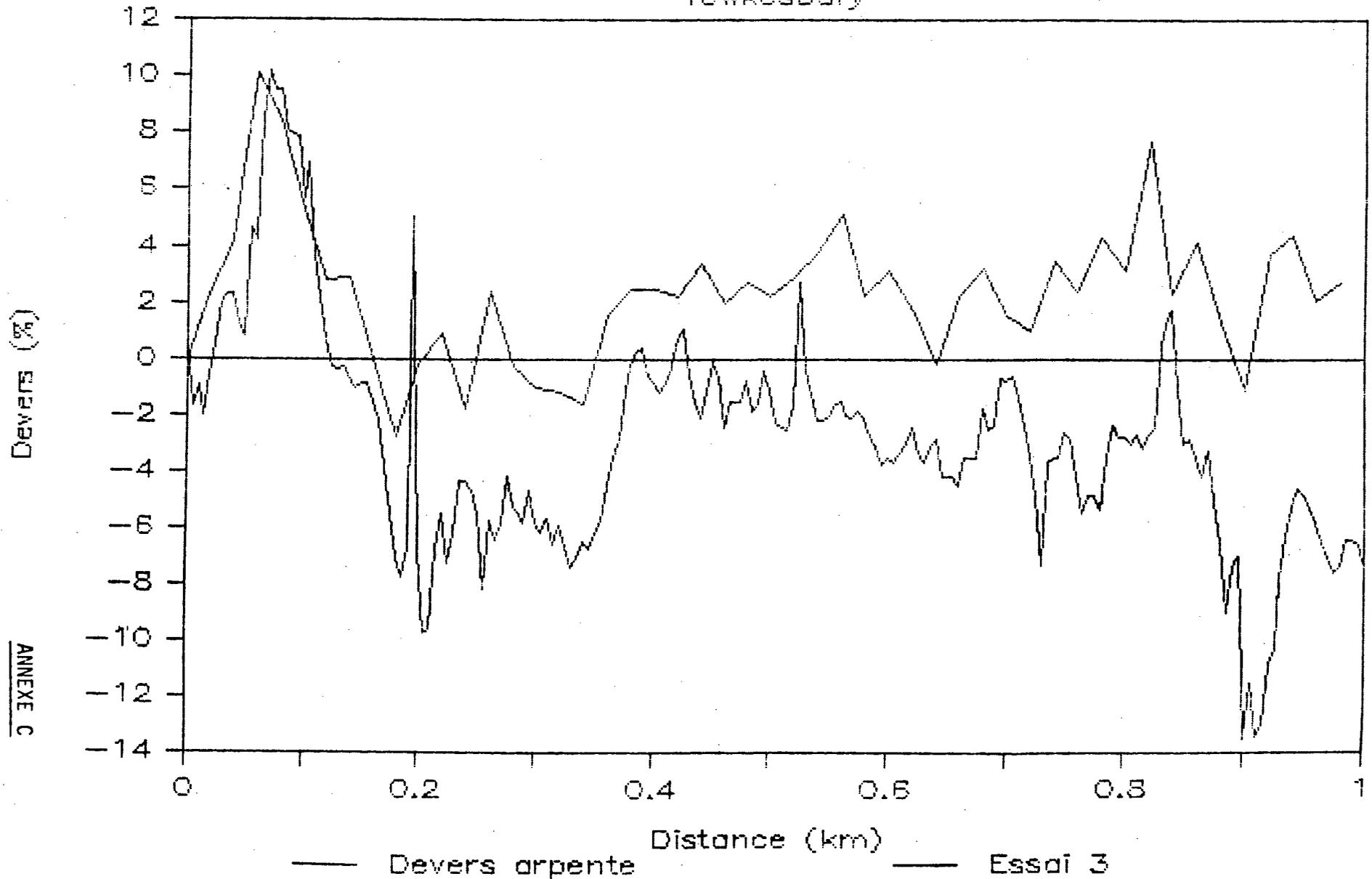
Devers arpenté et essai 2

Tewkesbury



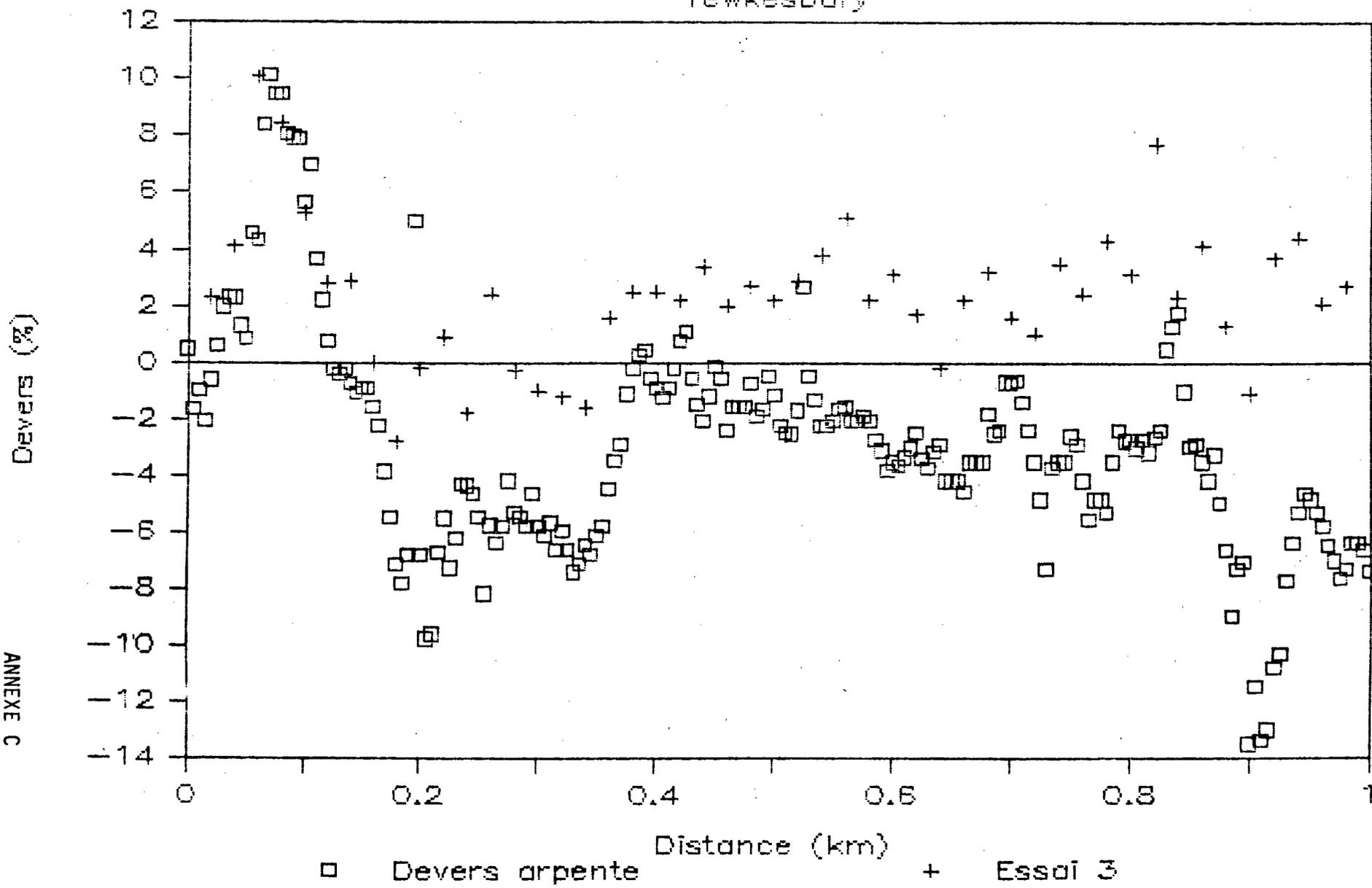
Devers arpenté et essai 3

Tewkesbury



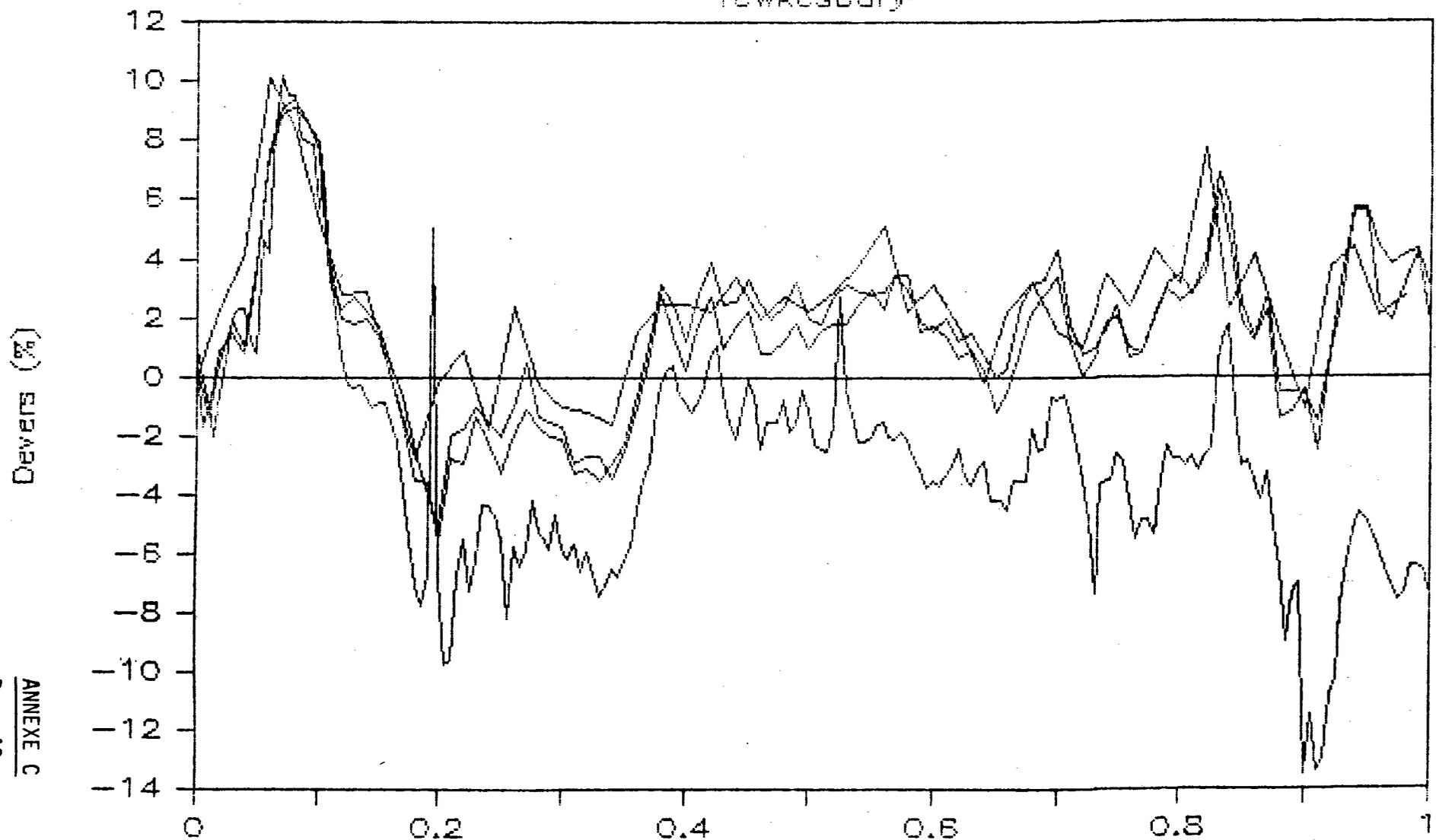
Devers arpenté et essai 3

Tewkesbury



Devers arpenté et essais 1,2,3

Tewkesbury



ANNEXE C
Page 40

Devers arpenté

— Essai 1 - - - Essai 2 ··· Essai 3

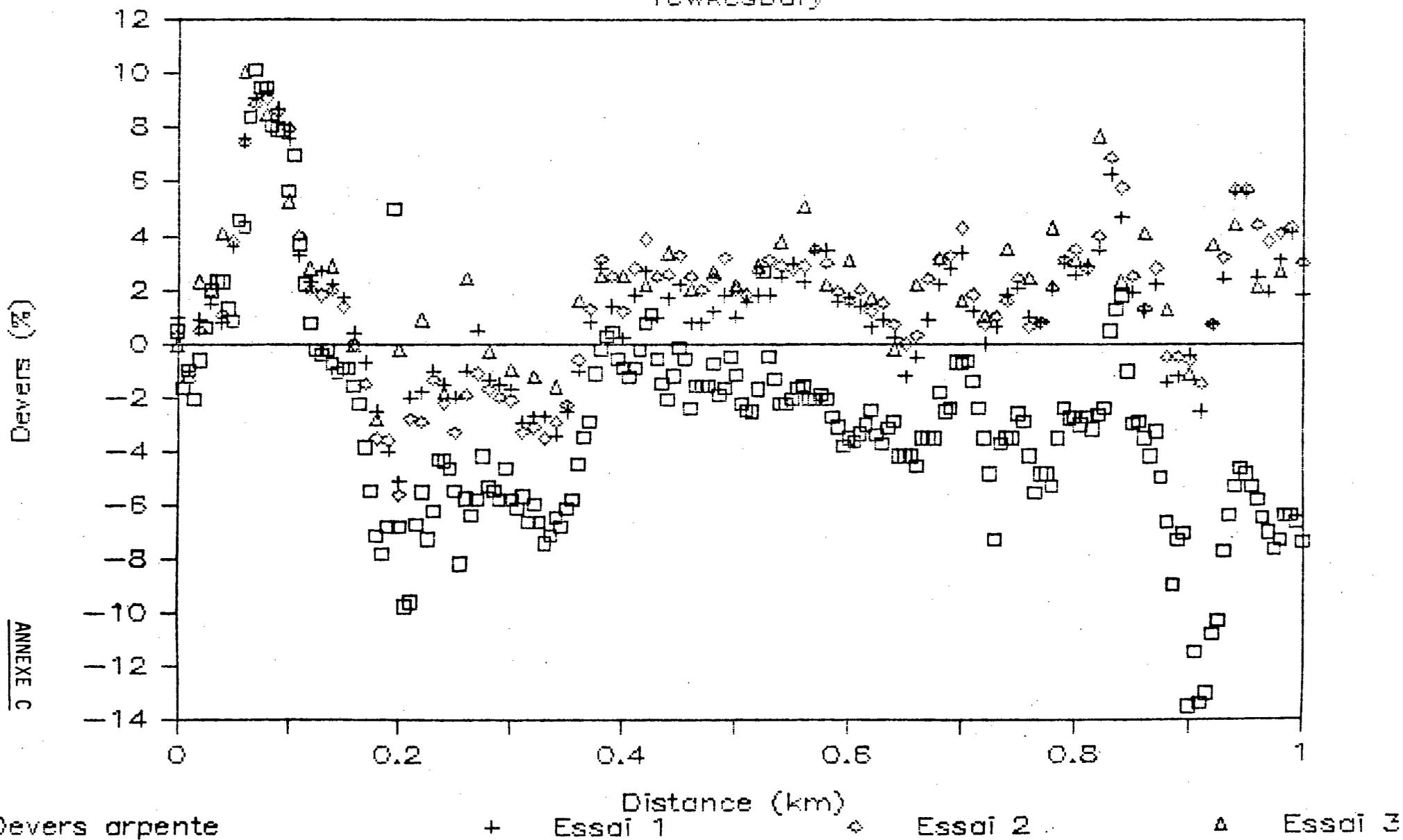
Tewkesbury

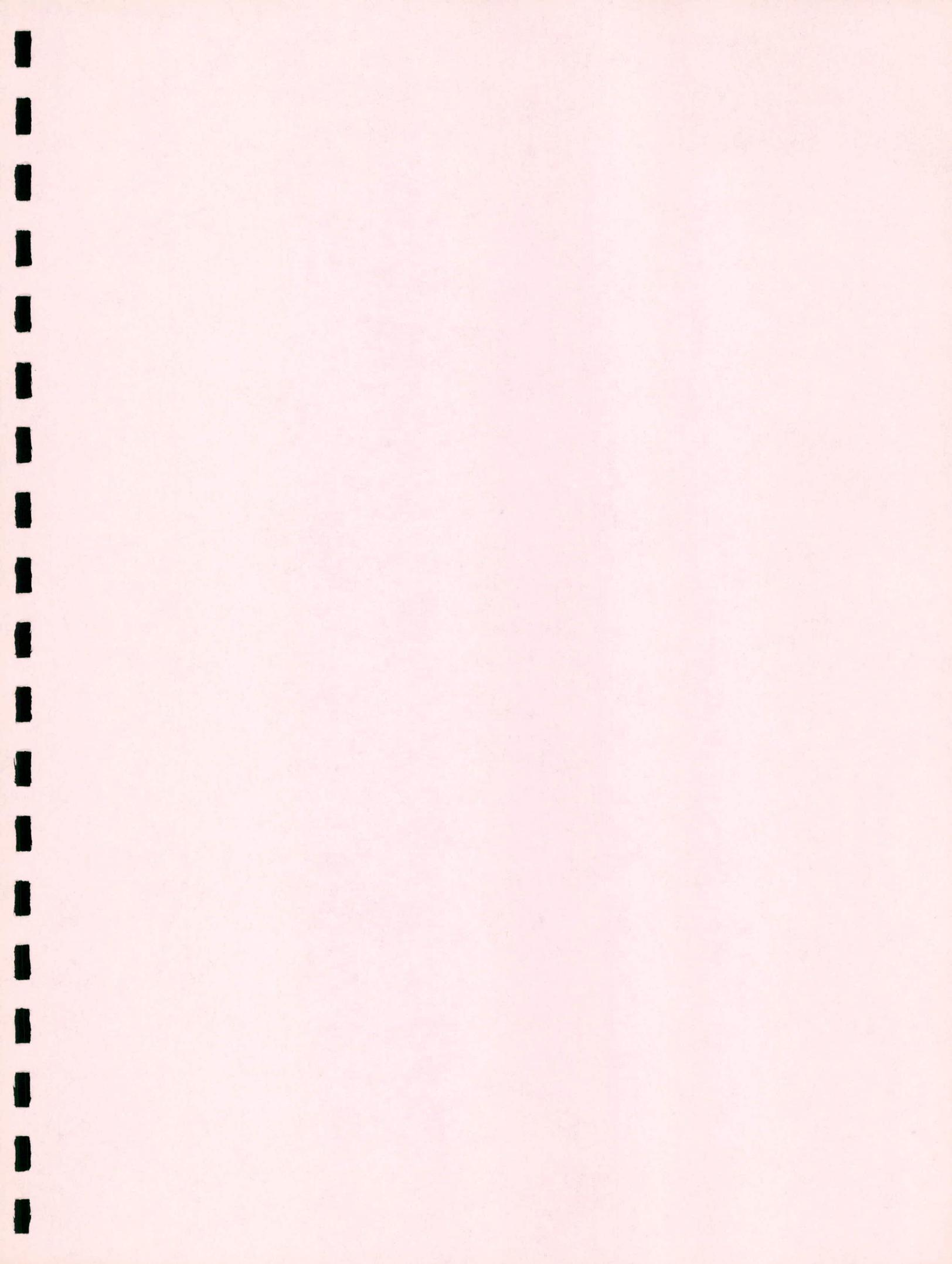
| Distance (km) | Devers (%) Arpente | Distance (km) | Aran devers (%) essai 1 | Aran devers (%) essai 2 | Distance (km) | Aran devers (%) essai 3 |
|---------------|--------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
|---------------|--------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|

| | | | | | | |
|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|
| 0.54 | -2.20 | 0.54 | 2.5 | 2.9 | 0.54 | 3.8 |
| 0.545 | -2.20 | 0.55 | 3 | 2.8 | 0.56 | 5.1 |
| 0.55 | -2.03 | 0.56 | 2.3 | 2.9 | 0.58 | 2.2 |
| 0.555 | -1.61 | 0.57 | 3.5 | 3.5 | 0.6 | 3.1 |
| 0.56 | -1.54 | 0.58 | 3.5 | 3 | 0.62 | 1.7 |
| 0.565 | -2.03 | 0.59 | 1.6 | 1.9 | 0.64 | -0.2 |
| 0.57 | -2.07 | 0.6 | 1.7 | 1.6 | 0.66 | 2.2 |
| 0.575 | -1.87 | 0.61 | 1.4 | 2 | 0.68 | 3.2 |
| 0.58 | -2.07 | 0.62 | 0.6 | 1.2 | 0.7 | 1.6 |
| 0.585 | -2.72 | 0.63 | 0.9 | 1.5 | 0.72 | 1 |
| 0.59 | -3.08 | 0.64 | 0.2 | 0.7 | 0.74 | 3.5 |
| 0.595 | -3.77 | 0.65 | -1.2 | 0 | 0.76 | 2.4 |
| 0.6 | -3.51 | 0.66 | -0.5 | 0.3 | 0.78 | 4.3 |
| 0.605 | -3.64 | 0.67 | 0.9 | 2.4 | 0.8 | 3.1 |
| 0.61 | -3.35 | 0.68 | 2.2 | 3.1 | 0.82 | 7.7 |
| 0.615 | -3.02 | 0.69 | 2.8 | 3.3 | 0.84 | 2.3 |
| 0.62 | -2.46 | 0.7 | 3.4 | 4.3 | | |
| 0.625 | -3.38 | 0.71 | 1.2 | 1.8 | | |
| 0.63 | -3.71 | 0.72 | 0 | 0.7 | | |
| 0.635 | -3.12 | 0.73 | 0.6 | 1 | | |
| 0.64 | -2.89 | 0.74 | 1.8 | 1.6 | | |
| 0.645 | -4.17 | 0.75 | 2.1 | 2.4 | | |
| 0.65 | -4.17 | 0.76 | 1 | 0.6 | | |
| 0.655 | -4.17 | 0.77 | 0.8 | 0.8 | | |
| 0.66 | -4.53 | 0.78 | 2 | 2.1 | | |
| 0.665 | -3.51 | 0.79 | 3 | 3.1 | | |
| 0.67 | -3.51 | 0.8 | 2.6 | 3.5 | | |
| 0.675 | -3.51 | 0.81 | 2.9 | 2.8 | 0.765 | -5.54 |
| 0.68 | -1.80 | 0.82 | 3.5 | 4 | 0.77 | -4.82 |
| 0.685 | -2.53 | 0.83 | 6.3 | 6.9 | 0.775 | -4.82 |
| 0.69 | -2.36 | 0.84 | 4.7 | 5.8 | 0.78 | -5.31 |
| 0.695 | -0.69 | | | | 0.785 | -3.51 |
| 0.7 | -0.75 | | | | 0.79 | -2.36 |
| 0.705 | -0.62 | | | | 0.795 | -2.76 |
| 0.71 | -1.38 | | | | 0.8 | -2.72 |
| 0.715 | -2.36 | | | | 0.805 | -3.02 |
| 0.72 | -3.51 | | | | 0.81 | -2.69 |
| 0.725 | -4.82 | | | | 0.815 | -3.18 |
| 0.73 | -7.32 | | | | 0.82 | -2.66 |
| 0.735 | -3.71 | | | | 0.825 | -2.40 |
| 0.74 | -3.51 | | | | 0.83 | 0.49 |
| 0.745 | -3.51 | | | | 0.835 | 1.25 |
| 0.75 | -2.59 | | | | 0.84 | 1.74 |
| 0.755 | -2.85 | | | | | |
| 0.76 | -4.17 | | | | | |

Devers arpenté et essais 1,2,3

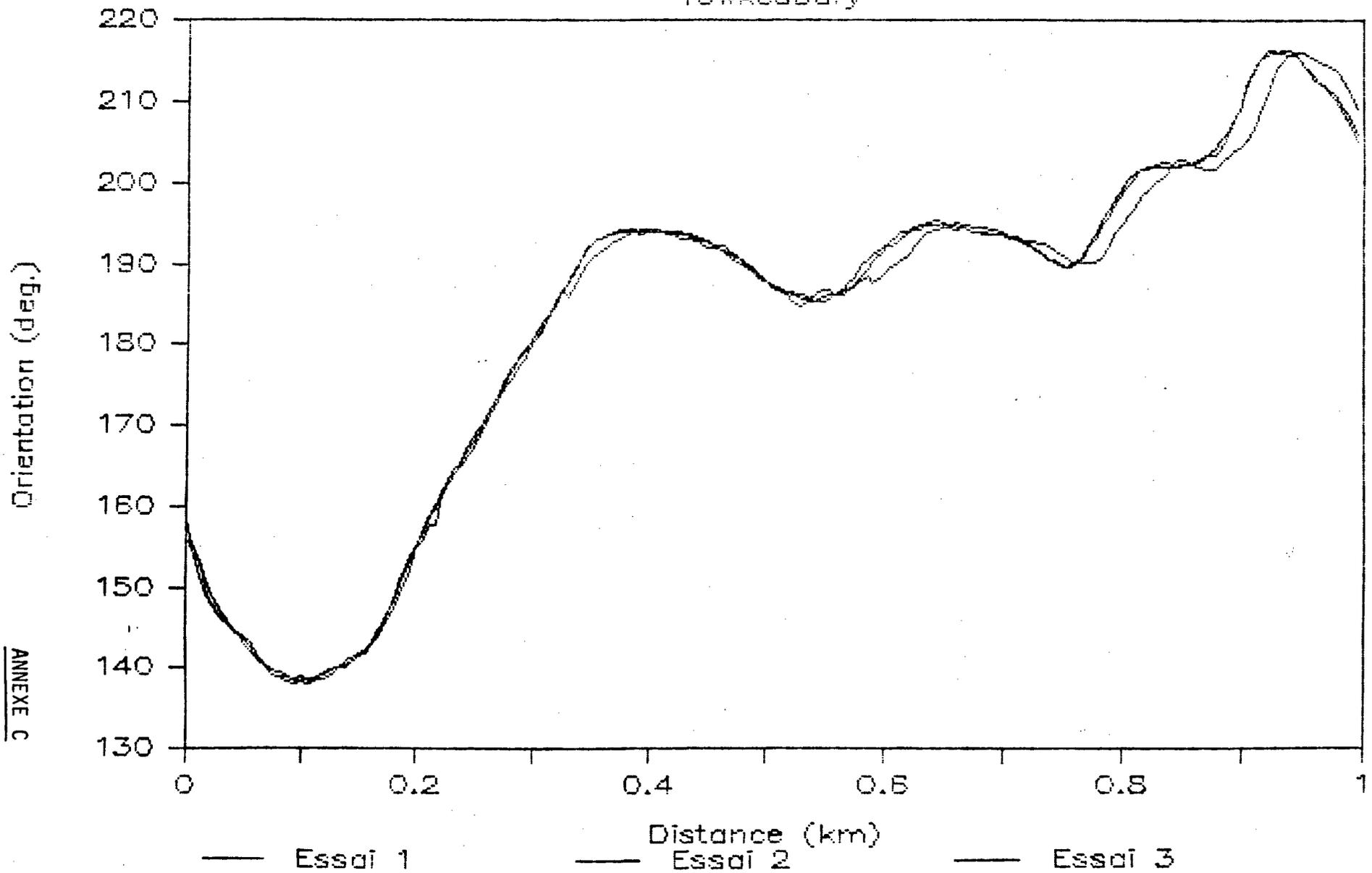
Tewkesbury





Orientation

Tewkesbury

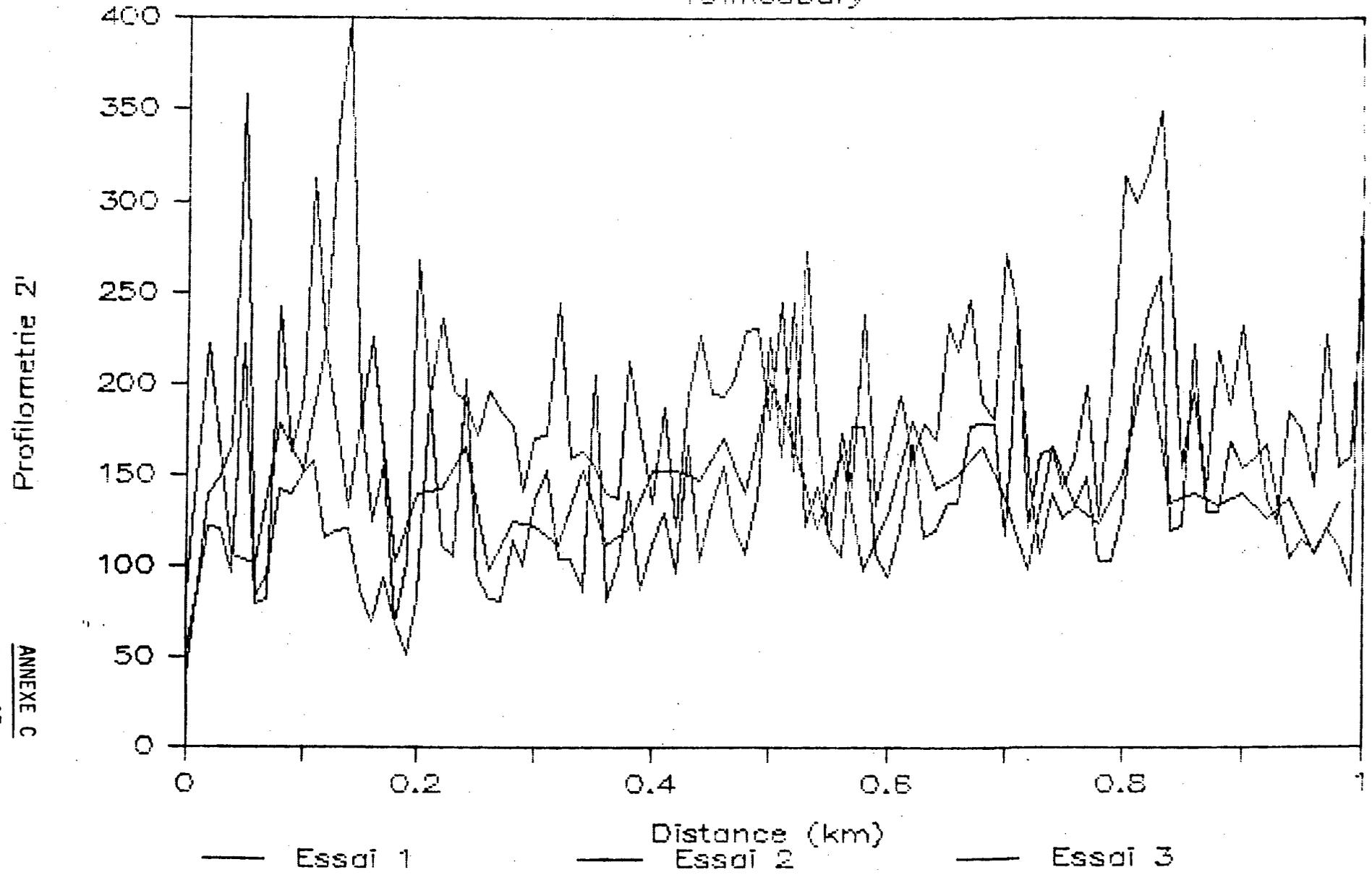


Tewkesbury

| distance (km) | Orient. degres Essai 1 | Orient. degres Essai 2 | Orient. degres Essai 3 |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 0.248 | 168 | 167.3 | 168.6 |
| 0.252 | 169 | 168.4 | 169.6 |
| 0.256 | 170.3 | 169.7 | 170.3 |
| 0.26 | 171.5 | 170.7 | 171 |
| 0.264 | 172.4 | 171.7 | 171.7 |
| 0.268 | 173.4 | 172.9 | 172.9 |
| 0.272 | 174.6 | 174 | 174.2 |
| 0.276 | 175.9 | 174.9 | 175.4 |
| 0.28 | 177.1 | 175.8 | 176.6 |
| 0.284 | 177.9 | 176.6 | 177.7 |
| 0.288 | 178.5 | 177.5 | 178.7 |
| 0.292 | 179.2 | 178.4 | 179.5 |
| 0.296 | 180.1 | 179.5 | 180.2 |
| 0.3 | 181.1 | 180.4 | 180.9 |
| 0.304 | 182.1 | 181.3 | 181.6 |
| 0.308 | 182.9 | 182.3 | 182.4 |
| 0.312 | 183.7 | 183.3 | 183.3 |
| 0.316 | 184.8 | 184.3 | 184.5 |
| 0.32 | 185.8 | 185.3 | 185.7 |
| | | | |
| 0.748 | 191.1 | 189.8 | 189.7 |
| 0.752 | 190.7 | 189.7 | 189.6 |
| 0.756 | 190.3 | 189.7 | 189.9 |
| 0.76 | 190.2 | 189.9 | 190.3 |
| 0.764 | 190.2 | 190.5 | 190.9 |
| 0.768 | 190.3 | 191.2 | 191.6 |
| 0.772 | 190.2 | 192.2 | 192.5 |
| 0.776 | 190.3 | 193.1 | 193.5 |
| 0.78 | 190.6 | 194 | 194.6 |
| 0.784 | 191.2 | 195 | 195.7 |
| 0.788 | 192.3 | 196.1 | 196.8 |
| 0.792 | 193.5 | 197.2 | 197.8 |
| 0.796 | 194.4 | 198.1 | 198.8 |
| 0.8 | 195.1 | 199 | 199.7 |
| 0.804 | 195.9 | 199.6 | 200.5 |
| 0.808 | 196.8 | 200.6 | 201 |
| 0.812 | 197.8 | 201.4 | 201.3 |
| 0.816 | 198.5 | 201.8 | 201.6 |
| 0.82 | 199.1 | 201.9 | 201.8 |

Profilometrie 2'

Tewkesbury

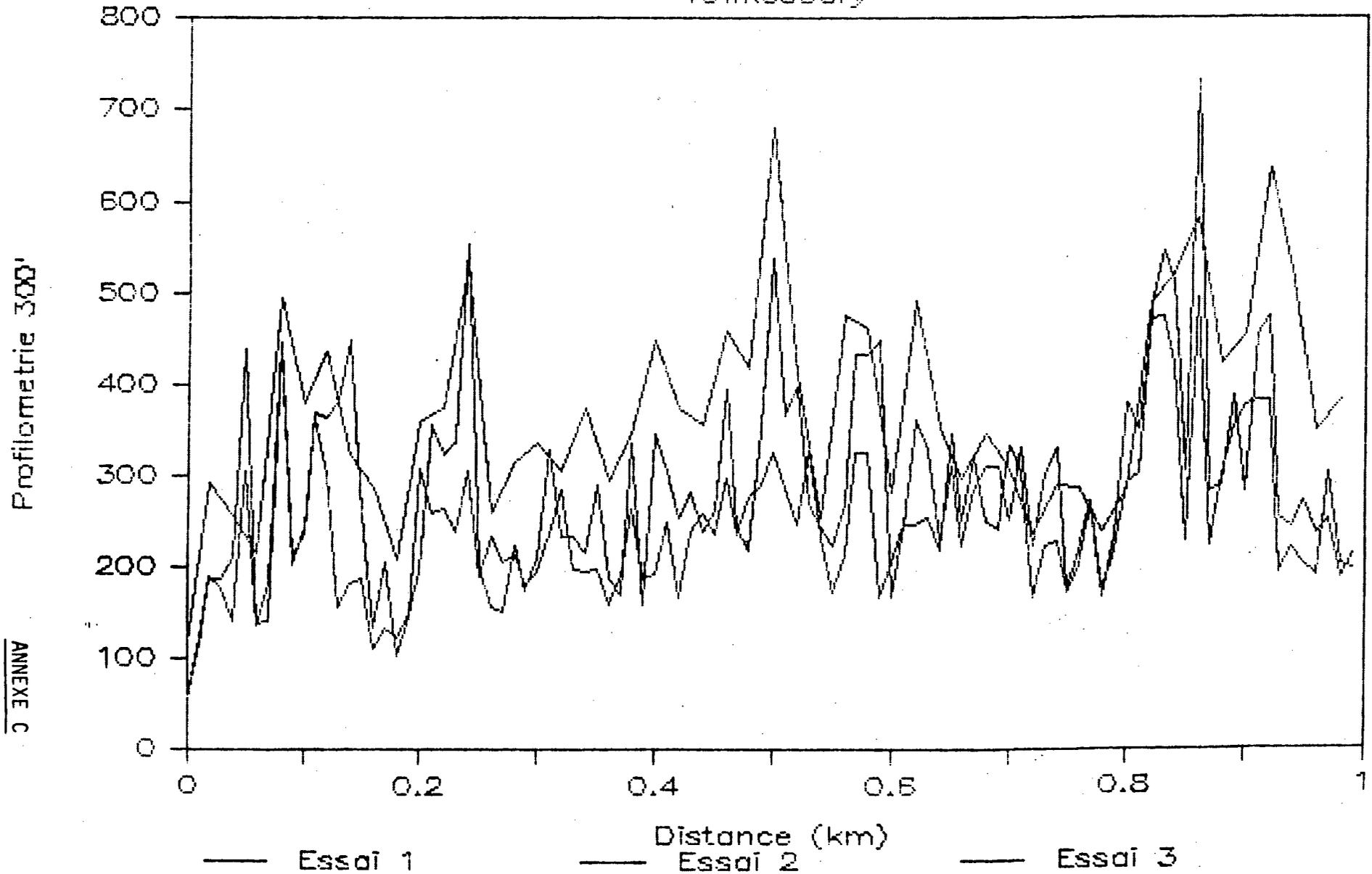


Tewkesbury

| Distance (km) | Profil. 2' Essai 1 | Profil. 2' Essai 2 | Distance (km) | Profil. 2' Essai 3 |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| 0.24 | 203 | 189 | 0.24 | 165 |
| 0.25 | 95 | 171 | 0.26 | 98 |
| 0.26 | 82 | 196 | 0.28 | 125 |
| 0.27 | 81 | 184 | 0.3 | 122 |
| 0.28 | 114 | 177 | 0.32 | 112 |
| 0.29 | 100 | 141 | 0.34 | 152 |
| 0.3 | 136 | 170 | 0.36 | 111 |
| 0.31 | 153 | 171 | 0.38 | 121 |
| 0.32 | 104 | 245 | 0.4 | 152 |
| 0.33 | 104 | 159 | 0.42 | 153 |
| 0.34 | 87 | 163 | 0.44 | 147 |
| 0.35 | 205 | 155 | 0.46 | 170 |
| 0.36 | 81 | 139 | 0.48 | 140 |
| 0.37 | 101 | 137 | 0.5 | 202 |
| 0.38 | 141 | 213 | 0.52 | 166 |
| 0.39 | 87 | 173 | 0.54 | 121 |
| 0.4 | 111 | 134 | 0.56 | 162 |
| 0.41 | 130 | 187 | | |
| 0.42 | 96 | 122 | | |
| 0.43 | 167 | 193 | | |
| 0.44 | 103 | 227 | | |
| 0.45 | 133 | 195 | | |
| 0.46 | 155 | 194 | | |
| 0.47 | 123 | 202 | | |
| 0.48 | 106 | 229 | | |
| 0.49 | 137 | 231 | | |
| 0.5 | 225 | 180 | | |
| 0.51 | 160 | 244 | | |
| 0.52 | 245 | 152 | | |
| 0.53 | 122 | 273 | | |
| 0.54 | 143 | 177 | | |
| 0.55 | 116 | 115 | | |
| 0.56 | 105 | 173 | | |

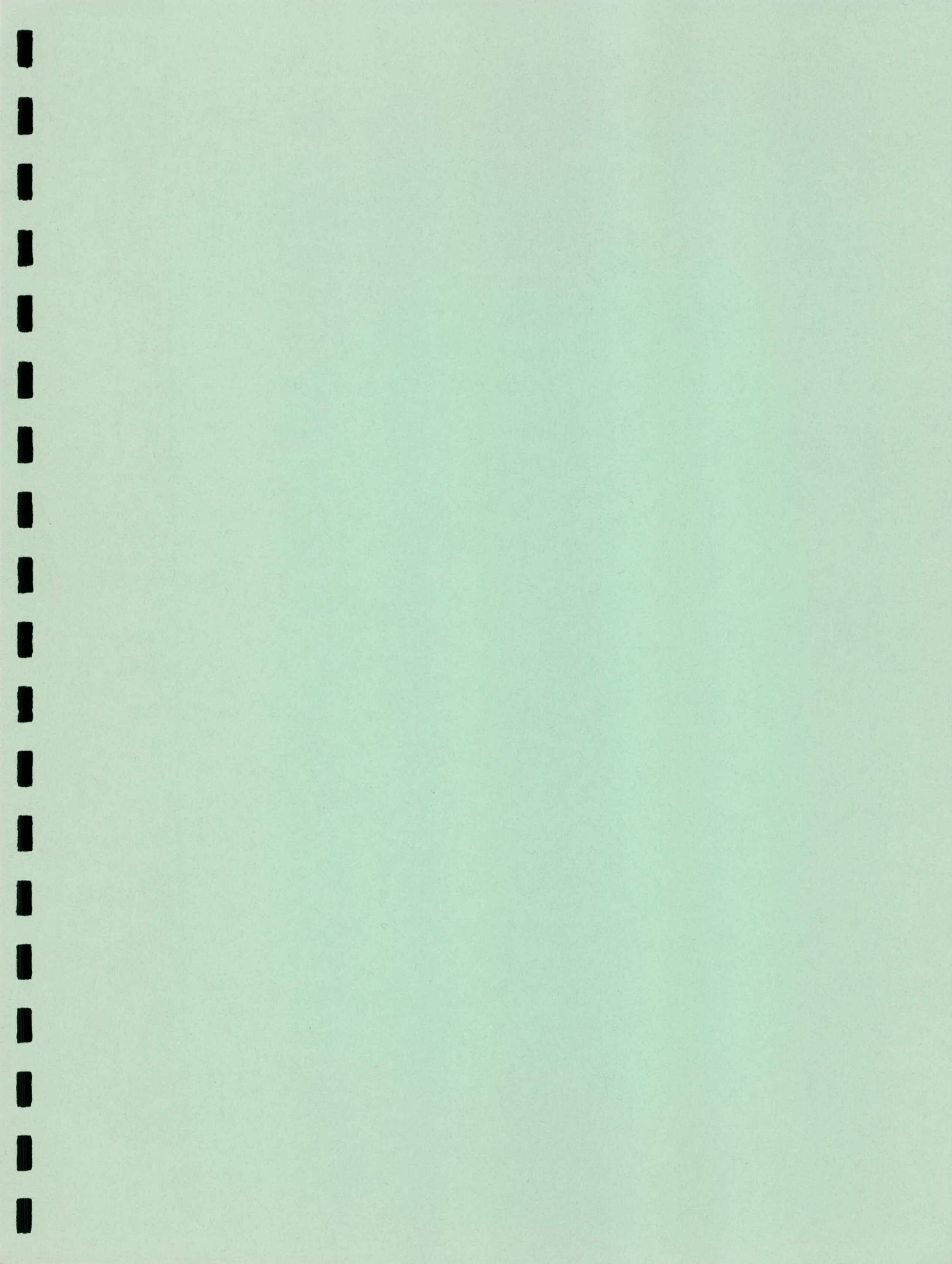
Profilometrie 300'

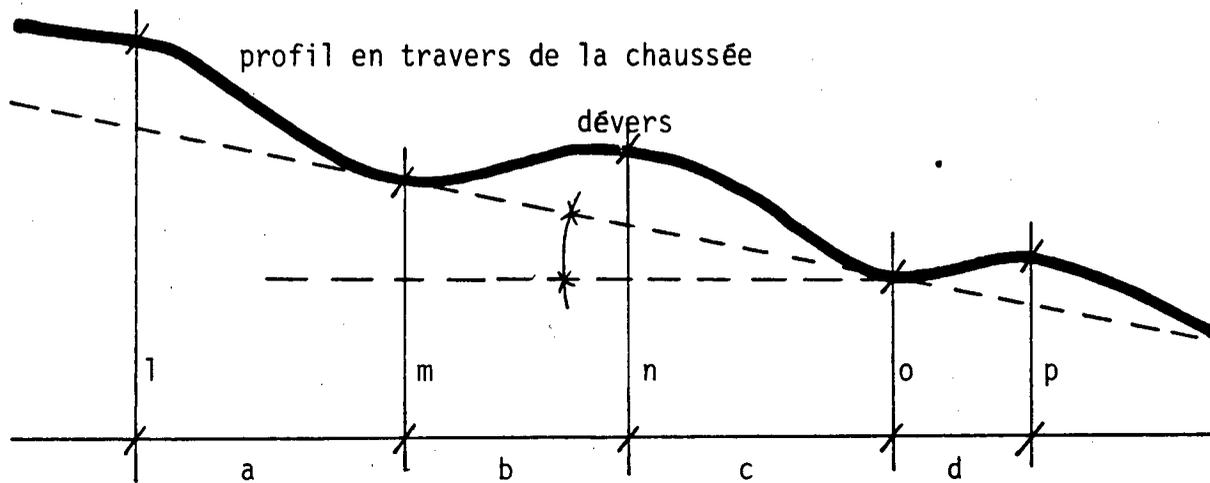
Tewkesbury



Tewkesbury

| Distance (km) | Profil. 300' Essai 1 | Profil. 300' Essai 2 | Distance (km) | Profil. 300' Essai 3 |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| 0.24 | 553 | 306 | 0.24 | 529 |
| 0.25 | 199 | 189 | 0.26 | 258 |
| 0.26 | 156 | 234 | 0.28 | 314 |
| 0.27 | 152 | 204 | 0.3 | 335 |
| 0.28 | 223 | 213 | 0.32 | 304 |
| 0.29 | 174 | 179 | 0.34 | 373 |
| 0.3 | 210 | 194 | 0.36 | 294 |
| 0.31 | 327 | 237 | 0.38 | 346 |
| 0.32 | 233 | 284 | 0.4 | 448 |
| 0.33 | 233 | 198 | 0.42 | 373 |
| 0.34 | 215 | 196 | 0.44 | 355 |
| 0.35 | 289 | 197 | 0.46 | 459 |
| 0.36 | 188 | 158 | 0.48 | 418 |
| 0.37 | 170 | 191 | 0.5 | 680 |
| 0.38 | 336 | 264 | 0.52 | 411 |
| 0.39 | 159 | 186 | 0.54 | 255 |
| 0.4 | 346 | 193 | 0.56 | 477 |
| 0.41 | 306 | 248 | | |
| 0.42 | 253 | 167 | | |
| 0.43 | 283 | 238 | | |
| 0.44 | 239 | 260 | | |
| 0.45 | 261 | 237 | | |
| 0.46 | 394 | 297 | | |
| 0.47 | 243 | 237 | | |
| 0.48 | 217 | 277 | | |
| 0.49 | 352 | 291 | | |
| 0.5 | 537 | 325 | | |
| 0.51 | 367 | 288 | | |
| 0.52 | 396 | 245 | | |
| 0.53 | 268 | 329 | | |
| 0.54 | 243 | 234 | | |
| 0.55 | 222 | 172 | | |
| 0.56 | 268 | 213 | | |





valeurs à mesurer: l, m, n, o, p, a, b, c, d et l'angle du dévers

l = hauteur maximum pour $0 < a < 75$ cm

m = profondeur maximum de l'ornière gauche

n = hauteur maximum entre les ornières gauche et de droite

o = profondeur maximum de l'ornière droite

p = hauteur maximum pour $0 < d < 75$ cm

ANNEXE D

Proposition pour une définition des critères quantitatifs de l'orniérage.

DIRECTION DE L'ENTRETIEN
TRANSPORTS

'87 JUN 25 AM 10 10

RECU

MINISTERE DES TRANSPORTS



QTR A 056 348