



GÉNIE AÉROPORTUAIRE

ATR-038

**Section d'essai des liants PG
Aéroport international de Calgary
Analyse de la température du
revêtement
1998-1999 et 1999-2000**

PROJET DE R-D

Utilisation des liants PG dans les revêtements aux aéroports canadiens
Essai pratique de Calgary

Gestionnaire de projet
James R. Scarlett
Ingénieur civil et des matériaux

Direction générale des services immobiliers
Services d'architecture et de génie
Direction du génie civil
Division du génie aéroportuaire
Ottawa

Avril 2001

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux (2001).

Avertissement

Cette publication est distribuée à titre documentaire seulement et ne correspond pas nécessairement à la politique du Gouvernement du Canada et ne constitue ni une approbation ni une recommandation de produits ou de sociétés commerciaux.

Le ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tactile, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisation, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le ministre ou Sa Majesté du chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

EBA Engineering Consultants Ltd.

**SECTION D'ESSAI DES LIANTS PG
AÉROPORT INTERNATIONAL DE CALGARY
ANALYSE DE LA TEMPÉRATURE
DONNÉES DE L'INSTRUMENTATION
1998-1999 ET 1999-2000**

Préparé par :

**EBA ENGINEERING CONSULTANTS LTD.
EDMONTON (ALBERTA)**

Présenté à :

**TRAVAUX PUBLICS ET SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA
DIRECTION GÉNÉRALE DES SERVICES IMMOBILIERS
SERVICES D'ARCHITECTURE ET DE GÉNIE
DIRECTION DU GÉNIE CIVIL
DIVISION DU GÉNIE AÉROPORTUAIRE, SCN**

Project no. 0104-00-22756

Avril 2001

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 CONTEXTE	2
3.0 INSTALLATIONS	2
4.0 TEMPÉRATURE DU REVÊTEMENT	3
5.0 MÉTHODE D'ANALYSE	3
5.1 Tri des données de température	4
5.2 Sélection des températures quotidiennes minimums	4
5.3 Températures de surface du revêtement	5
5.4 Analyse de corrélation des thermocouples	5
6.0 ANALYSE DE 1998-1999	6
6.1 Sélection des températures quotidiennes minimums	6
6.2 Températures de surface du revêtement	6
6.3 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air	6
6.4 Discussion	7
7.0 ANALYSE DE 1999-2000	7
7.1 Sélection des températures minimums	7
7.2 Températures de surface du revêtement	8
7.3 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air	8
7.4 Discussion	9
8.0 COMPARAISON ENTRE L'ANALYSE DE 1998-1999, L'ANALYSE DE 1999-2000 ET L'ANALYSE MULTI-ANNÉES	9
8.1 Sélection des températures minimums	9
8.2 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air	10
8.3 Discussion	10
9.0 CONCLUSION	12

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

Tableaux	13
Figures	21
Annexe A - Données de température pour chaque mois, 1998-1999	
Annexe B - Données de température pour chaque mois, 1999-2000	

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

1.0 INTRODUCTION

Travaux publics et services gouvernementaux Canada (TPSGC) a entrepris d'étudier la possibilité d'utiliser les liants Superpave Performance Graded (PG) dans la fabrication des revêtements aux aéroports canadiens. Les travaux ont été coordonnés par TPSGC dans le cadre de travaux de recherche effectués conjointement avec Transport Canada, la U.S. Federal Aviation Administration et Calgary Airport Authority.

Des travaux préliminaires ont été effectués en 1997 et en 1998, afin d'examiner les éléments de base des liants Superpave PG et la possibilité de les utiliser dans les revêtements aux aéroports canadiens. Les travaux subséquents, effectués en 1998 et en 1999, ont permis l'élaboration de lignes directrices pour la sélection des liants PG en fonction des types d'aéronefs utilisés.

Des sections d'essai ont ensuite été construites. Elles servent à recueillir de l'information sur la performance du béton asphaltique chaud (HMAC) fabriqué à partir de liants Superpave PG et de faire des comparaisons avec de l'asphalte CGSB conventionnel. En 1998, le prolongement de la voie de circulation « J » de l'aéroport international de Calgary a été désigné comme section d'essai pour le liant PG 58-34; une section témoin était revêtue d'un liant CGSB 150-200A. Dans la section d'essai, où l'on a utilisé le liant PG, des thermocouples ont été installés dans la structure du revêtement et dans le terrain de fondation afin de permettre l'analyse des températures du revêtement.

Ce rapport présente l'analyse des températures du revêtement enregistrées durant deux périodes de collecte de données, soit de novembre 1998 à février 1999 et de novembre 1999 à février 2000. L'analyse consistait à examiner les températures enregistrées et à comparer les résultats avec ceux obtenus lors de travaux effectués par d'autres chercheurs Canadiens. Elle comprenait les étapes suivantes :

- L'évaluation de la variation des données de température recueillies;
- La manipulation et l'extrapolation des données de température du revêtement à l'Aéroport international de Calgary afin de prédire la température de surface du revêtement;
- Une analyse de régression entre les températures de surface extrapolées et les températures mesurées de l'air.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

2.0 CONTEXTE

La méthodologie Superpave a recours à des températures types de revêtement pour classer les liants routiers. Dans la méthode Superpave originale, la température basse type était égale à la température ambiante. Dans des recherches effectuées au Canada, l'on a déjà démontré que cette température était trop conservatrice. Il a été proposé d'utiliser des algorithmes mis au point au Canada afin d'établir la température basse type. Actuellement, il existe plusieurs algorithmes canadiens et américains pour prédire la température basse type qui ont été mis au point après l'utilisation initiale de la méthode Superpave. Ces modèles ont été conçus à partir de données recueillies sur des sites d'essais expérimentaux instrumentés sur des autoroutes.

Selon les résultats des études effectuées par TPSGC en 1998 et en 1999, l'algorithme canadien, comme l'indique une publication de l'Association des transports du Canada (ATC), est le modèle qui convient le mieux aux revêtements dans les aéroports canadiens. Cependant, cette étude précise aussi que les revêtements dans les aéroports canadiens sont souvent constitués de couches épaisses de matériaux granuleux afin d'atténuer l'effet potentiel du gel et que les caractéristiques thermales de ces revêtements peuvent différer de celles des revêtements des autoroutes.

En plus de recourir à d'autres initiatives de TPSGC pour obtenir de l'information sur la performance des liants PG Superpave, des instruments de mesure de la température ont été installés dans la section d'essai des liants PG à l'aéroport international de Calgary. Les données de température recueillies sur ce site permettront de déterminer s'il est possible d'utiliser les algorithmes existants pour les revêtements des aéroports canadiens comportant des couches épaisses de matériaux granuleux.

3.0 INSTALLATIONS

La section d'essai des liants PG 58-34 Superpave à l'Aéroport international de Calgary est située sur la voie de circulation « J » entre la station 2+000 et l'intersection avec la voie de circulation Alpha. La figure 1 illustre l'emplacement du site. La structure du revêtement est constituée de 200 mm de HMAC, de 300 mm de matériaux granuleux de fondation concassés et de 1050 mm matériaux granuleux de sous-fondation. Dans la section d'essai, des fils de thermocouples ont été installés dans toute la structure du revêtement. Les

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

thermocouples ont été installés à 20 mm et à 100 mm de la surface, dans la couche de HMAC, et à une profondeur nominale de 200 mm dans la couche inférieure de HMAC. Étant donné que l'épaisseur de la couche de HMAC varie quelque peu, ce dernier thermocouple a été installé à différentes profondeurs aux trois sites d'essai de l'aéroport. On a également installé des thermocouples à 500 mm de profondeur dans la couche inférieure de matériaux granuleux de fondation, à 1000 mm et à 1550 mm de profondeur dans la sous-fondation et à 2000 mm de profondeur dans le terrain de fondation. Trois jeux d'instruments ont été installés. Un dans l'axe, un à 5 m de l'axe et un à 10 m de l'axe. Cette répétition est nécessaire, car elle offre une redondance qui permet de parer à l'éventualité où un instrument fait défaut et de comparer l'effet des variations de distance à partir du bord du revêtement.

Deux thermocouples différents ont été installés dans la tour d'instrumentation, dans leur propre écran contre le rayonnement, afin de mesurer la température de l'air ambiant. La figure 2 montre la disposition des instruments, les dimensions de la voie de circulation ainsi qu'une coupe transversale du revêtement.

4.0 TEMPÉRATURES DU REVÊTEMENT

Les températures relevées au site de Calgary ont été enregistrées toutes les demi-heures à partir de novembre 1998. De novembre 1998 à février 2000, près de 26 000 lectures de température ont été enregistrées pour chaque thermocouple. Les données de température sont recueillies par TPSGC et affichées sur un serveur ftp d'accès public à l'adresse suivante : <ftp://ftp.pwgsc.gc.ca/rps/aes/civil/airports/calgary/tempdata/>. EBA a téléchargé les données de température affichées dans ce site ftp et a mis au point une base de données afin de pouvoir manipuler et analyser les données de température.

5.0 MÉTHODE D'ANALYSE

L'analyse effectuée par EBA consistait principalement à utiliser les données de température enregistrées à l'Aéroport international de Calgary durant les deux derniers hivers afin d'élaborer des équations pour prévoir la température de surface du revêtement.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

Les étapes de l'analyse sont énumérées ci-dessous. Chaque étape fait l'objet d'une discussion plus détaillée dans les sections traitant de l'analyse de 1998-1999 et de l'analyse de 1999-2000.

- Tri des données de température
- Sélection des températures quotidiennes minimums
- Extrapolation pour estimer les températures de surface du revêtement (analyses de régression linéaire et polynomiale)
- Analyse de régression pour déterminer la relation entre les températures de surface du revêtement et les températures de l'air.

5.1 Tri des données de température

La sélection des données de température valables pour l'analyse a été effectuée en deux étapes. Lors du tri préliminaire, seules les données enregistrées durant les mois où les températures de congélation étaient les plus typiques (de novembre à février) ont été sélectionnées.

Lors du deuxième tri, on a retenu uniquement les données de température enregistrées durant les cycles de refroidissement. Puisque la température minimum du revêtement ne sera observée que durant les cycles de refroidissement, ces périodes sont considérées comme étant les plus importantes. Un cycle de refroidissement correspond aux jours où la température minimum est inférieure à la température du jour précédent. Des exemples de données sur les températures mensuelles recueillies durant les analyses 1998-1999 et 1999-2000 sont présentés graphiquement aux annexes A et B.

Le processus de tri utilisé est conforme à l'approche de l'ATC¹.

5.2 Sélection des températures quotidiennes minimums

Une température quotidienne minimum a été sélectionnée pour la température de l'air et pour chaque thermocouple installé dans les couches de HMAC. Ce processus de sélection tient compte de l'écart entre la température minimum de l'air et les températures minimums

¹ *Determining the Winter Design Temperature for Asphalt Pavements*, Transportation Association of Canada, Research Report, 1330, W.D. Robertson, 1997.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

observées dans la couche de revêtement sous-jacente. Les températures minimums dans les couches de revêtement lors d'un cycle de refroidissement sont généralement atteintes un certain temps après l'atteinte de la température minimum de l'air.

5.3 Températures de surface du revêtement

Dans les protocoles de la méthode Superpave, on choisit la température de surface du revêtement comme température de revêtement critique aux fins de la conception. En raison des difficultés liées au mesurage des températures de surface du revêtement, il est souvent nécessaire d'estimer les températures de surface en les extrapolants à partir d'autres mesures de température enregistrées dans la structure du revêtement.

Les températures de surface du revêtement ont donc été extrapolées à partir des trois mesures de température les plus élevées enregistrées aux trois thermocouples installés dans la couche de HMAC.

Deux méthodes d'extrapolation ont été utilisées. La première est une extrapolation polynomiale au deuxième degré (méthode également utilisée pour la mise au point des algorithmes de l'ATC), et la seconde est une extrapolation linéaire simple.

5.4 Analyse de corrélation des thermocouples

Comme mentionné précédemment, trois jeux de thermocouples ont été installés dans la voie de circulation. Afin de simplifier l'analyse, la cohérence des températures enregistrées à chacune des trois installations a été vérifiée par une analyse de corrélation. Les tableaux 1 et 3 présentent les matrices de corrélation pour tous les thermocouples pour les analyses de 1998-1999 et de 1999-2000. Les analyses présentées aux tableaux 1 et 3 ont été effectuées uniquement sur les lectures de température obtenues lorsque la température de l'air était de 0 °C ou moins.

Les figures 3 à 9 et 13 à 19 présentent la relation entre les températures enregistrées par les thermocouples pour les températures de l'air et celles enregistrées par les trois premiers thermocouples dans la structure du revêtement pour les analyses 1998-1999 et 1999-2000, respectivement. Les données comprennent toutes les mesures de température (+/- 0 °C) ainsi que l'équation de régression linéaire et le coefficient de régression pour les données.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

Selon l'analyse de corrélation, il existe un haut degré de corrélation entre chacune des installations. En raison de la qualité de la corrélation, il a été conclu que les thermocouples avaient mesuré les mêmes températures dans les trois installations.

Puisque la corrélation entre les températures de revêtement est bonne, il a été décidé d'utiliser les données d'une seule installation pour l'analyse. Les lectures de température de la première installation de thermocouples (T1, près de la ligne de centre) ont donc été sélectionnées pour les analyses de 1998-1999 et de 1999-2000.

6.0 ANALYSE DE 1998-1999

6.1 Sélection des températures quotidiennes minimums

Le processus de sélection final des données de 1998-1999 a permis de sélectionner 75 jeux de mesures de température qui représentent 75 jours d'enregistrement de température durant des périodes de refroidissement de novembre 1998 à février 1999. Le tableau 2 présente les données de température utilisées pour l'analyse.

6.2 Températures de surface du revêtement

Pour les données de 1998-1999, on a fait une extrapolation à partir de chacun des 75 jeux de données de température afin de produire deux températures de surface du revêtement. La première température de surface du revêtement a été obtenue en effectuant une analyse de régression linéaire, alors que la seconde a été obtenue en effectuant une analyse de régression polynomiale. Les données sont présentées au tableau 2.

6.3 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air

La dernière étape de l'analyse consistait à déterminer la corrélation entre les températures de surface de revêtement et les température de l'air. La température de l'air était la variable indépendante, et la température de surface du revêtement était la variable dépendante. Les résultats des analyses de régression sont présentés aux figures 10 et 11, avec les coefficients de corrélation. Voici les équations linéaires obtenues :

$$T_{Surface} = 0.7547 * T_{air} + 0.8399 \quad r^2 = 0,92 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface} \text{)} \quad (1)$$

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

$$T_{Surface} = 0.7668 * T_{air} + 0.8514 \quad r^2 = 0,93 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (2)$$

Les figures 10A et 11A montrent les résultats lorsque la courbe de régression passe par l'origine, ce qui permet de comparer les données avec celles publiées par l'ATC. Les équations obtenues lorsque l'on fait passer les droites par l'origine sont les suivantes :

$$T_{Surface} = 0.7032 T_{air} \quad r^2=0,92 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (3)$$

$$T_{Surface} = 0.7146 T_{air} \quad r^2=0,92 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (4)$$

La relation calculée par l'ATC est la suivante :

$$T_{Surface} = 0.749 * T_{air} \quad r^2 = 0,95 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (5)$$

6.4 Discussion

D'après l'analyse des données de température basse recueillies la première année sur le site de l'Aéroport international de Calgary, il est possible d'appliquer la température basse de l'ATC aux revêtements dans les aéroports canadiens.

La figure 12 présente toutes les équations élaborées lors de l'analyse de 1998-1999 à Calgary ainsi que l'équation de l'ATC. Il semble y avoir une certaine différence entre la température de surface de revêtement prédite par l'équation de l'ATC et les relations établies d'après les données de 1998-1999 relevées au site de Calgary (équations 1 et 2). En ce qui concerne les températures de l'air valables pour les sites canadiens (entre -25 °C et -50 °C), la différence entre la température du revêtement calculée en utilisant l'équation de l'ATC et celle calculée en utilisant l'équation ou les équations déterminées pour le site était inférieure à 1 °C.

7.0 ANALYSE DE 1999-2000

7.1 Sélection des températures minimums

Pour les données 1999-2000, le processus de sélection final a permis de retenir 74 jeux de mesures de température qui représentent 74 jours d'enregistrements de température durant

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

des périodes de refroidissement de novembre 1999 à février 2000. Le tableau 4 présente les données de température utilisées pour l'analyse.

7.2 Températures de surface du revêtement

Pour les données de 1999-2000, on a fait une extrapolation à partir de chacun des 74 jeux de données de température afin de produire deux températures de surface du revêtement. La première température de surface de revêtement a été obtenue en effectuant une analyse de régression linéaire, et la seconde a été obtenue en effectuant une analyse de régression polynomiale. Les données sont présentées au tableau 4.

7.3 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air

La dernière étape de l'analyse consistait à déterminer la corrélation entre les températures de surface du revêtement et les températures de l'air. La température de l'air était la variable indépendante, et la température de surface du revêtement était la variable dépendante. Les résultats des analyses de régression sont présentés aux figures 10 et 11, ainsi que les coefficients de corrélation. Voici les équations linéaires obtenues :

$$T_{Surface} = 0.6352 * T_{air} - 0.3699 \quad r^2 = 0,90 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (6)$$

$$T_{Surface} = 0.6479 * T_{air} - 0.372 \quad r^2 = 0,90 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (7)$$

Les figures 20A et 21A montrent les résultats lorsque la courbe de régression passe par l'origine, ce qui permet de comparer les données avec celles publiées par l'ATC. Les équations obtenues lorsque l'on fait passer les droites par l'origine sont les suivantes :

$$T_{Surface} = 0.6567 T_{air} \quad r^2 = 0,90 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (8)$$

$$T_{Surface} = 0.6694 T_{air} \quad r^2 = 0,90 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (9)$$

La relation calculée par l'ATC est la suivante :

$$T_{Surface} = 0.749 * T_{air} \quad r^2 = 0,95 \quad (5)$$

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

7.4 Discussion

La figure 22 présente toutes les équations élaborées lors de l'analyse de 1999-2000 à Calgary ainsi que l'équation de l'ATC. Il semble y avoir une certaine différence entre la température de surface de revêtement prédite par l'équation de l'ATC et les relations établies d'après les données de 1999-2000 relevées à Calgary. En ce qui concerne les températures de l'air valables pour les sites canadiens (entre -25 et -50 °C), la différence entre la température de revêtement calculée en utilisant l'équation de l'ATC et celles calculées en utilisant les équations mises au point pour le site étaient significative. Les différences apparentes entre les températures de surface de revêtement prédites de l'ATC et celles obtenues d'après les équations établies pour le site de Calgary font l'objet d'une discussion à la section 8.

Le niveau de confiance des données produites à partir des équations de cette analyse est directement lié à la plage de températures utilisée pour établir ces équations. Cette analyse statistique peut ne pas permettre d'utiliser une équation afin de produire des données de température de surface du revêtement à partir de températures au-delà des températures maximums et minimums utilisées pour développer cette équation.

8.0 COMPARAISON ENTRE L'ANALYSE DE 1998-1999, L'ANALYSE DE 1999-2000 ET L'ANALYSE MULTI-ANNÉES

Cette dernière section du rapport présente l'analyse combinée des données de température des deux analyses effectuées au site de Calgary, soit 1998-1999 et 1999-2000, destinée à produire des équations pour prédire la température de surface du revêtement. L'hypothèse était que toutes les corrélations et les critères de sélection des données décrits dans les sections 6 et 7 étaient corrects et qu'ils ne devaient pas être modifiés pour l'analyse multi-années. Les équations basées sur ces données combinées ont été comparées aux équations générées lors des analyses de 1998-1999 et de 1999-2000.

8.1 Sélection des températures minimums

Le processus de sélection final des données combinées de 1998-1999 et de 1999-2000 a permis de retenir respectivement 75 et 74 jeux de mesures de température, ce qui représente 149 jours d'enregistrements de température durant des périodes de

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

refroidissement des mois sélectionnés. Les tableaux 2 et 4 présentent les données de température utilisées pour l'analyse de 1998-1999 et pour l'analyse de 1999-2000.

8.2 Relation entre température de surface de revêtement et température de l'air

La méthode d'analyse utilisée était la même que celle utilisée pour les analyses de 1998-1999 et de 1999-2000. La température de l'air était la variable indépendante, et la température de surface de revêtement était la variable dépendante. Les résultats des analyses de régression sont présentés aux figures 23 et 24 avec les coefficients de corrélation. Voici les équations linéaires obtenues :

$$T_{Surface} = 0.6815 * T_{air} - 0.0344 \quad r^2 = 0,91 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (10)$$

$$T_{Surface} = 0.7032 * T_{air} - 0.1379 \quad r^2 = 0,91 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (11)$$

Les figures 23A et 24A montrent les résultats des analyses de régression lorsque l'on fait passer les droites par l'origine, ce qui permet de comparer les données avec celles publiées par l'ATC. Les équations obtenues lorsque les droites passent par l'origine sont les suivantes :

$$T_{Surface} = 0.6835 T_{air} \quad r^2 = 0,91 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}) \quad (12)$$

$$T_{Surface} = 0.7112 T_{air} \quad r^2 = 0,91 \text{ (selon l'extrapolation linéaire de } T_{surface}) \quad (13)$$

8.3 Discussion

Afin de permettre une comparaison des analyses de 1998-1999 et de 1999-2000 avec l'analyse multi-années, ainsi qu'avec les équations de l'ATC, il a été décidé d'utiliser les équations élaborées au site de Calgary d'après l'extrapolation polynomiale de $T_{surface}$ et en faisant passer les droites par l'origine. Les conditions étaient les mêmes que celles qui ont servi à l'établissement de l'équation de l'ATC.

$T_{Surface}$ a été calculé pour la plage de températures de l'air comprise entre 5 °C et -50 °C en utilisant les équations ci-dessous. Les résultats sont présentés au tableau 5.

$$T_{Surface} = 0.749 * T_{air} \quad \text{où } r^2 = 0,95 \text{ (équation de l'ATC)} \quad (5)$$

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

$$T_{Surface} = 0.7032 T_{air} \quad r^2 = 0,92 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}, \text{ analyse de 1998-1999)} \quad (3)$$

$$T_{Surface} = 0.6567 T_{air} \quad r^2 = 0,90 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}, \text{ analyse de 1999-2000)} \quad (8)$$

$$T_{Surface} = 0.6835 T_{air} \quad r^2 = 0,91 \text{ (selon l'extrapolation polynomiale de } T_{surface}, \text{ analyse multi-années)} \quad (12)$$

La figure 25 présente ces équations.

Comme il fallait s'y attendre, les différences entre la température de surface du revêtement prédite par l'algorithme de l'ATC et celles prédites par les équations de l'analyse multi-années au site de Calgary se situent entre les résultats de l'analyse de 1998-1999 et ceux de l'analyse de 1999-2000.

Des résultats similaires ont été obtenus lors de la comparaison des températures de surface prédites avec les équations de l'ATC et celles de Calgary pour la plage de températures ayant servi à la mise au point des équations pour le site de Calgary (entre +3 °C et -28 °C). La différence entre la température de surface de revêtement prédite par l'équation de l'ATC et celle obtenue par l'équation de l'analyse multi-années était de -2 °C à une température de l'air de -30 °C.

Une comparaison utilisant des températures de l'air situées au-delà de la plage de températures ayant servi à la mise au point des équations au site de Calgary (entre +3 °C et -28 °C) a permis de mieux faire ressortir les différences entre les températures de revêtement prédites. La différence entre la température de surface de revêtement prédite par l'équation de l'ATC et celle obtenue par l'équation de l'analyse multi-années était de -3.3 °C à une température de l'air de -50 °C.

Cette analyse montre que les températures de surface du revêtement déduites d'après l'équation de l'analyse multi-années étaient similaires à celles déduites d'après l'équation de l'ATC établie à partir de la plage de températures enregistrées à l'Aéroport international de Calgary. Cependant, à des températures inférieures à -28 °C, la différence augmente, ce qui laisse suggérer que les comparaisons entre les équations pour des températures hors de la plage de températures utilisée pour leur établissement devraient être effectuées avec prudence.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998/1999 et 1999-2000

9.0 CONCLUSION

EBA Engineering Consultants Ltd. est reconnaissant d'avoir pu travailler avec TPSGC pour cette analyse très importante des relations qui existent entre la température de l'air et la température du revêtement.

Grâce aux nombreuses données sur la température recueillies au site de Calgary, il est possible d'effectuer des études sur la pénétration du gel, sur l'effet des périodes de refroidissement sur les températures du revêtement et sur d'autres conditions thermiques dans la structure du revêtement. Nous prévoyons que les connaissances dans ce domaine seront enrichies à mesure que d'autres données sur la température de l'air, les taux de refroidissement et les conditions thermiques seront recueillies et analysées.

EBA ENGINEERING CONSULTANTS LTD.

W.M. (Marty) McNamara, M.Sc., E.I.T.
Ingénieur des revêtements

D.P. (Dave) Palsat, M.Sc., P.Eng.
Directeur de projet

B.C.M. (Bert) Pulles, P.Eng.
Ingénieur principal des revêtements

Tableaux

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 1 - Matrice de corrélation pour comparer la relation entre les données issues des instruments disposés en répétition
Voie de circulation Juliett

	Tair1	Tair2	T1-20	T1-100	T1-200	T1-500	T1-1000	T1-1550	T1-2000	T2-20	T2-100	T2-200	T2-500	T2-1000	T2-1550	T2-2000
Tair1	1															
Tair2	0.99923	1														
T1-20	0.84489	0.84440	1													
T1-100	0.77931	0.77658	0.95876	1												
T1-200	0.66931	0.66687	0.87821	0.96306	1											
T1-500	0.57342	0.57199	0.80666	0.88913	0.96767	1										
T1-1000	0.43274	0.43189	0.64653	0.72045	0.81812	0.91922	1									
T1-1550	0.33562	0.33504	0.49771	0.56001	0.65550	0.78226	0.95766	1								
T1-2000	0.26521	0.26491	0.37910	0.43083	0.51975	0.65676	0.88266	0.97888	1							
T2-20	0.83406	0.83224	0.99320	0.97723	0.89729	0.81934	0.66113	0.51311	0.39403	1						
T2-100	0.76819	0.76535	0.95133	0.99932	0.96974	0.89989	0.73628	0.57652	0.44641	0.97144	1					
T2-200	0.67782	0.67521	0.88466	0.96869	0.99938	0.96250	0.81358	0.65135	0.51549	0.90520	0.97533	1				
T2-500	-0.05293	-0.05238	-0.12287	-0.13990	-0.16096	0.99903	-0.18952	-0.18397	-0.16514	-0.12699	-0.14340	-0.15975	1			
T2-1000	0.44763	0.44673	0.66808	0.74384	0.84032	0.93530	0.99847	0.94166	0.85840	0.68280	0.75944	0.83597	-0.18687	1		
T2-1550	0.34686	0.34627	0.51431	0.57823	0.67410	0.79874	0.96592	0.99891	0.97185	0.52990	0.59489	0.67018	-0.18308	0.95199	1	
T2-2000	0.27641	0.27609	0.39704	0.45050	0.54027	0.67605	0.89576	0.98409	0.99909	0.41221	0.46635	0.53624	-0.16638	0.87318	0.97892	1
T3-20	0.83245	0.83066	0.99201	0.97923	0.90389	0.82616	0.66358	0.51283	0.39221	0.99819	0.97361	0.91116	-0.12760	0.68556	0.52967	0.41042
T3-100	0.76767	0.76489	0.95066	0.99841	0.97117	0.90261	0.73795	0.57821	0.44822	0.96987	0.99900	0.97615	-0.14425	0.76087	0.59623	0.46784
T3-200	0.67995	0.67743	0.88660	0.96840	0.99910	0.96353	0.81578	0.65557	0.52112	0.90619	0.97472	0.99921	-0.16130	0.83753	0.67373	0.54128
T3-500	0.55885	0.55750	0.79310	0.87483	0.95626	0.99817	0.93892	0.81341	0.69320	0.80619	0.88636	0.95117	0.99903	0.95262	0.82866	0.71160
T3-1000	0.43303	0.43222	0.64797	0.72134	0.81868	0.91960	0.99970	0.95723	0.88217	0.66236	0.73703	0.81403	-0.19253	0.99794	0.96497	0.89479
T3-1550	0.34042	0.33985	0.50845	0.57117	0.66694	0.79248	0.96247	0.99939	0.97424	0.52369	0.58764	0.66269	-0.18819	0.94702	0.99837	0.97951
T3-2000	0.26857	0.26827	0.38615	0.43793	0.52695	0.66366	0.88726	0.98083	0.99972	0.40102	0.45353	0.52266	-0.16968	0.86315	0.97382	0.99882

Les données comprennent les lectures de température de novembre 1998 à novembre 1999 lorsque la température de l'air se situait au point de congélation ou était inférieure.

T1, T2, T3 représentent les trois endroits où ont été installés les instruments, soit T1 = à l'axe, T2 = à 5 m de l'axe et T3 = à 10 m de l'axe. -20, -100, -200, etc. représentent la profondeur nominale où se trouvent les thermocouples dans la structure du revêtement.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 2 - Données de température et température de surface extrapolée						
Date	Température de l'air minimum	Température minimum selon la profondeur (mm)			Température de surface par extrapolation	
		20	100	200	linéaire	polynomiale
01-11-1998	0	1	2.8	5.11	0	0.6
02-11-1998	0	2	2.52	4.08	1.3	2
03-11-1998	0	2	2.88	4.1	1.5	1.8
04-11-1998	-3	0	1.74	3.73	-0.9	-0.5
05-11-1998	-3	0	0.93	2.63	-0.7	-0.2
06-11-1998	-5	-2	-0.38	1.72	-2.9	-2.4
07-11-1998	-6	-3	-1.39	0.67	-3.9	-3.4
08-11-1998	-6	-2	-0.9	0.62	-2.7	-2.3
09-11-1998	-8	-3	-1.63	0.26	-3.8	-3.3
10-11-1998	-14	-7	-3.53	-0.23	-8.4	-8
11-11-1998	-15	-8	-5.2	-1.31	-9.7	-8.7
12-11-1998	-9	-6	-4.43	-1.8	-7.1	-6.3
14-11-1998	-11	-6	-4.22	-0.86	-7.4	-6.3
15-11-1998	-9	-5	-3.15	-0.75	-6	-5.5
16-11-1998	-10	-6	-4	-1.69	-7	-6.5
17-11-1998	-9	-6	-4.52	-2.31	-7	-6.3
22-11-1998	-3	-4	-2.13	-0.64	-4.7	-4.6
23-11-1998	-9	-7	-4.99	-1.98	-8.3	-7.4
24-11-1998	-9	-6	-4.36	-2.07	-7	-6.4
25-11-1998	-3	-3	-2.24	-1.01	-3.5	-3.2
27-11-1998	-8	-4	-2.74	-0.32	-5	-4.2
28-11-1998	-12	-7	-4.39	-1.2	-8.4	-7.7
29-11-1998	-14	-9	-6.66	-3.13	-10.5	-9.5
01-12-1998	-6.88	-5.2	-3.48	-1.68	-6	-5.7
02-12-1998	-13.31	-6.98	-5.42	-3.07	-8	-7.3
03-12-1998	-16.48	-9.6	-7.65	-4.39	-11	-10
04-12-1998	-17.45	-10.44	-8.41	-5.2	-11.8	-10.9
17-12-1998	-11.85	-8.53	-5.78	-1.94	-10.2	-9.2
18-12-1998	-24.9	-15.82	-12.94	-8.26	-17.8	-16.4
19-12-1998	-29.15	-20.93	-17.27	-11.76	-23.3	-21.7
20-12-1998	-30.29	-22.44	-19.63	-14.55	-24.6	-23
21-12-1998	-30.42	-22.67	-20.09	-15.42	-24.7	-23.2
22-12-1998	-21.38	-16.54	-14.39	-11.42	-17.8	-17
27-12-1998	-16.32	-10.5	-9.51	-8.25	-11	-10.7
28-12-1998	-20.74	-14.65	-12.64	-9.66	-15.9	-15.1
29-12-1998	-20.48	-16.08	-14.34	-11.61	-17.3	-16.5
04-01-1999	-3.53	-7.01	-7.4	-7.32	-7	-6.8
05-01-1999	-16.58	-10.85	-9.04	-6.52	-11.9	-11.3
06-01-1999	-19.72	-14.51	-12.55	-9.32	-15.9	-14.9
07-01-1999	-22.77	-15.71	-14.01	-11.15	-16.9	-16.1
08-01-1999	-19.36	-13.38	-11.98	-10.4	-14.1	-13.7
15-01-1999	-5.71	-6.15	-4.18	-2.73	-6.8	-6.8
16-01-1999	-9.44	-7.97	-6.76	-4.96	-8.7	-8.2
17-01-1999	-15.65	-10.37	-8.56	-6.14	-11.4	-10.8
18-01-1999	-11.73	-8.75	-7.15	-5.55	-9.5	-9.2
19-01-1999	-11.63	-8.92	-7.89	-6.31	-9.6	-9.1
20-01-1999	-11.75	-8.05	-6.97	-5.53	-8.7	-8.3
21-01-1999	-14.08	-9.49	-8.26	-6.65	-10.2	-9.8
22-01-1999	-17.75	-12.94	-10.91	-8.15	-14.1	-13.4
23-01-1999	-26.19	-17.56	-14.96	-11.11	-19.2	-18.1
24-01-1999	-24.98	-19.23	-17.23	-13.63	-20.8	-19.6
26-01-1999	-11.85	-10	-8.16	-7	-10.5	-10.6

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 2 - Données de température et température de surface extrapolée (suite)						
Date	Température de l'air minimum	Température minimum selon la profondeur (mm)			Température de surface par extrapolation	
		20	100	200	linéaire	polynomiale
27-01-1999	-18.78	-13.31	-11.57	-8.88	-14.5	-13.7
28-01-1999	-5.29	-7.68	-6.96	-6.17	-8	-7.9
08-02-1999	-8.91	-5.57	-4.12	-2.41	-6.3	-5.9
09-02-1999	-10.75	-6.32	-4.93	-2.93	-7.2	-6.6
10-02-1999	-11.94	-7.99	-6.22	-4.2	-8.9	-8.5
11-02-1999	-13.72	-10.37	-8.38	-5.46	-11.6	-10.8
03-11-1999	-2.85	0.86	2.09	3.92	0.1	0.6
04-11-1999	-12.34	-4.13	-1.26	2.57	-5.8	-4.8
05-11-1999	-14.72	-6.21	-4.01	-0.18	-7.9	-6.6
15-11-1999	-0.29	3.61	4.49	5.31	3.2	3.4
16-11-1999	-2.27	0.87	2.32	4.23	0	0.5
17-11-1999	-2.06	0.16	1.12	2.95	-0.6	0
18-11-1999	-5.56	-2.29	-0.21	2.21	-3.3	-2.8
19-11-1999	-6.88	-3.24	-1.65	0.84	-4.3	-3.6
20-11-1999	1.2	0.01	0.85	2.21	-0.6	-0.2
21-11-1999	-8.98	-3.86	-1.72	1.15	-5.1	-4.4
22-11-1999	-9.7	-6.05	-4.18	-0.67	-7.5	-6.4
23-11-1999	-6.44	-4.57	-3.05	-0.44	-5.7	-4.9
24-11-1999	-11.43	-6.62	-4.76	-1.46	-8	-7
25-11-1999	-12.77	-6.91	-4.31	-1.34	-8.2	-7.6
26-11-1999	-14.27	-8.19	-6.3	-2.95	-9.6	-8.6
27-11-1999	-15.57	-10.46	-8.47	-4.84	-12	-10.8
28-11-1999	-12.86	-9.25	-7.69	-4.91	-10.4	-9.5

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 3 - Matrice de corrélation pour comparer la relation entre les données issues des instruments disposés en répétition Voie de circulation Juliett												
	Tair1	Tair2	T1-20	T1-100	T1-200	T2-20	T2-100	T2-200	T3-20	T3-100	T3-200	
Tair1	1											
Tair2	0.99886	1										
T1-20	0.89339	0.89100	1									
T1-100	0.82759	0.82139	0.95603	1								
T1-200	0.70518	0.69821	0.85400	0.95211	1							
T2-20	0.87719	0.87271	0.99014	0.97455	0.87497	1						
T2-100	0.81710	0.81047	0.94691	0.99794	0.95862	0.97058	1					
T2-200	0.71871	0.71145	0.86466	0.96045	0.99834	0.88926	0.96852	1				
T3-20	0.85433	0.84962	0.97765	0.97000	0.88595	0.98466	0.96487	0.89650	1			
T3-100	0.79373	0.78675	0.93082	0.98966	0.96495	0.95359	0.99157	0.97199	0.96951	1		
T3-200	0.70111	0.69387	0.85087	0.94881	0.99613	0.87423	0.95699	0.99591	0.89380	0.97110	1	

Les données comprennent les lectures de température enregistrées de novembre 1999 à février 2000 lorsque la température de l'air se situait au point de congélation ou était inférieure.
T1, T2, T3 représentent les endroits où ont été installés les instruments, soit T1 = à l'axe, T2 = à 5 m de l'axe et T3 = à 10 m de l'axe.

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 4 - Données de température et température de surface extrapolée						
Date	Température de l'air minimum	Température minimum selon la profondeur (mm)			Température de surface par extrapolation	
		20	100	200	linéaire	polynomiale
03-11-1999	-2.85	0.86	2.09	3.92	0.5	0.6
04-11-1999	-12.34	-4.13	-1.26	2.57	-4.9	-4.8
05-11-1999	-14.72	-6.21	-4.01	-0.18	-7.1	-6.6
15-11-1999	-0.29	3.61	4.49	5.31	3.5	3.4
16-11-1999	-2.27	0.87	2.32	4.23	0.5	0.5
17-11-1999	-2.06	0.16	1.12	2.95	-0.3	0
18-11-1999	-5.56	-2.29	-0.21	2.21	-2.8	-2.8
19-11-1999	-6.88	-3.24	-1.65	0.84	-3.8	-3.6
20-11-1999	1.2	0.01	0.85	2.21	-0.3	-0.2
21-11-1999	-8.98	-3.86	-1.72	1.15	-4.4	-4.4
22-11-1999	-9.7	-6.05	-4.18	-0.67	-6.8	-6.4
23-11-1999	-6.44	-4.57	-3.05	-0.44	-5.1	-4.9
24-11-1999	-11.43	-6.62	-4.76	-1.46	-7.4	-7
25-11-1999	-12.77	-6.91	-4.31	-1.34	-7.5	-7.6
26-11-1999	-14.27	-8.19	-6.3	-2.95	-8.9	-8.6
27-11-1999	-15.57	-10.46	-8.47	-4.84	-11.3	-10.8
28-11-1999	-12.86	-9.25	-7.69	-4.91	-9.9	-9.5
02-12-1999	-5.88	-4.96	-3.66	-1.87	-5.3	-5.3
03-12-1999	-8.59	-6.04	-3.95	-1	-6.7	-6.5
04-12-1999	-9.68	-6.5	-4.89	-2.49	-7	-6.9
05-12-1999	-3.22	-3.74	-2.78	-1.42	-4	-4
06-12-1999	-10.11	-5.98	-4.43	-2.1	-6.5	-6.3
07-12-1999	-15.79	-7.68	-5.36	-1.91	-8.4	-8.2
12-12-1999	-9.53	-6.42	-5.31	-3.45	-6.8	-6.6
13-12-1999	-9.8	-7.24	-5.57	-3.12	-7.8	-7.6
14-12-1999	-18.2	-11.09	-9.07	-5.8	-11.8	-11.5
17-12-1999	-7.71	-4.41	-3.5	-2.13	-4.7	-4.6
18-12-1999	-10.35	-8.34	-6.14	-3.21	-8.9	-8.9
19-12-1999	-18.35	-12.01	-9.89	-6.53	-12.7	-12.5
28-12-1999	3.24	-0.65	-0.24	0.14	-0.7	-0.8
29-12-1999	-9.24	-3.14	-0.73	1.6	-3.6	-3.8
30-12-1999	-13.14	-6.57	-4.56	-1.13	-7.3	-7
31-12-1999	-11.9	-6.58	-4.8	-1.92	-7.2	-7
01-01-2000	-15.16	-8.08	-6.28	-3.3	-8.7	-8.4
02-01-2000	-27.65	-14.93	-11.73	-6.66	-16	-15.6
03-01-2000	-27.22	-17.03	-14.47	-9.84	-18.1	-17.5
04-01-2000	-8.52	-9.22	-8.76	-7.11	-9.6	-9.2
05-01-2000	-9.75	-6.97	-5.48	-3.76	-7.3	-7.4
06-01-2000	-12.15	-8.63	-7.23	-5.16	-9.1	-8.9
07-01-2000	-5	-4.52	-3.47	-2.56	-4.7	-4.8
08-01-2000	-6.24	-5.41	-4.53	-3.08	-5.7	-5.6
09-01-2000	-11.36	-7.83	-6.13	-3.79	-8.3	-8.2
10-01-2000	-19.16	-12.35	-9.67	-5.96	-13.1	-13
11-01-2000	-22.53	-14.11	-11.75	-8.19	-14.9	-14.6
12-01-2000	-20.48	-11.15	-10.1	-7.8	-11.7	-11.3
13-01-2000	-20.36	-13.57	-12.22	-9.56	-14.2	-13.8
14-01-2000	-25.86	-15.31	-13.93	-11.27	-15.9	-15.6
15-01-2000	-27.08	-17.8	-15.82	-12.49	-18.5	-18.2
17-01-2000	-20.66	-14.82	-13.6	-11.39	-15.3	-15
18-01-2000	-23.66	-17.02	-15.34	-12.41	-17.7	-17.3
19-01-2000	-24.84	-16.63	-14.98	-12.11	-17.3	-17
21-01-2000	-9.39	-9.72	-9.01	-8.25	-9.9	-9.9
22-01-2000	-16.19	-11.19	-9.14	-7.44	-11.5	-11.8

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 4 - Données de température et température de surface extrapolée						
Date	Température de l'air minimum	Température minimum selon la profondeur (mm)			Température de surface par extrapolation	
		20	100	200	linaire	polynomiale
23-01-2000	-16.47	-12.04	-10.65	-8.56	-12.5	-12.9
28-01-2000	-11.77	-9.88	-8.74	-6.84	-10.3	-10.1
29-01-2000	-12.17	-10.57	-9.26	0	-11.1	-10.8
30-01-2000	-12.36	-9.37	-8.24	-6.39	-9.8	-9.6
02-02-2000	-6.45	-5.69	-4.57	-3.24	-6	-6
03-02-2000	-15.99	-9.39	-7.46	-4.72	-10	-9.8
04-02-2000	-17.63	-12.06	-10.21	-7.24	-12.7	-12.4
05-02-2000	-17.48	-12.57	-10.82	-7.94	-13.2	-12.9
10-02-2000	-19.02	-10.83	-7.54	-4.13	-11.5	-11.7
11-02-2000	-23.83	-14.61	-12.18	-8.32	-15.4	-15.1
12-02-2000	-18.68	-12.97	-11.54	-8.65	-13.6	-13.2
13-02-2000	-23.92	-15.23	-13.36	-10.1	-16	-15.6
14-02-2000	-25.68	-16.28	-14.25	-10.84	-17	-16.7
15-02-2000	-14.31	-9.53	-8.47	-7.7	-9.6	-9.9
16-02-2000	-22.95	-14.72	-12.94	-10.1	-15.3	-15.1
17-02-2000	-24.84	-15.79	-14.02	-10.95	-16.5	-16.1
23-02-2000	-3.42	-3.15	-1.99	-0.8	-3.4	-3.5
24-02-2000	-4.91	-2.77	-1.85	-0.51	-3.1	-3
25-02-2000	-10.72	-5.59	-3.84	-1.12	-6.2	-6
26-02-2000	-10.8	-6.02	-4.28	-1.7	-6.6	-6.4
27-02-2000	-13.37	-6.74	-4.83	-1.82	-7.4	-7.1

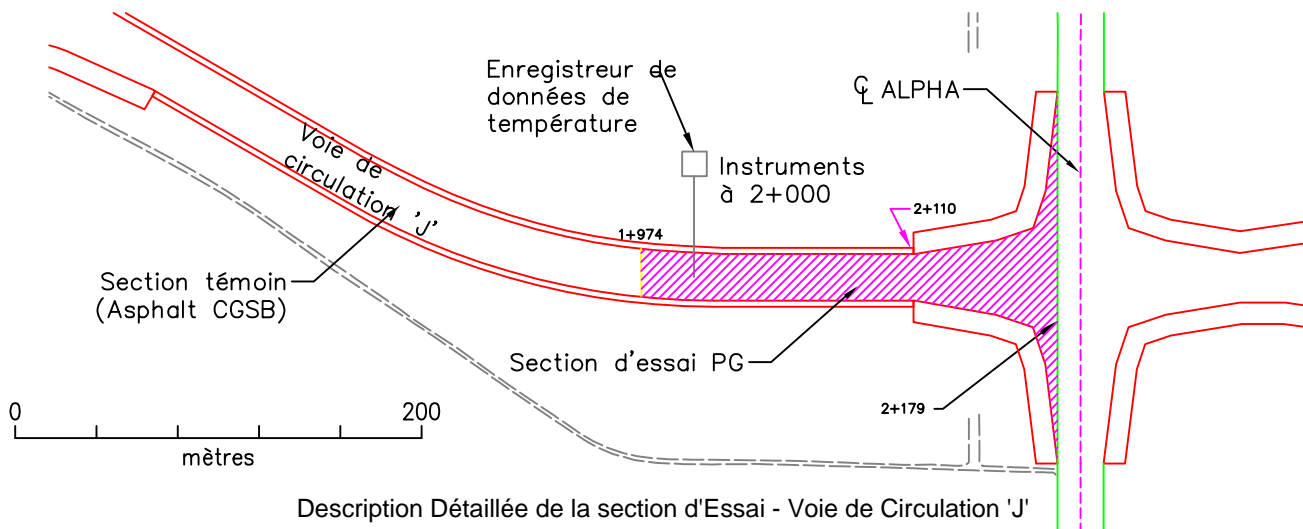
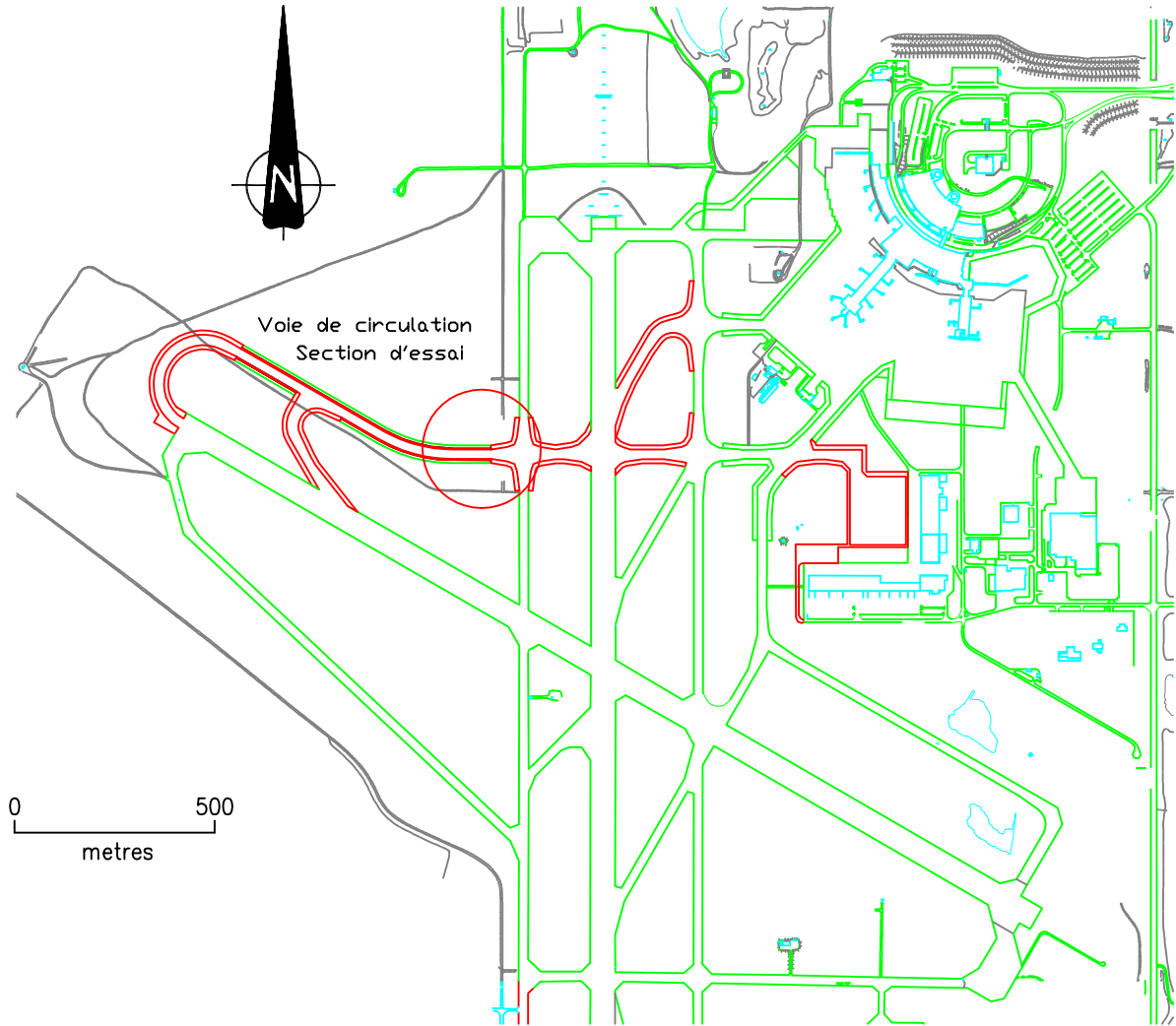
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Tableau 5 - Comparaison entre les équations de l'analyse de 1998-1999, de l'analyse de 1999-2000 de l'analyse multi-années effectuées à Calgary et l'équation de l'ATC				
Temp. de l'air	Équation de l'analyse de 1998-1999, Calgary	Équation de l'analyse de 1999-2000, Calgary	Équation de l'analyse multi-années	Équation de l'ATC
	$TSurface=0.7032 \cdot Tair$	$TSurface=0.6567 \cdot Tair$	$TSurface=0.6835 \cdot Tair$	$TSurface = 0.749 \cdot Tair$
5	3.5	3.3	3.4	3.7
0	0	0	0	0
-10	-7	-6.6	-6.8	-7.5
-20	-14.1	-13.1	-13.7	-15
-30	-21.1	-19.7	-20.5	-22.5
-40	-28.1	-26.3	-27.3	-30
-50	-35.2	-32.8	-34.2	-37.5
(Toutes les températures sont en °C)				

Figures

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

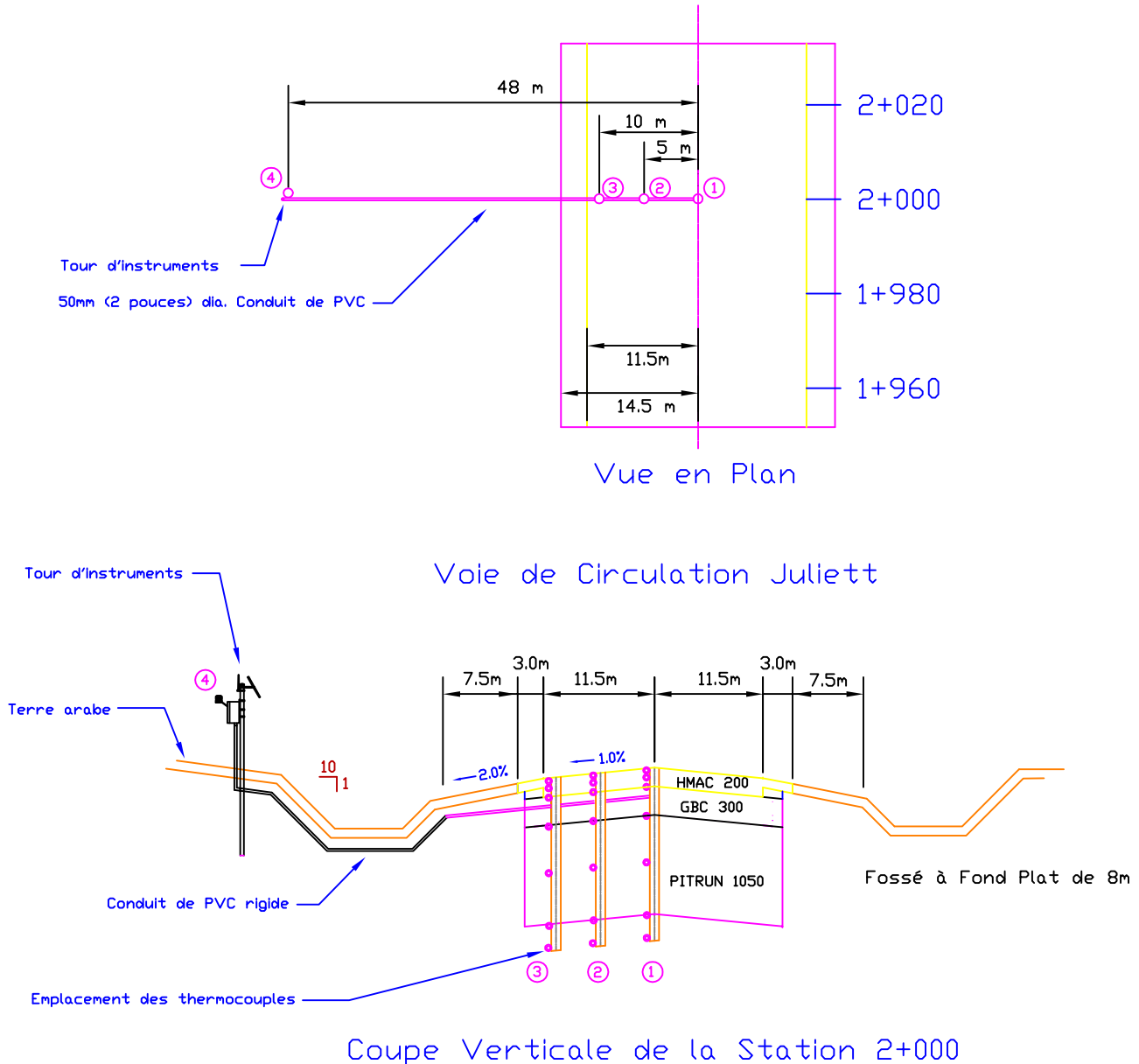


Description Détaillée de la section d'Essai - Voie de Circulation 'J'

Figure 1
Aéroport international de Calgary
Emplacement de la voie de circulation 'J'

Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary

Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000



Endroits où on été installés les thermocouples:
 1) Voie de circulation axe - 7 Thermocouples
 2) Voie de circulation, trajectoire des trains d'atterrissage - 7 Thermocouples
 3) Voie de circulation, bordure - 7 Thermocouples
 4) Tour d'instruments - 2 Thermocouples

Dans les sites 1, 2 & 3 les thermocouple ont été installés à 20, 100, 200, 500, 1000, 1550 and 2000 mm de profondeur.

* Sauf au site no. 2 où le thermocouple à 225mm de profondeur
 * Sauf au site no. 3 où le thermocouple à 220mm de profondeur

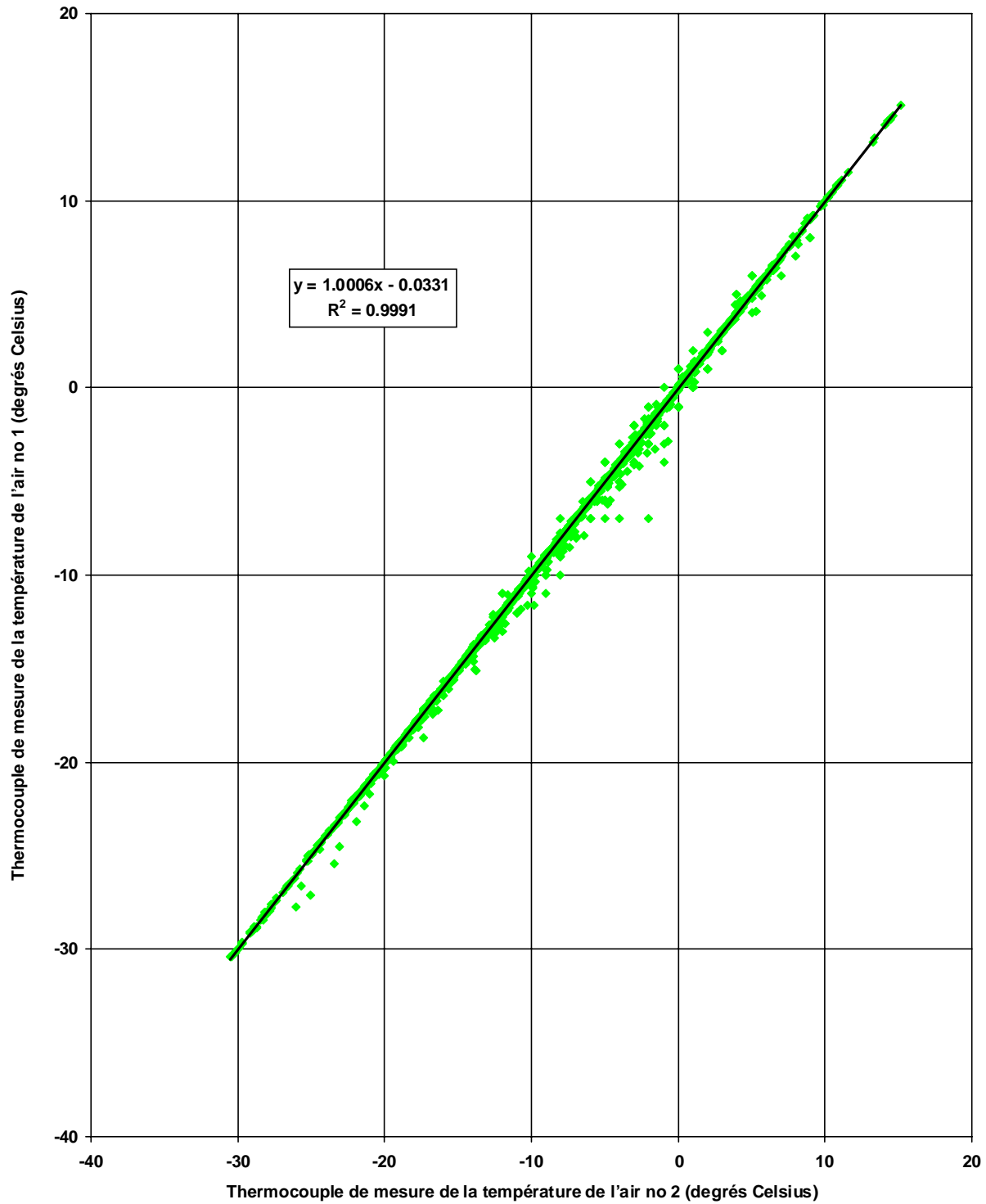
Image numerique fournie par J. Scarlet TPSGC

Non à l'échelle

Figure 2
 Voie de circulation Juliett
 Emplacement des instrument

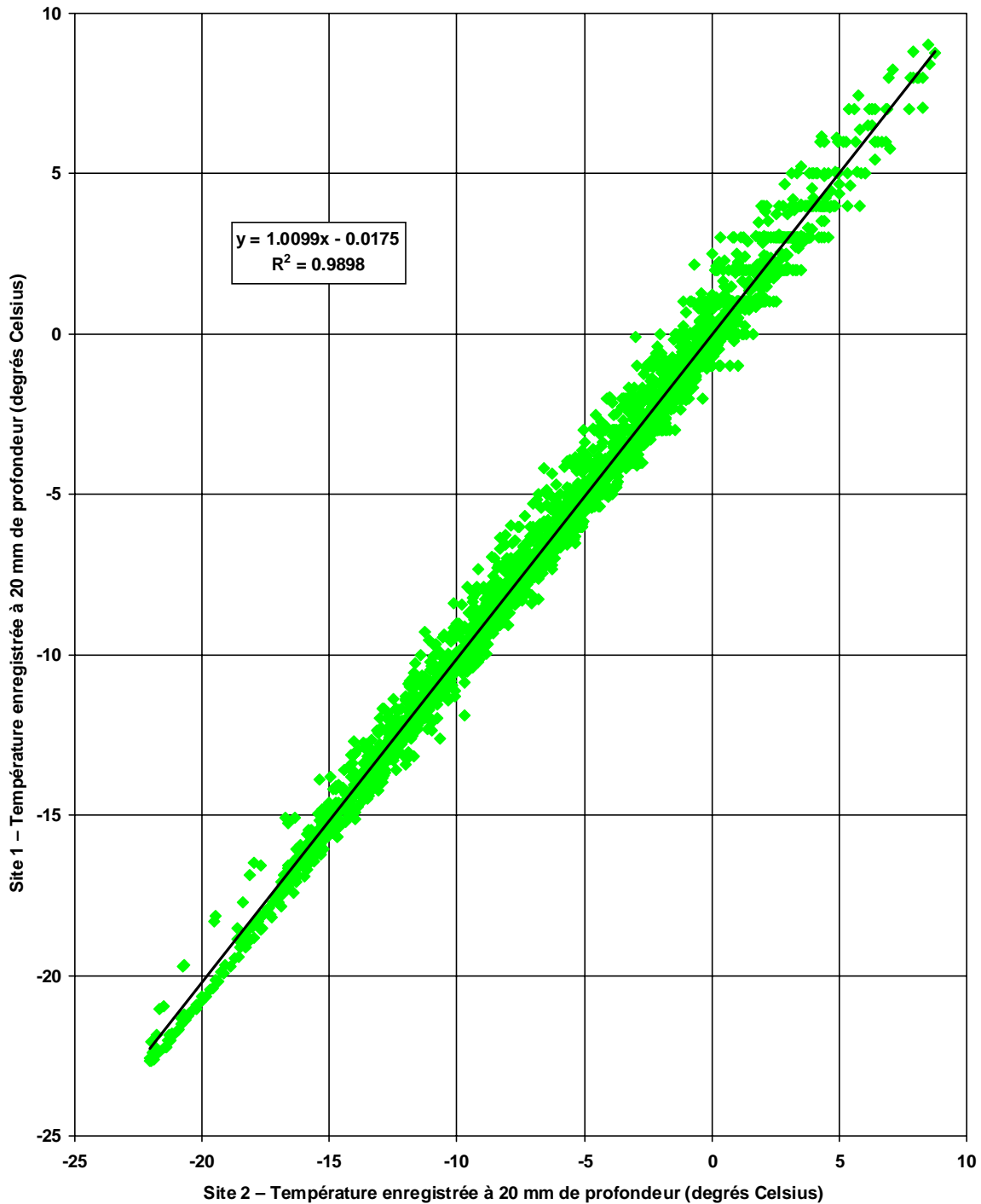
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 3 Corrélation entre les données provenant des thermocouples de mesure de la température de l'air, 1998-1999



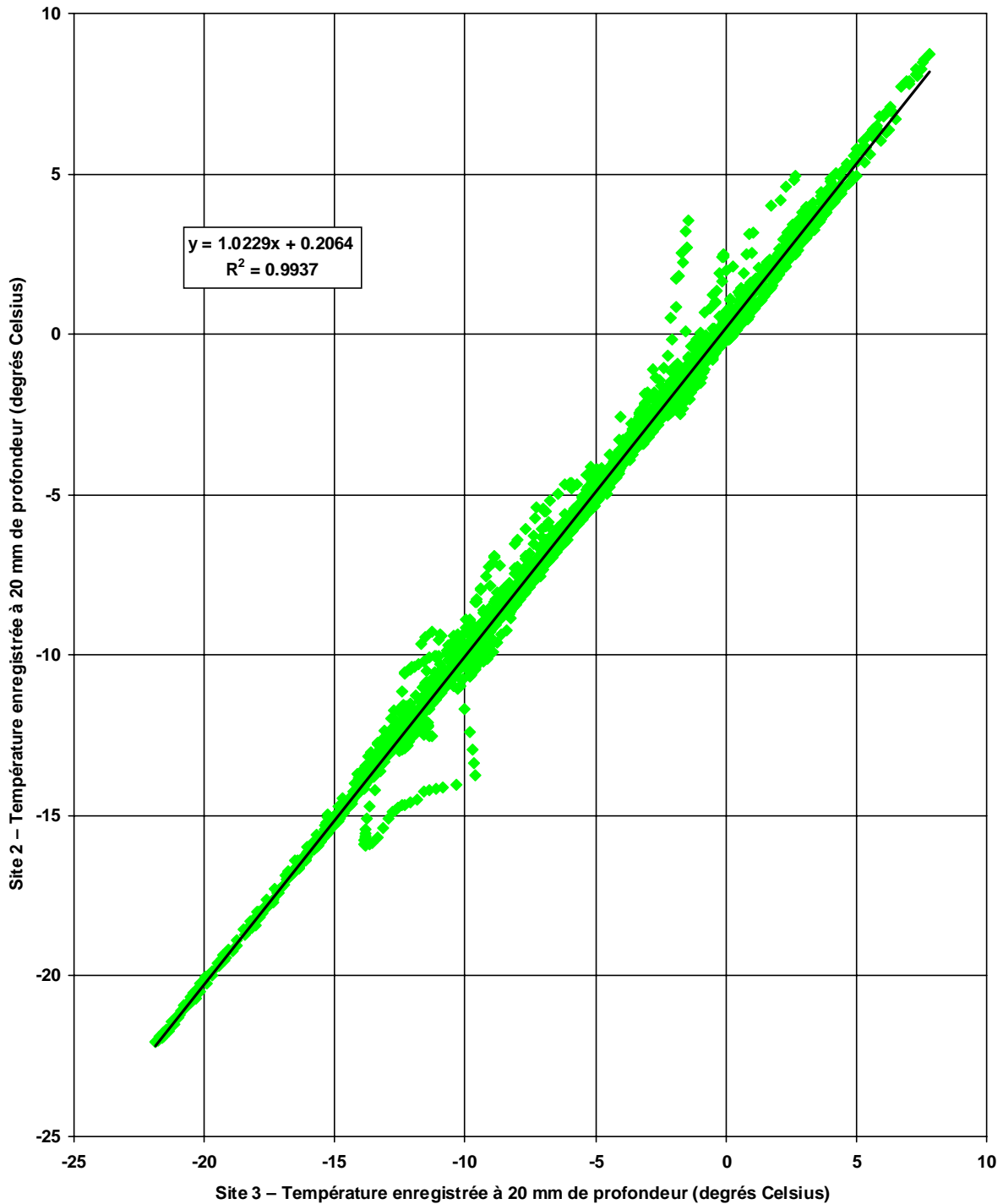
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 4 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 20 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 20 mm de profondeur, 1998-1999



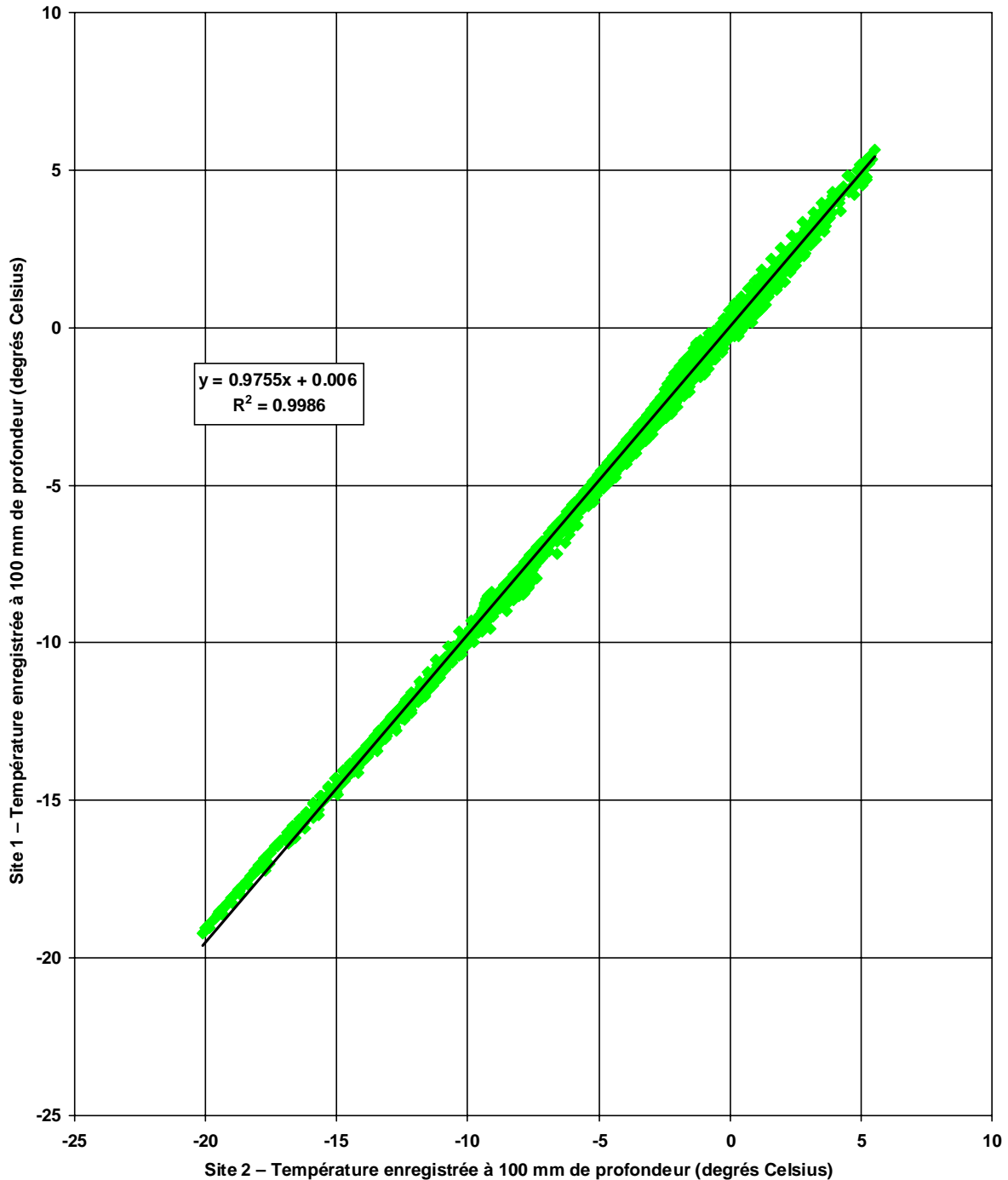
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 5 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 20 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 20 mm de profondeur, 1998-1999



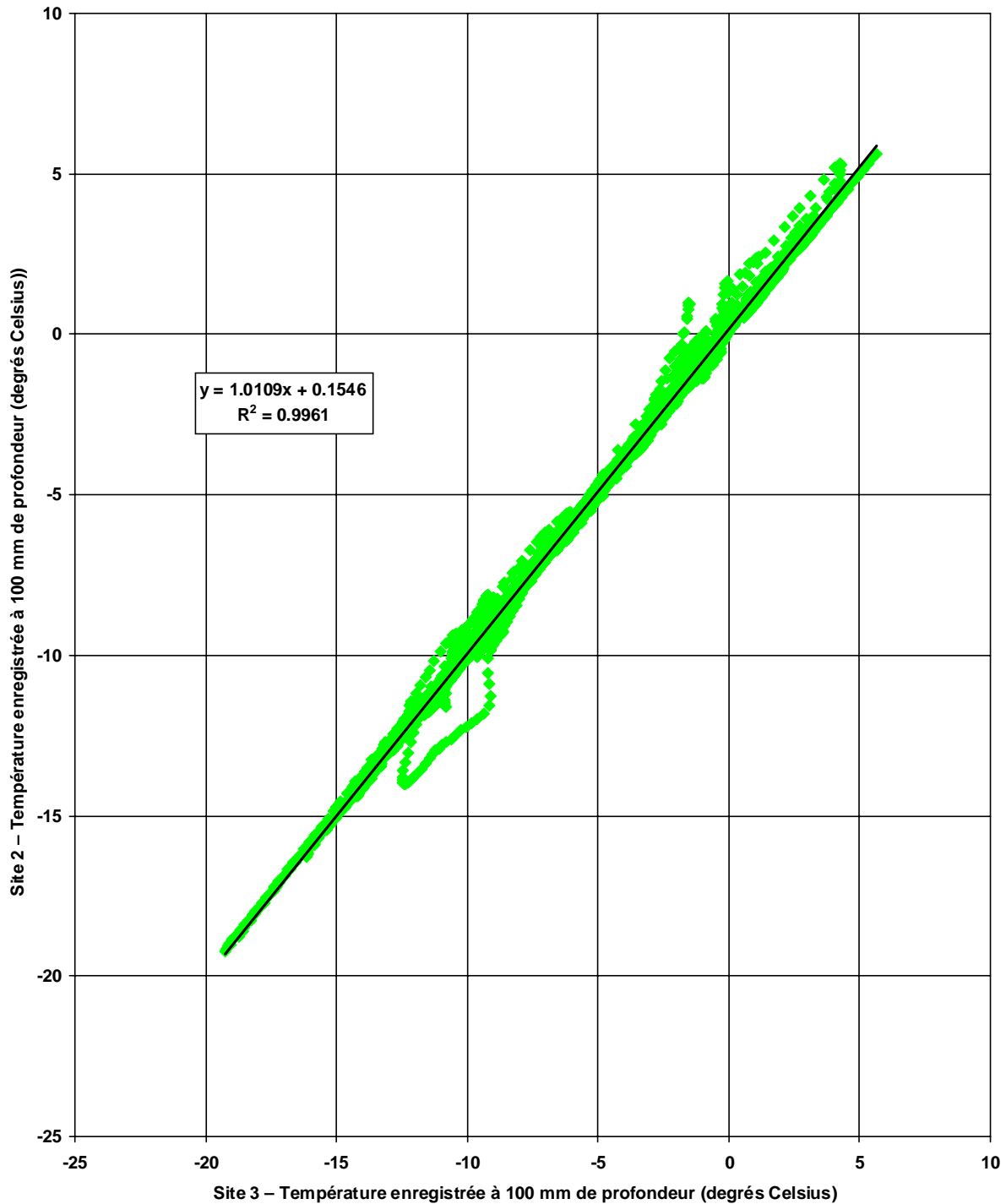
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 6 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 100 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 100 mm de profondeur, 1998-1999



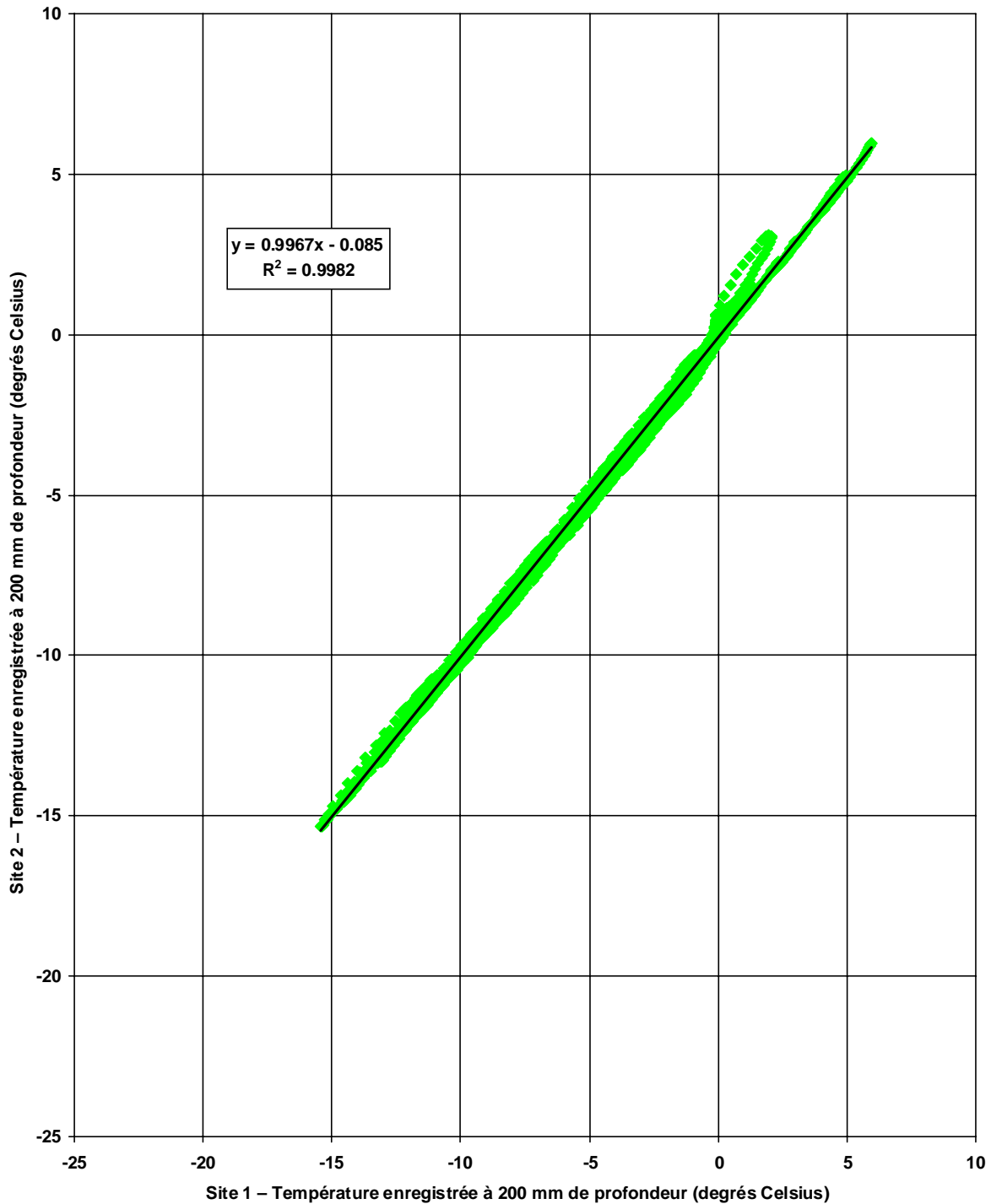
Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 7 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 100 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 100 mm de profondeur, 1998-1999



Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 8 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 200 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 200 mm de profondeur, 1998-1999



Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 9 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 200 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 200 mm de profondeur, 1998-1999

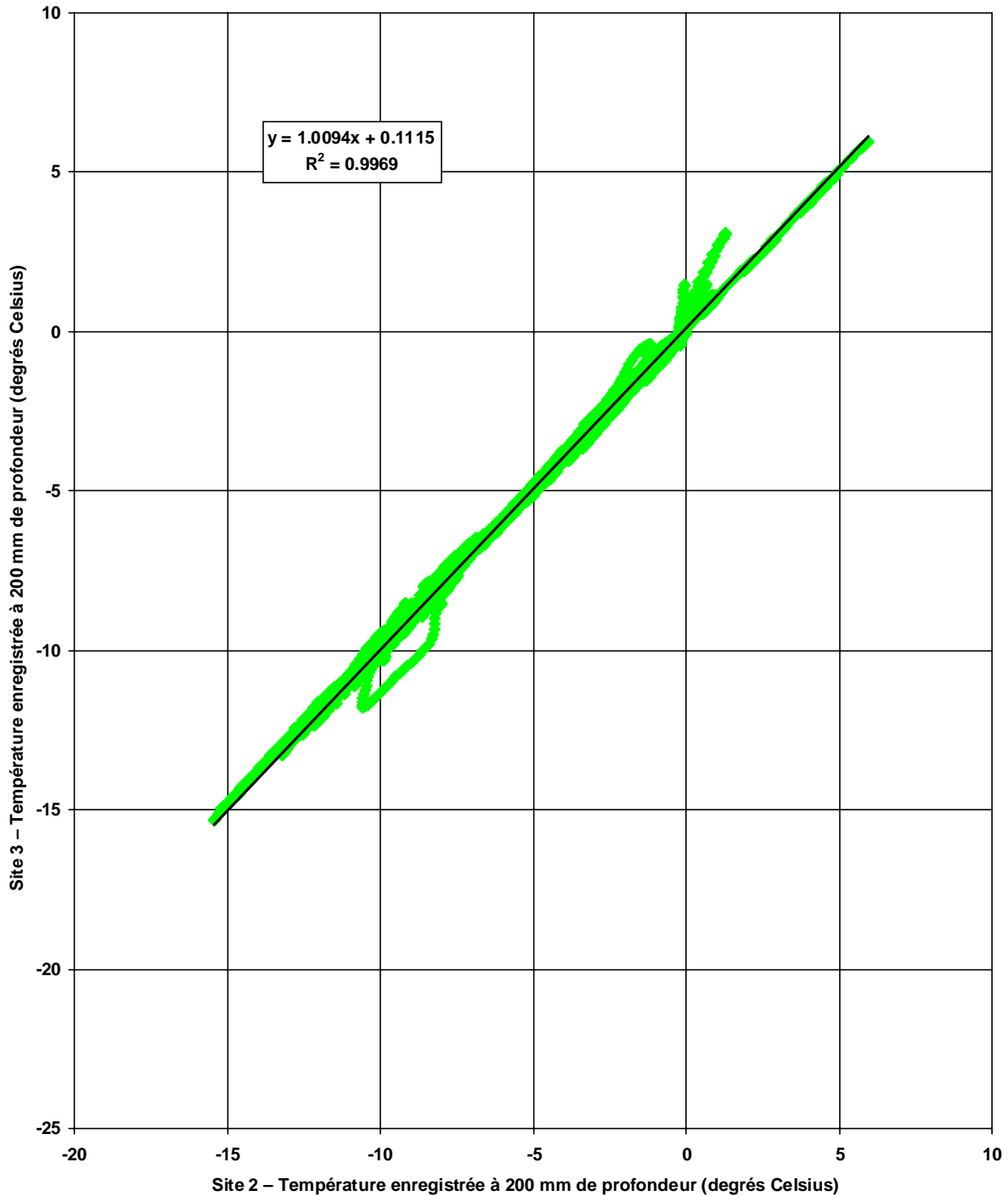


Figure 10 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1998-1999

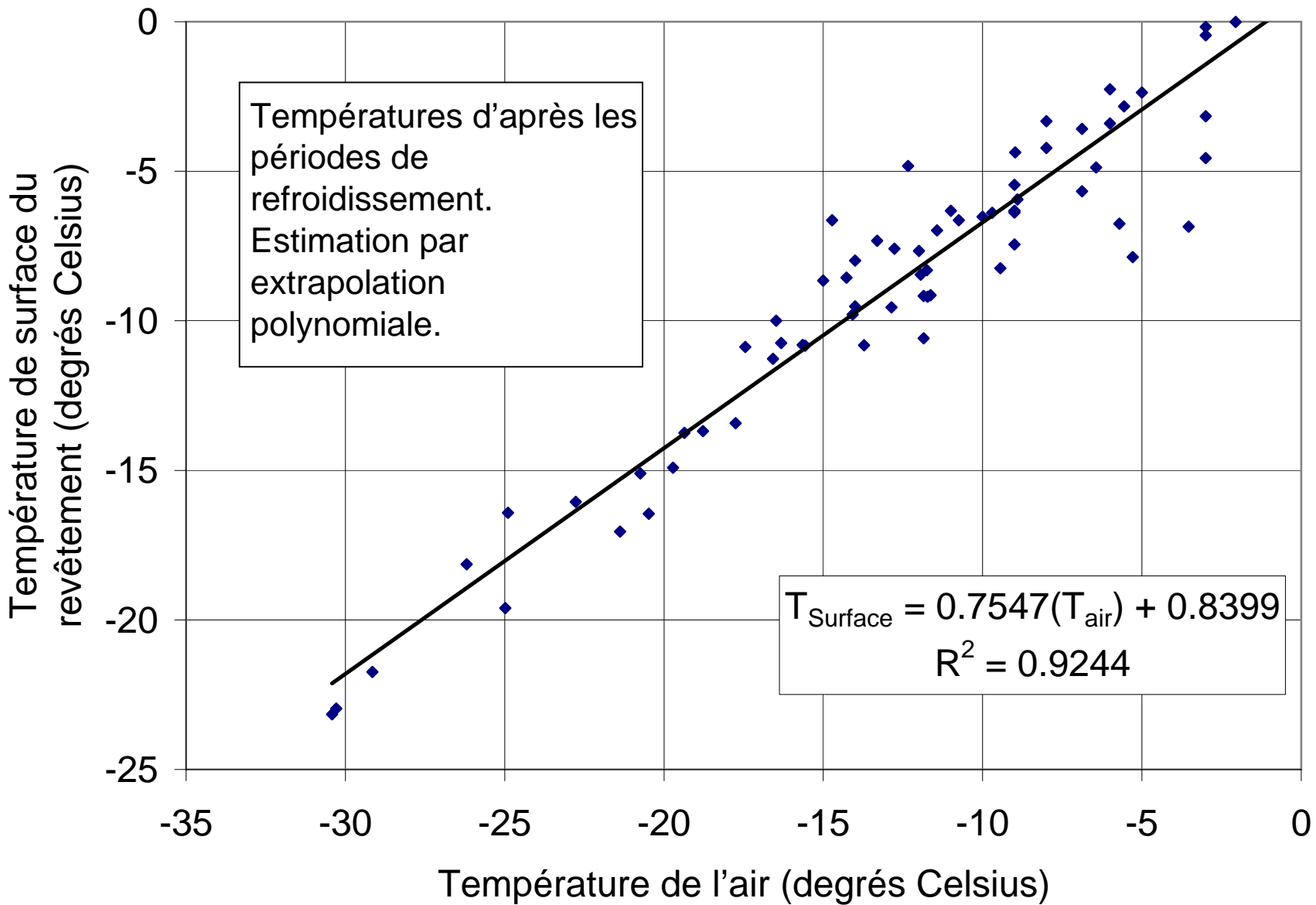


Figure 10A Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1998-1999

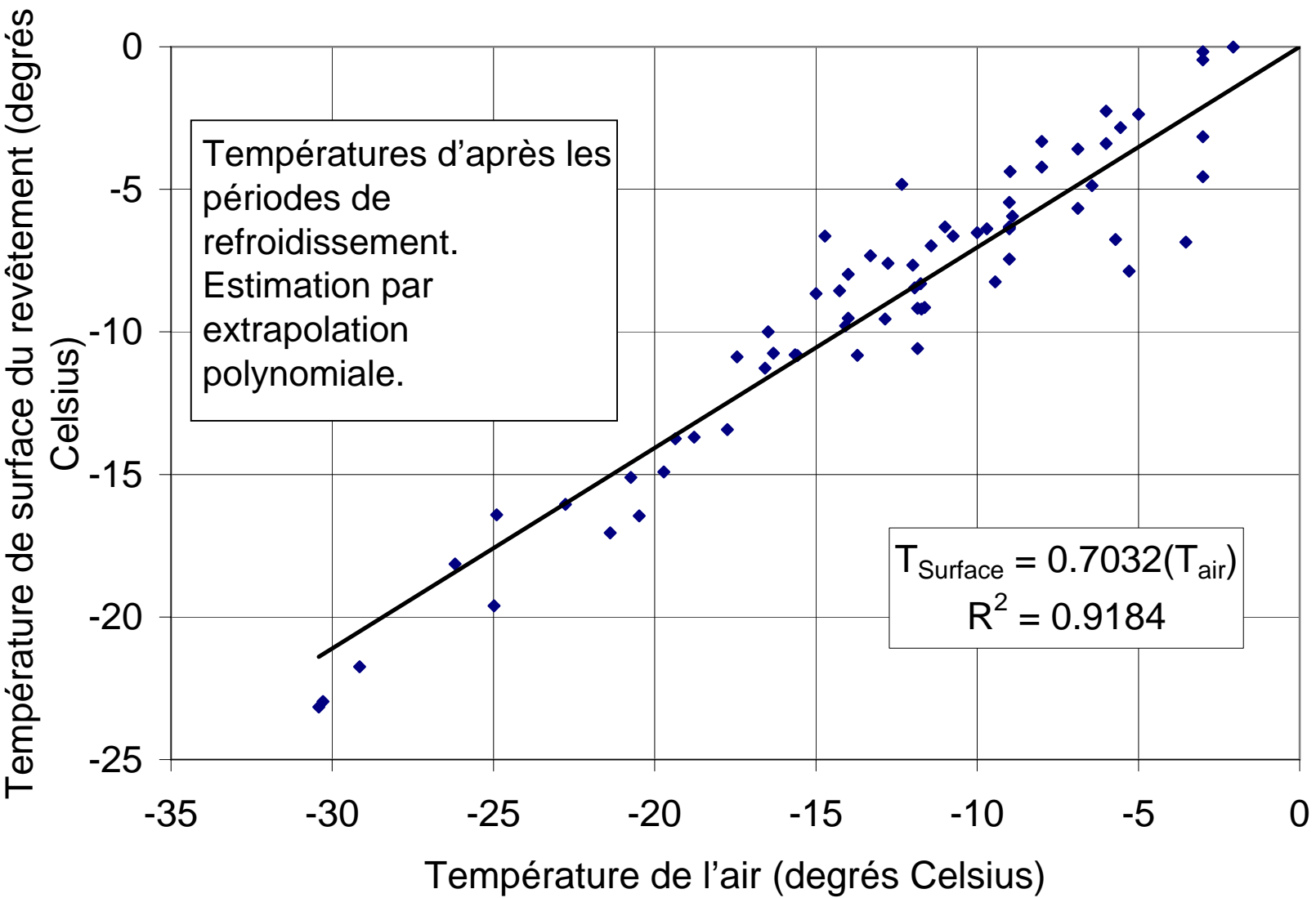


Figure 11 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1998-1999

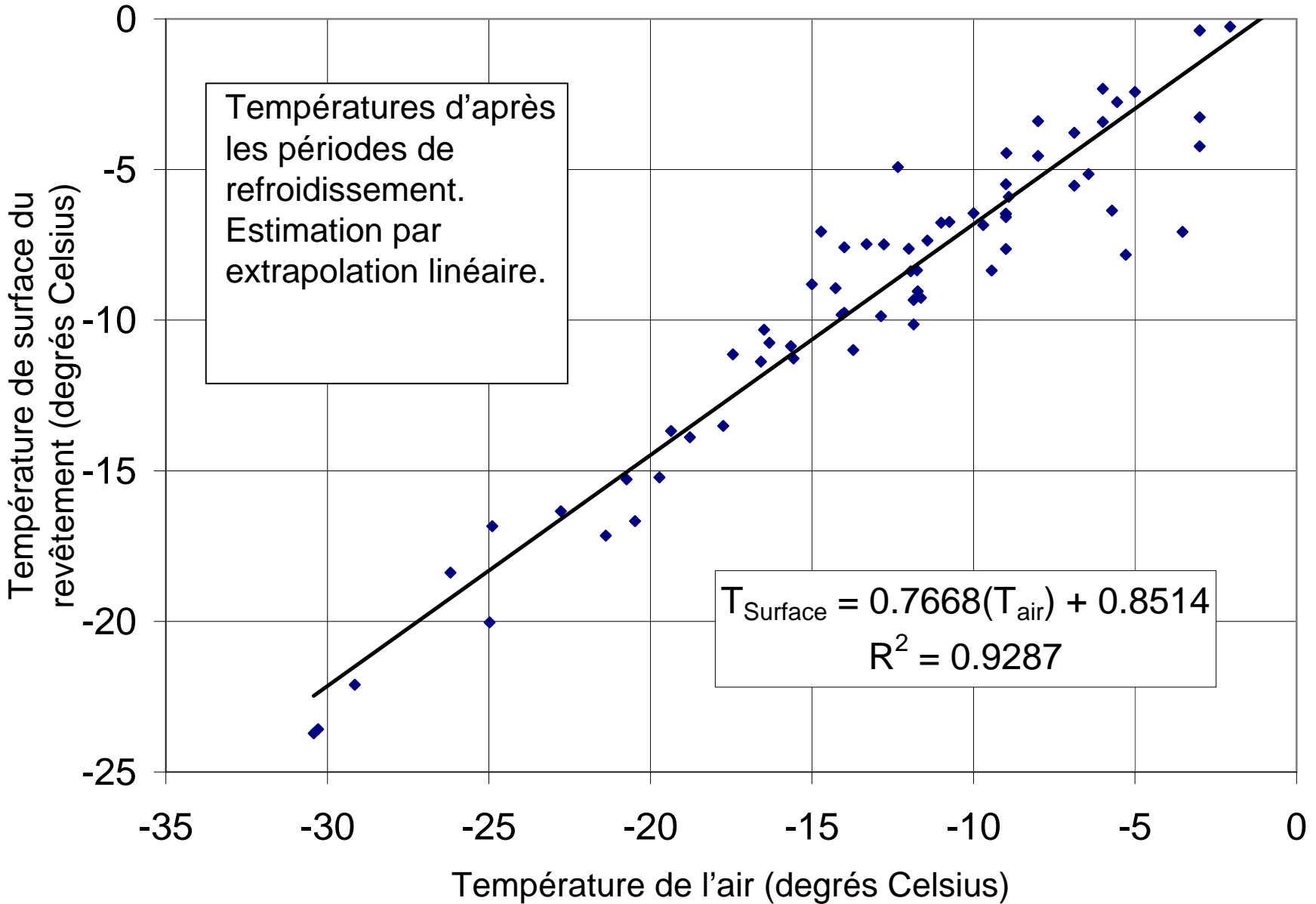


Figure 11A Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1998-1999 Taxi 'J'

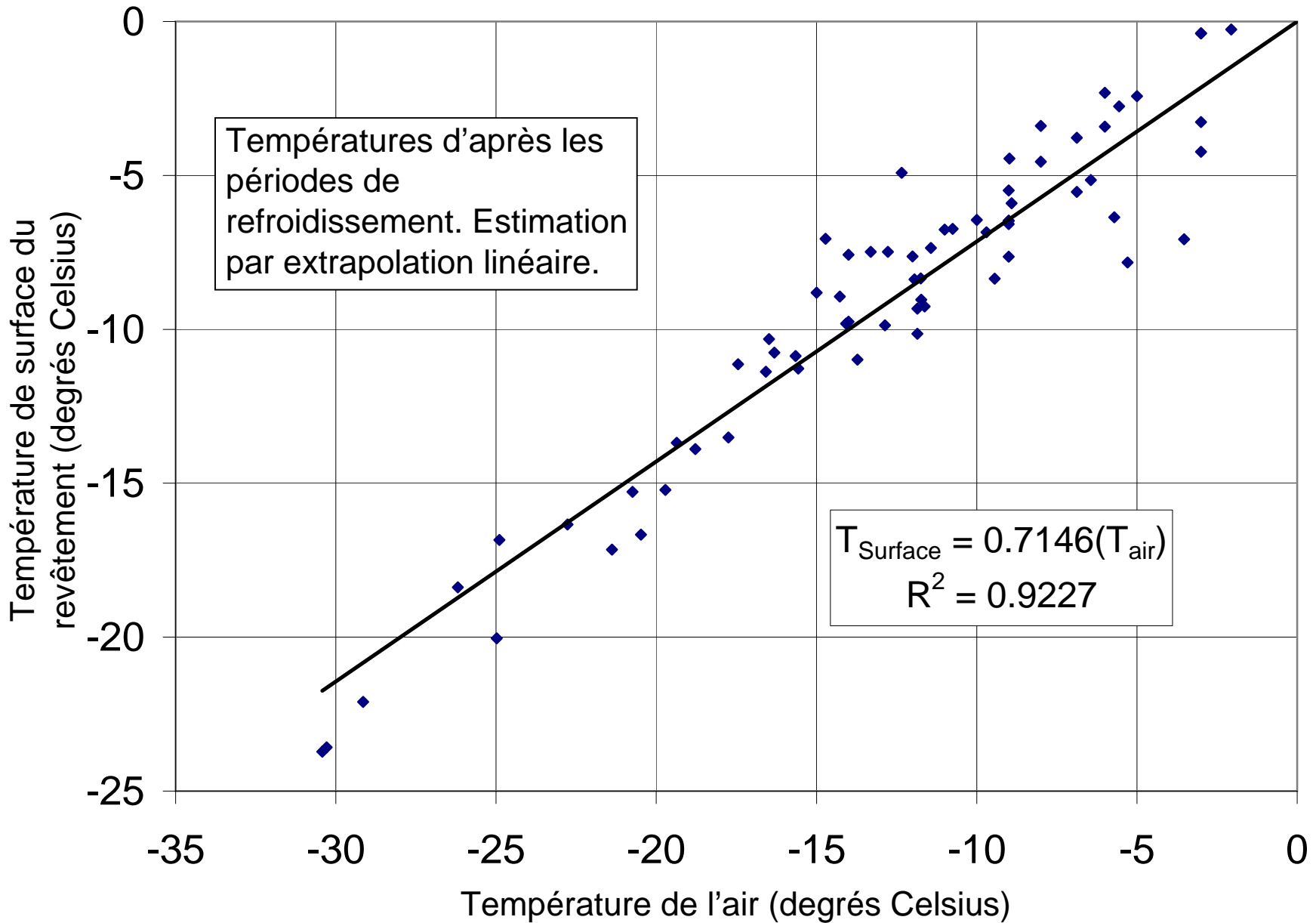


Figure 12 Équations établies à l'essai de Calgary et équation établie par l'ATC, 1998-1999

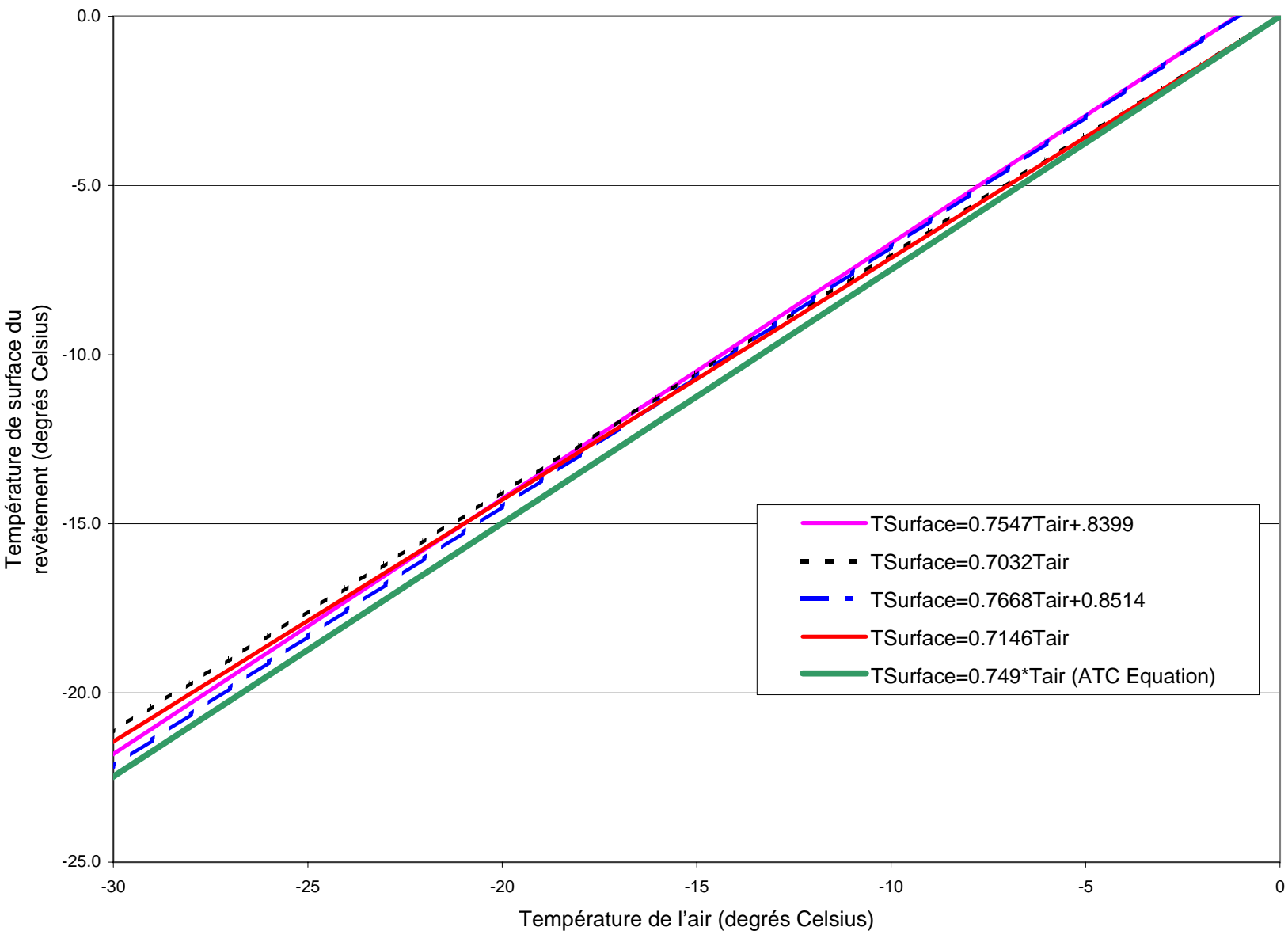


Figure 13 Corrélation entre les données provenant des thermocouples de mesure de la température, 1999-2000

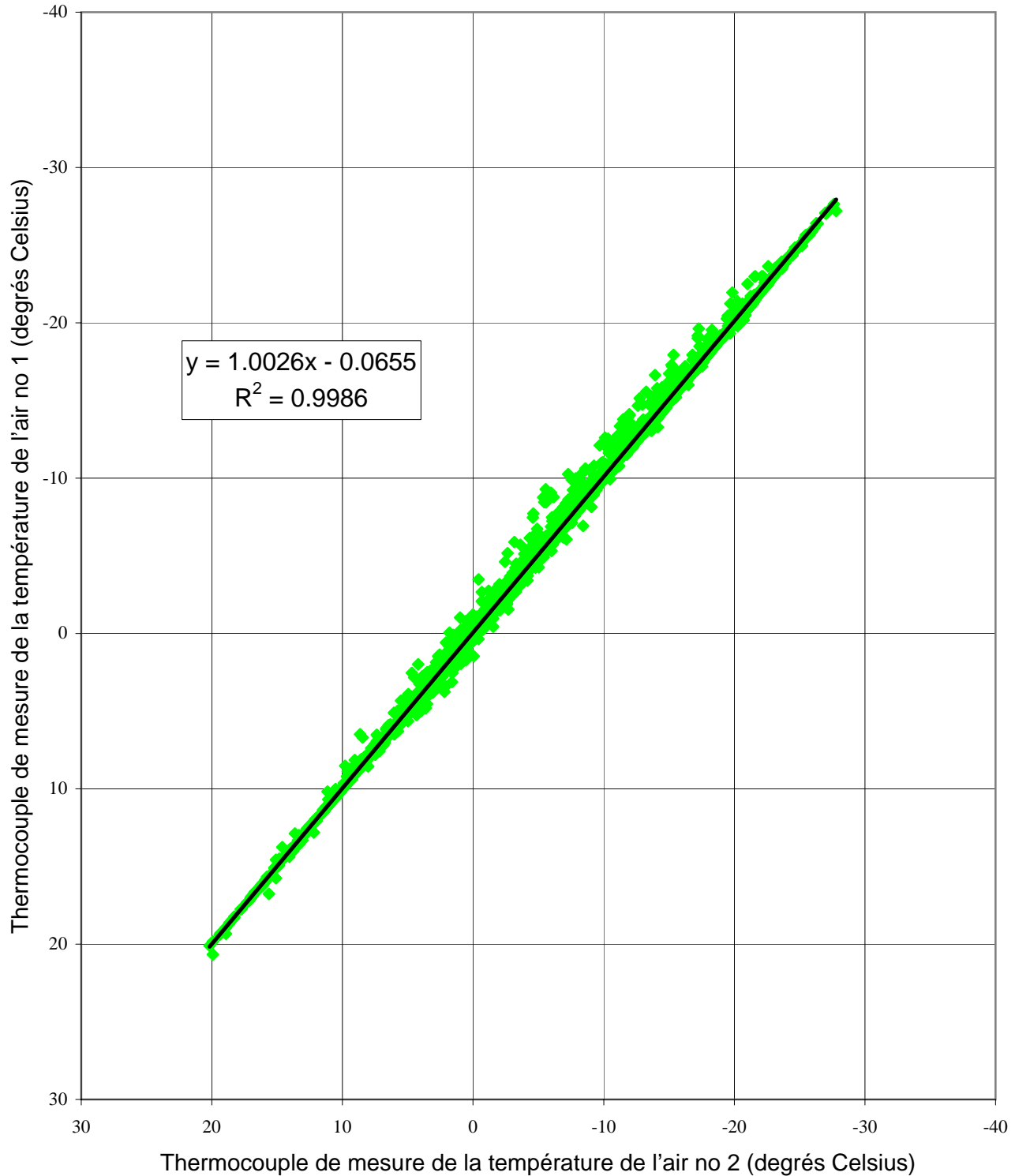


Figure 14 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 20 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 20 mm de profondeur, 1999-2000

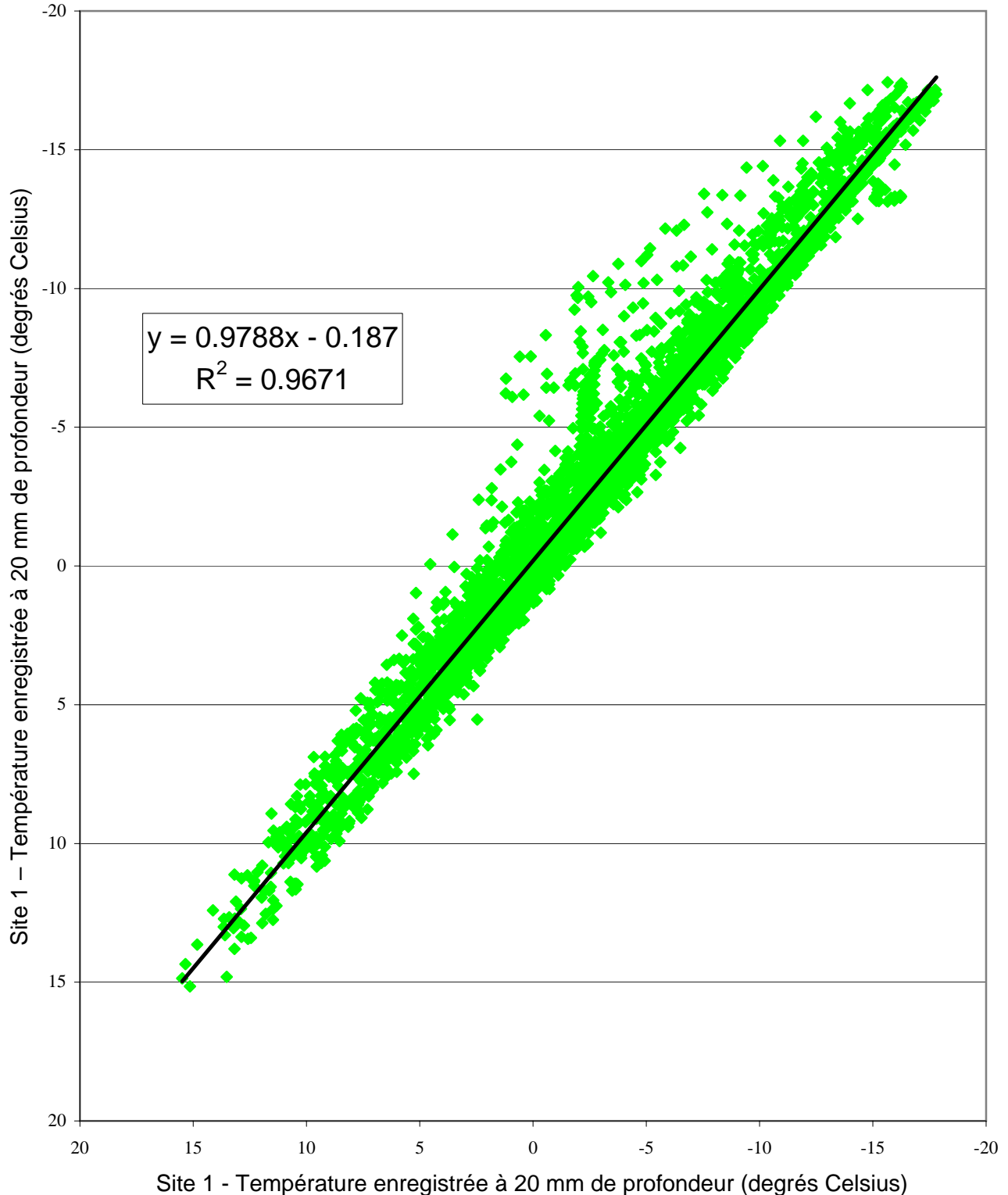


Figure 15 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 20 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 20 mm de profondeur, 1999-2000

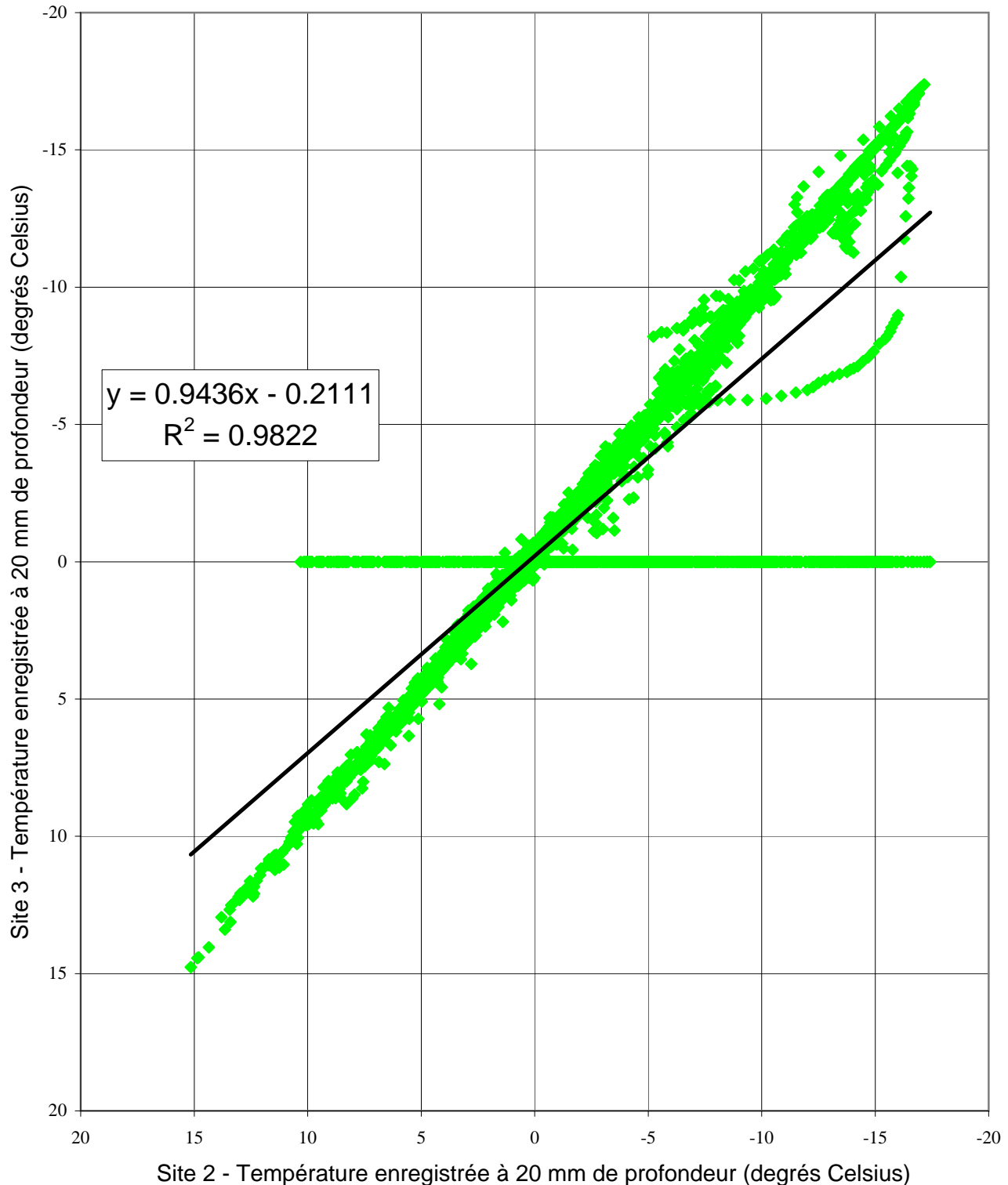
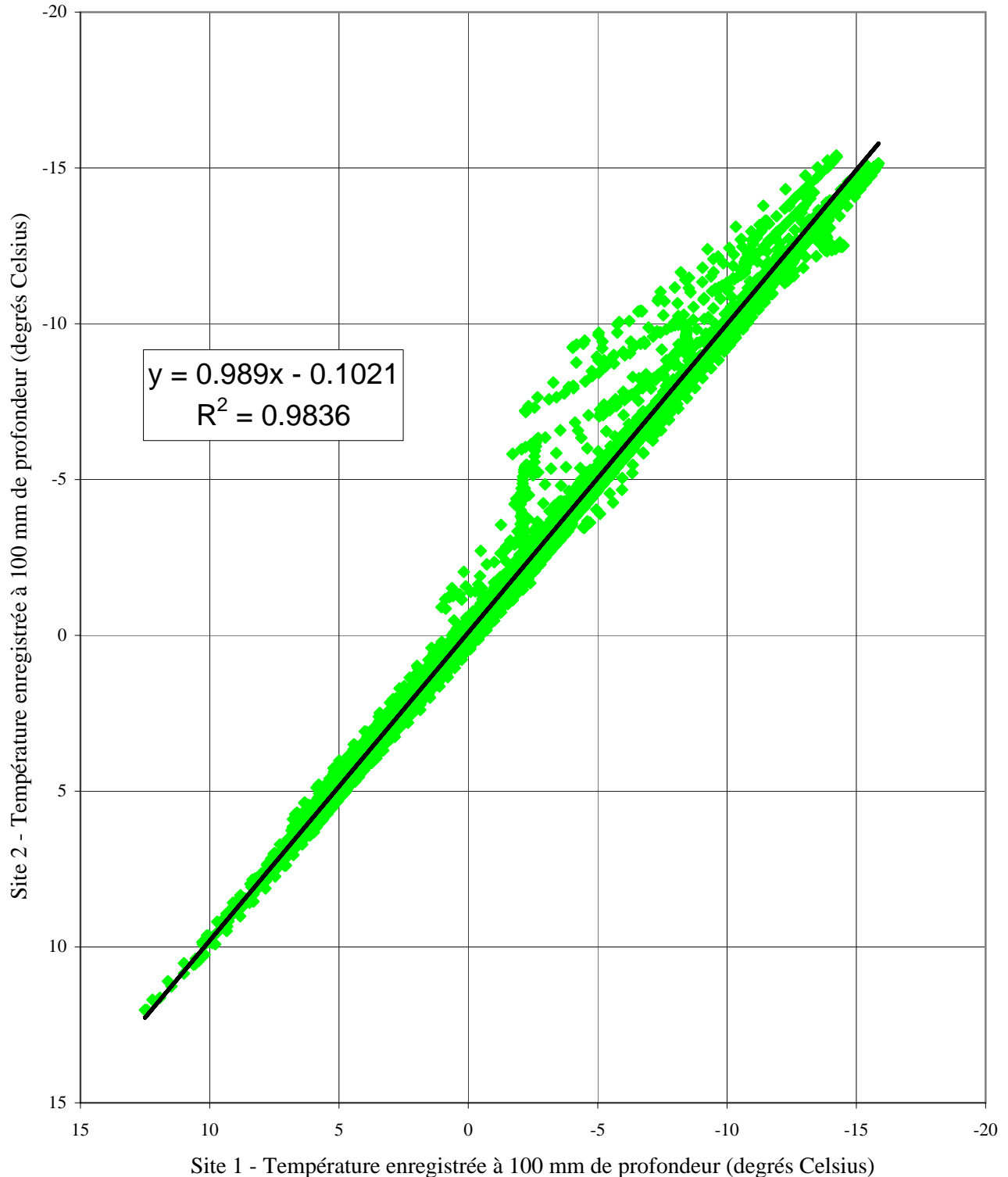


Figure 16 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 100 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 100 mm de profondeur, 1999-2000



Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000

Figure 17 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 100 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 100 mm de profondeur, 1999-2000

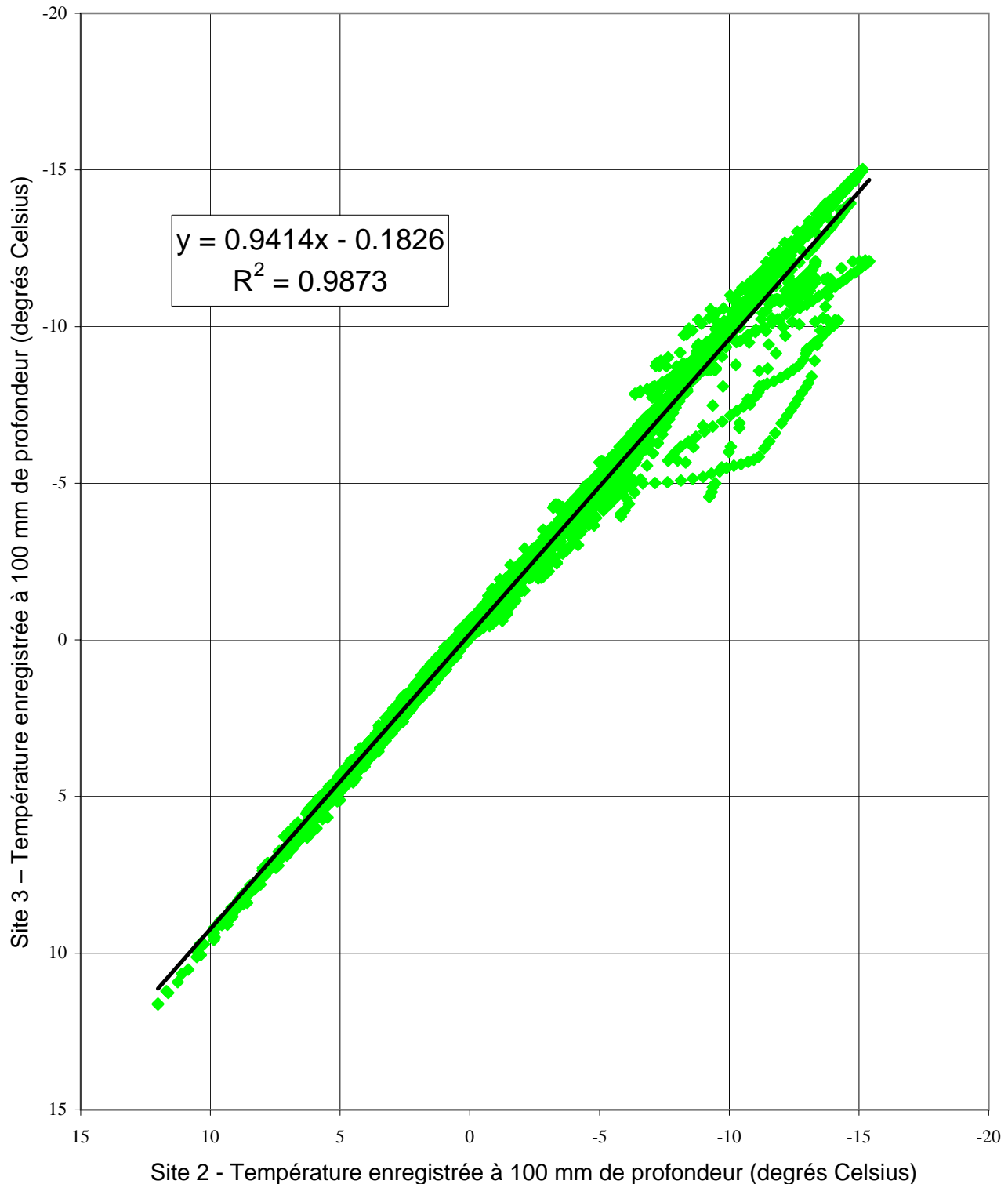


Figure 18 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 200 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 1 à 200 mm de profondeur, 1999-2000

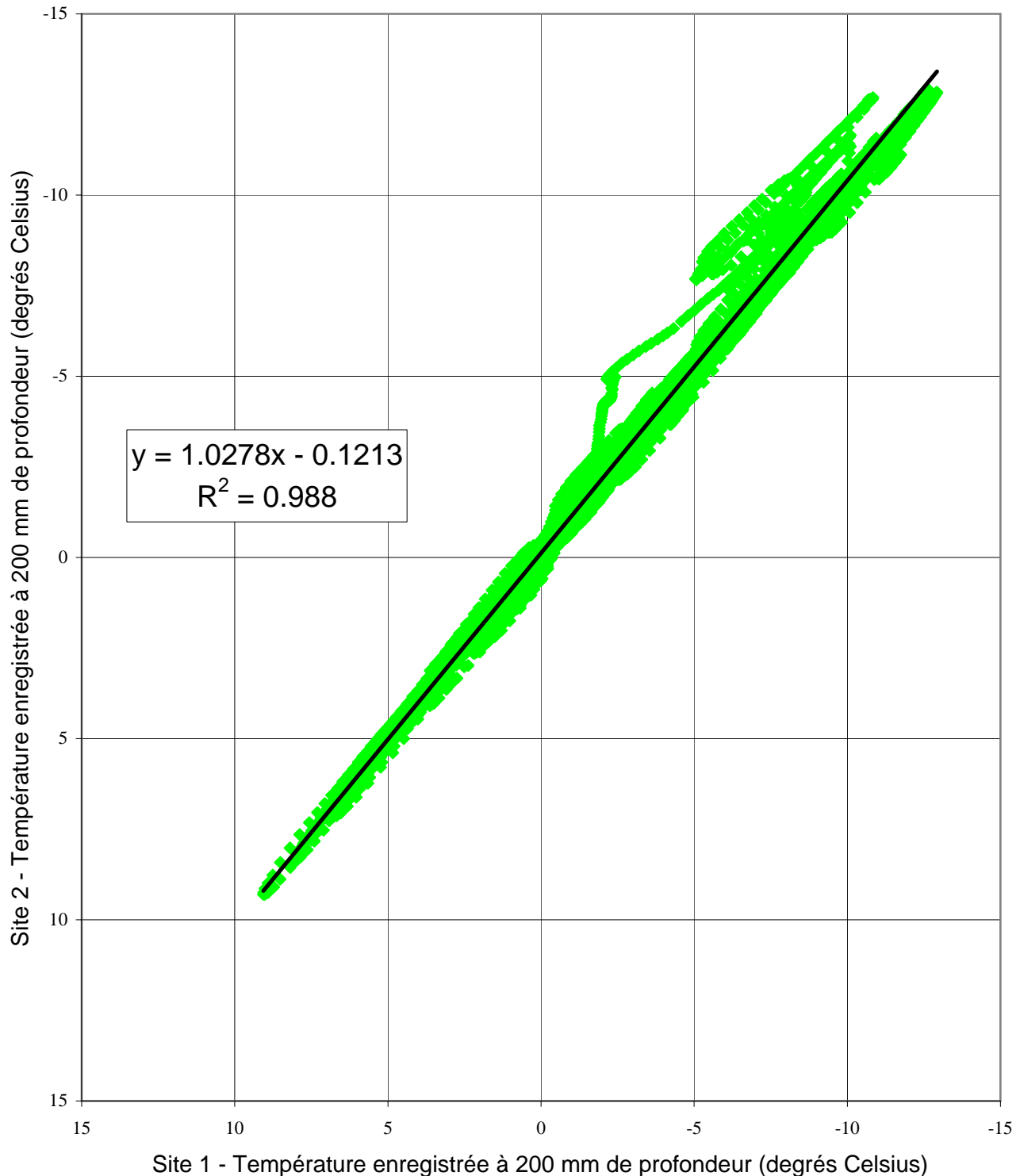


Figure 19 Corrélation entre les données provenant du thermocouple installé au site 3 à 200 mm de profondeur et les données provenant du thermocouple installé au site 2 à 200 mm de profondeur, 1999-2000

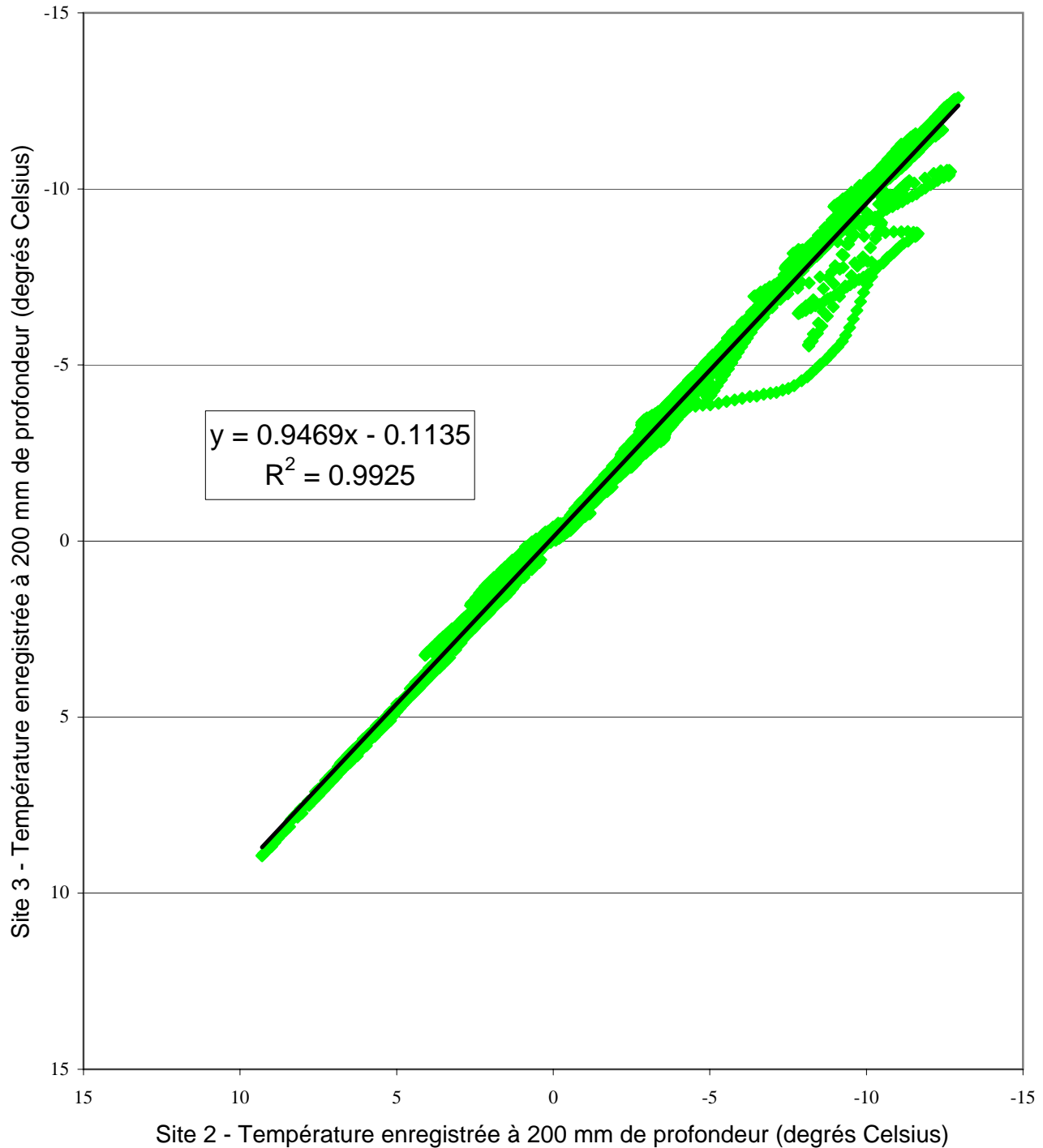


Figure 20 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1999-2000

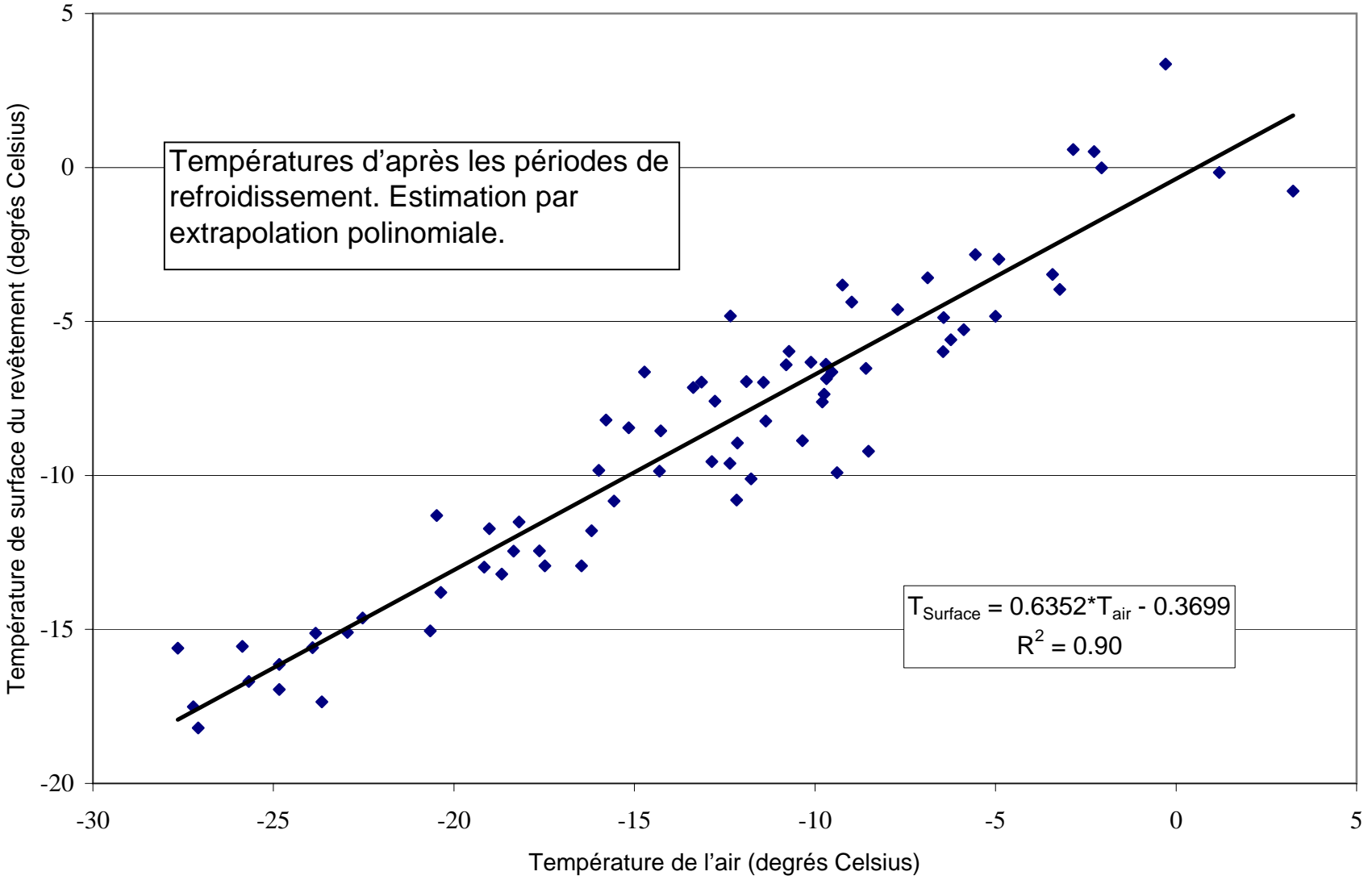


Figure 20A Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1999-2000

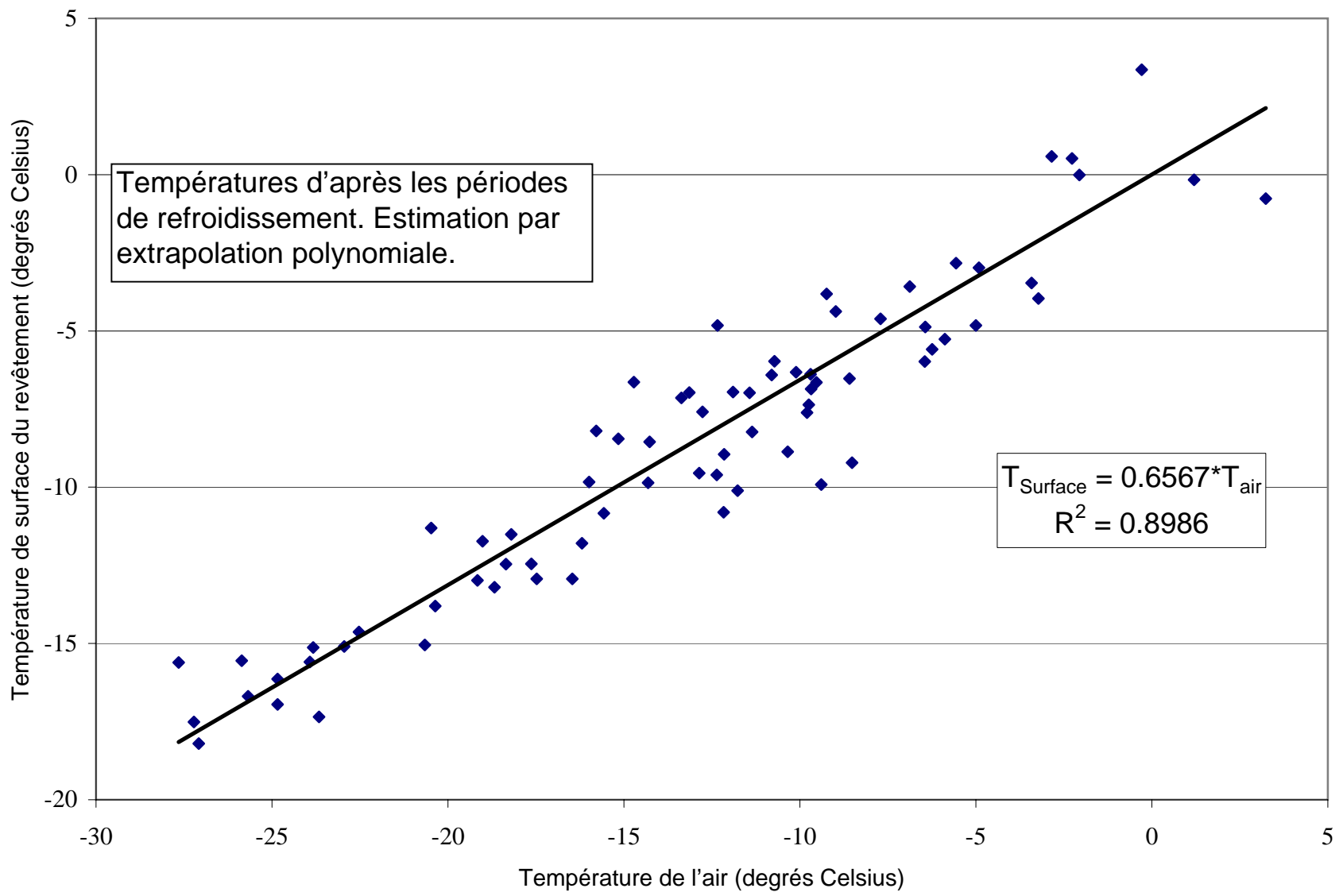


Figure 21 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air

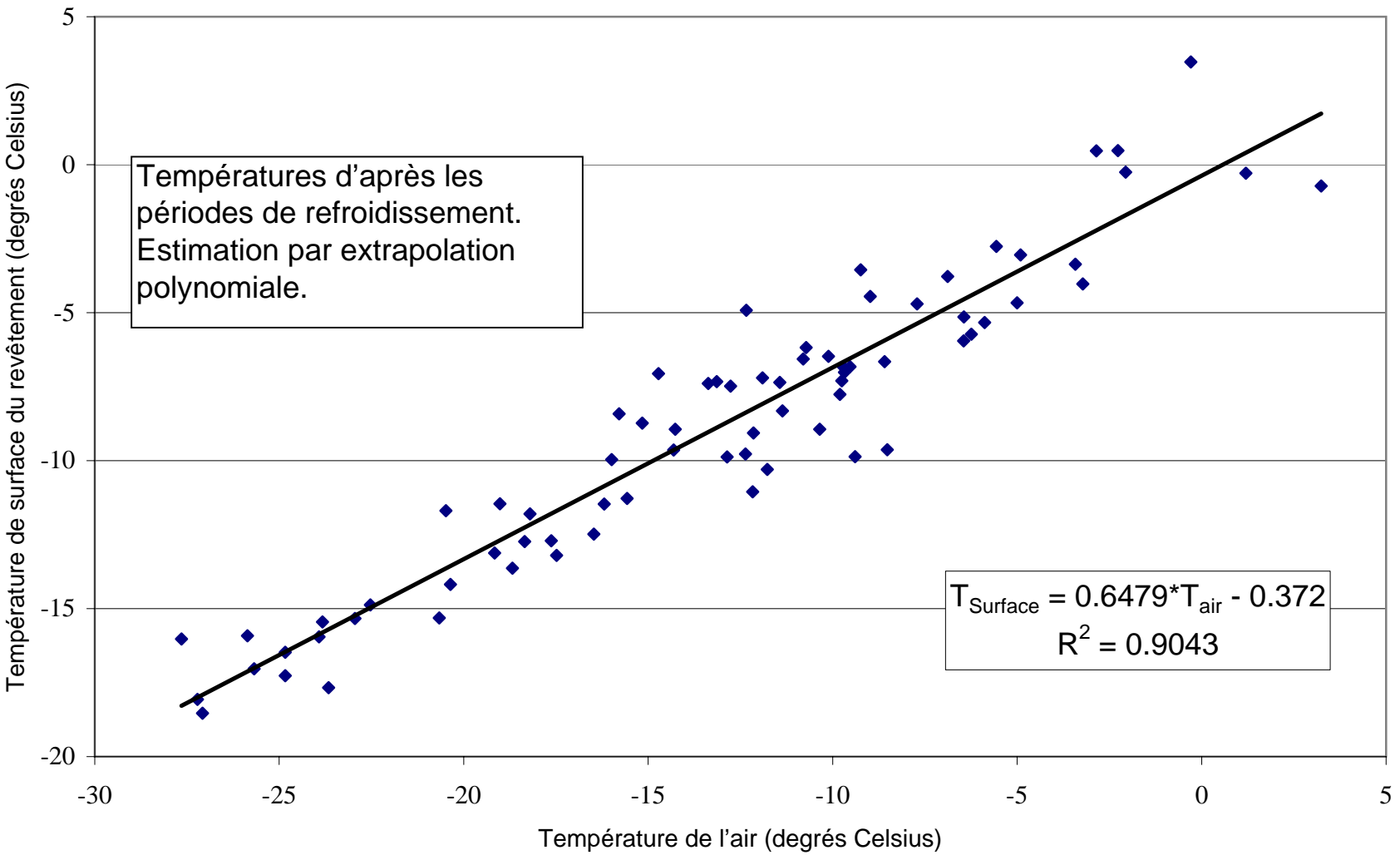


Figure 21A Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air, 1999-2000

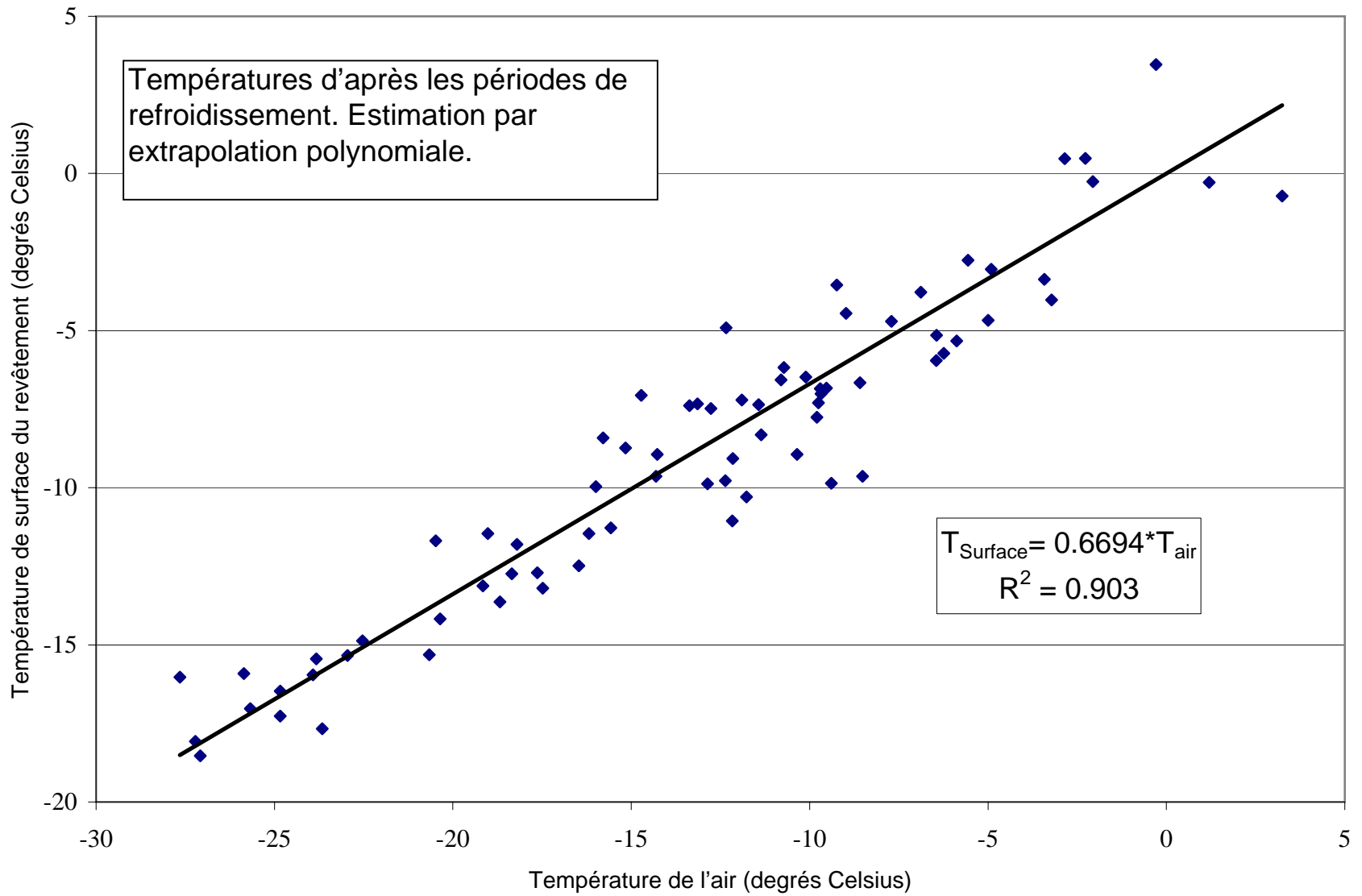


Figure 22 Comparaison entre les équations établies à l'essai de Calgary et l'équation établie par l'ATC, 1999-2000

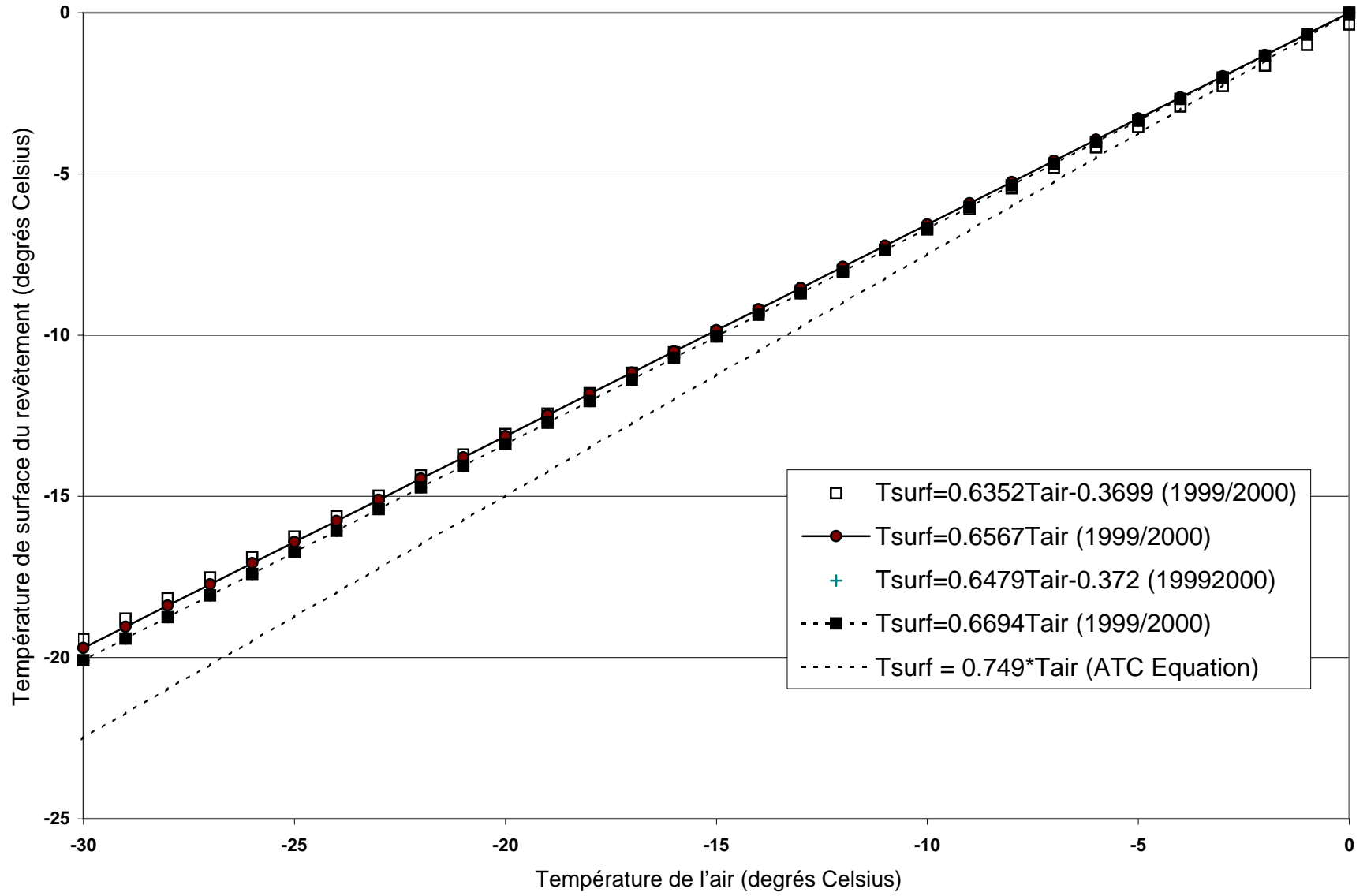


Figure 23 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air

Données de 1998-1999 et données de 1999-2000

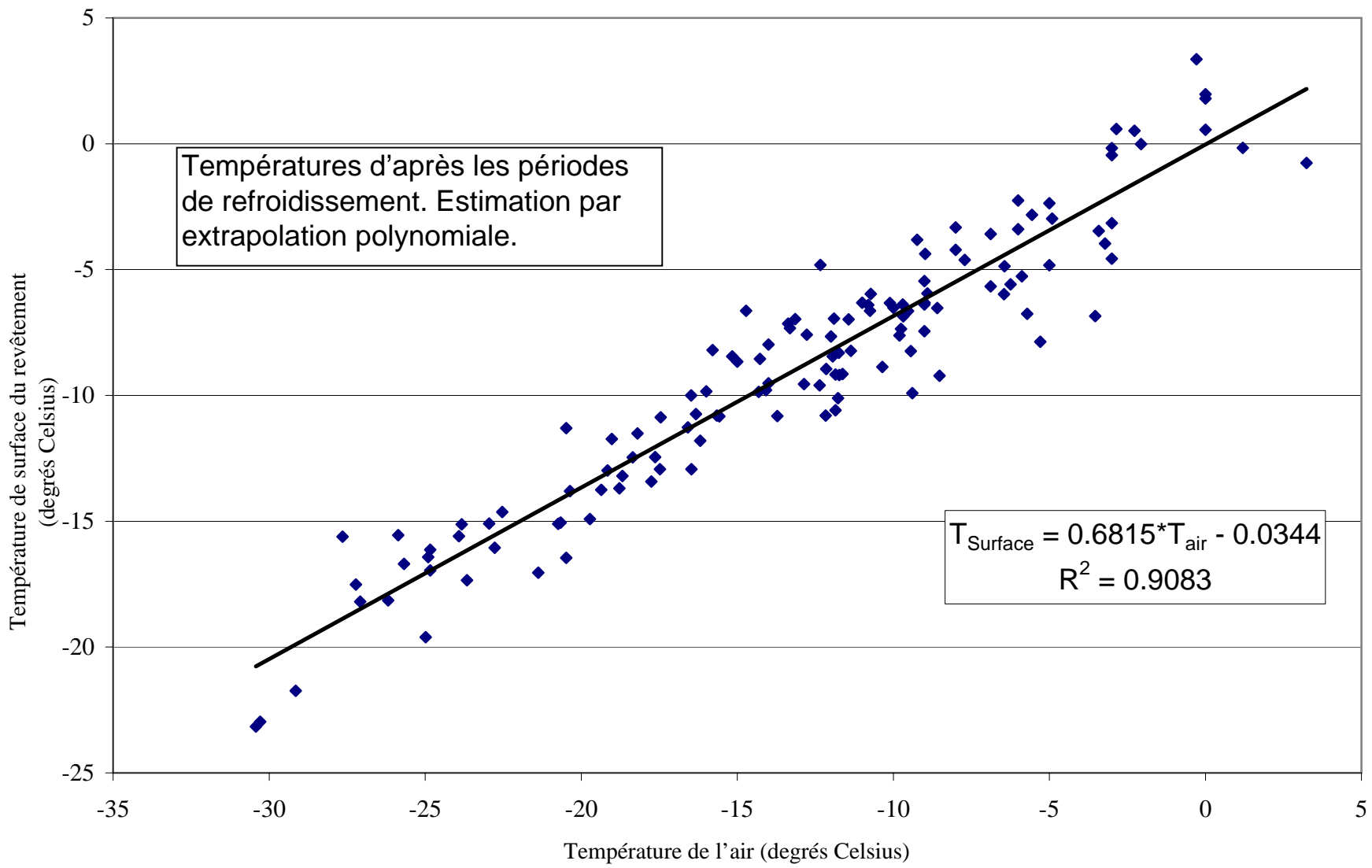


Figure 24 Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air

Données de 1998-1999 et données de 1999-2000

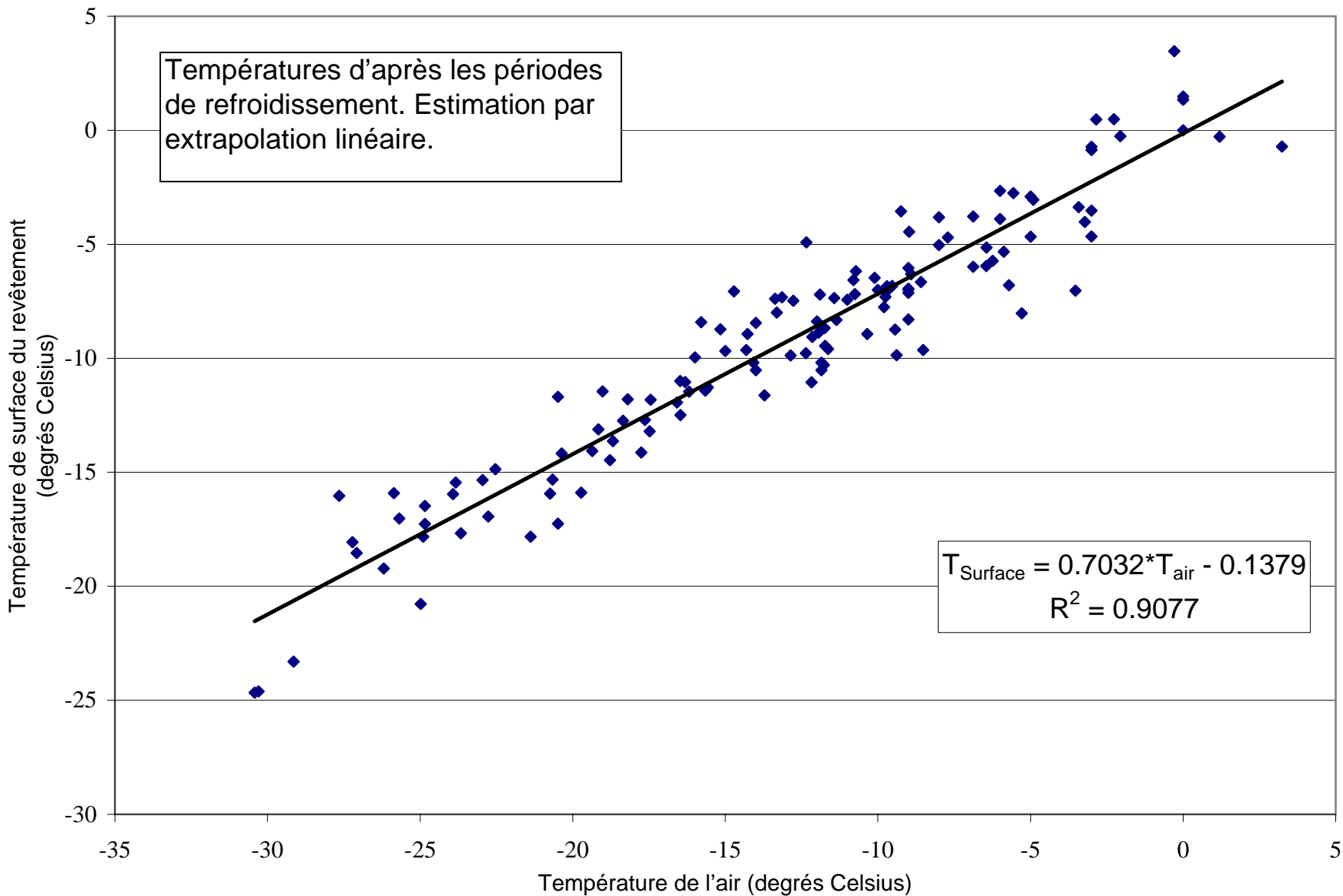


Figure 24A Relation entre la température de surface du revêtement et la température de l'air

Données de 1998-1999 et données de 1999-2000

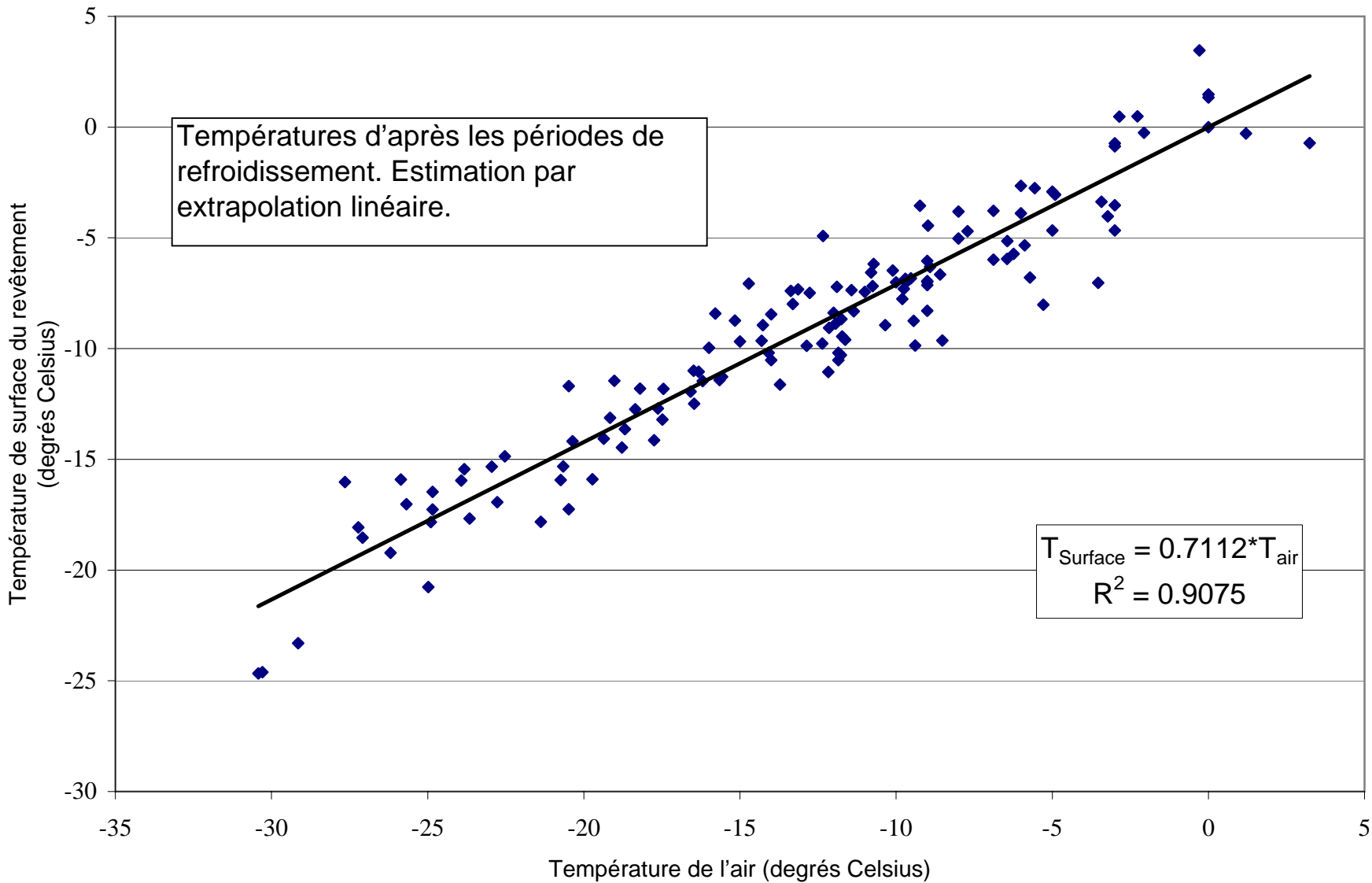
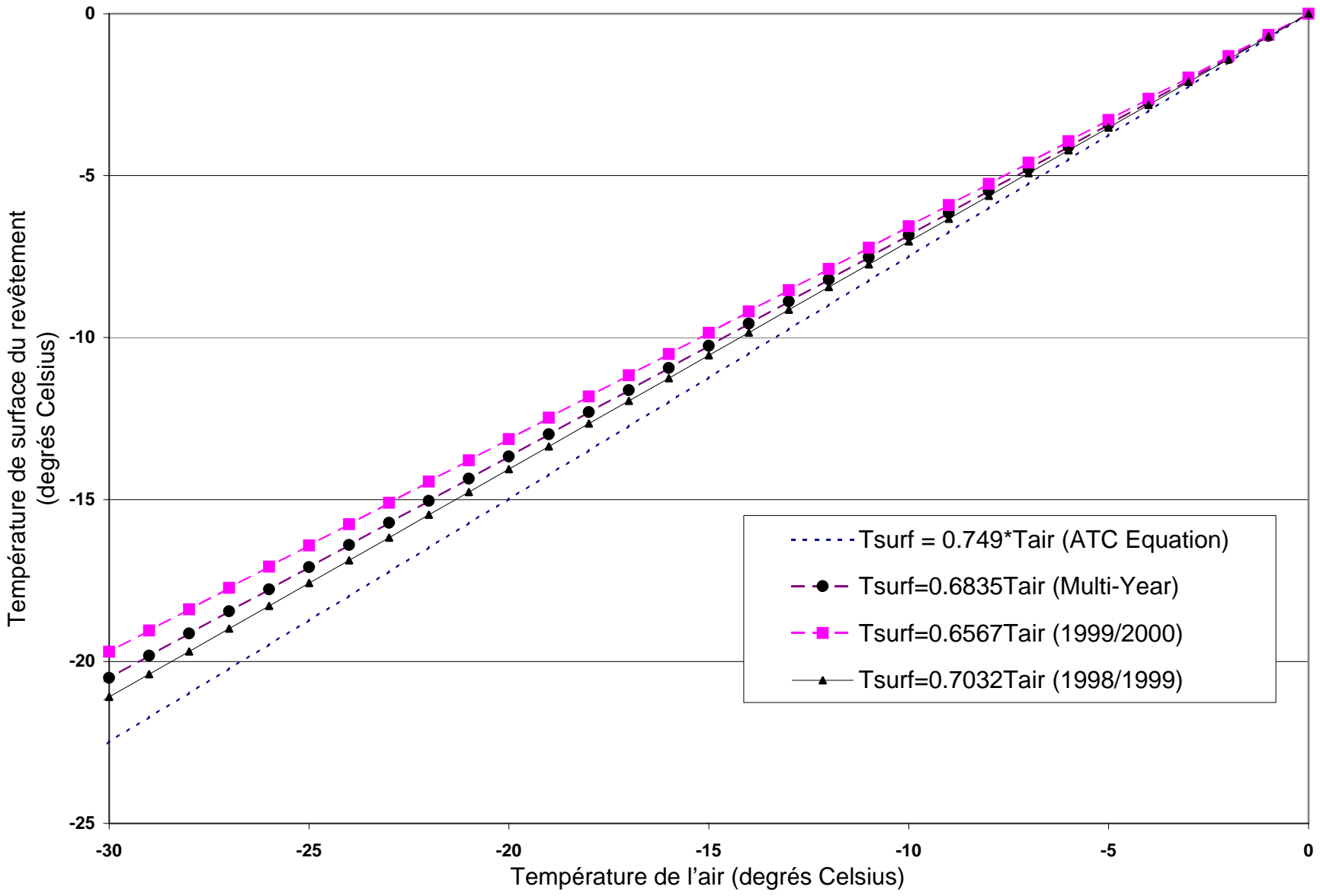
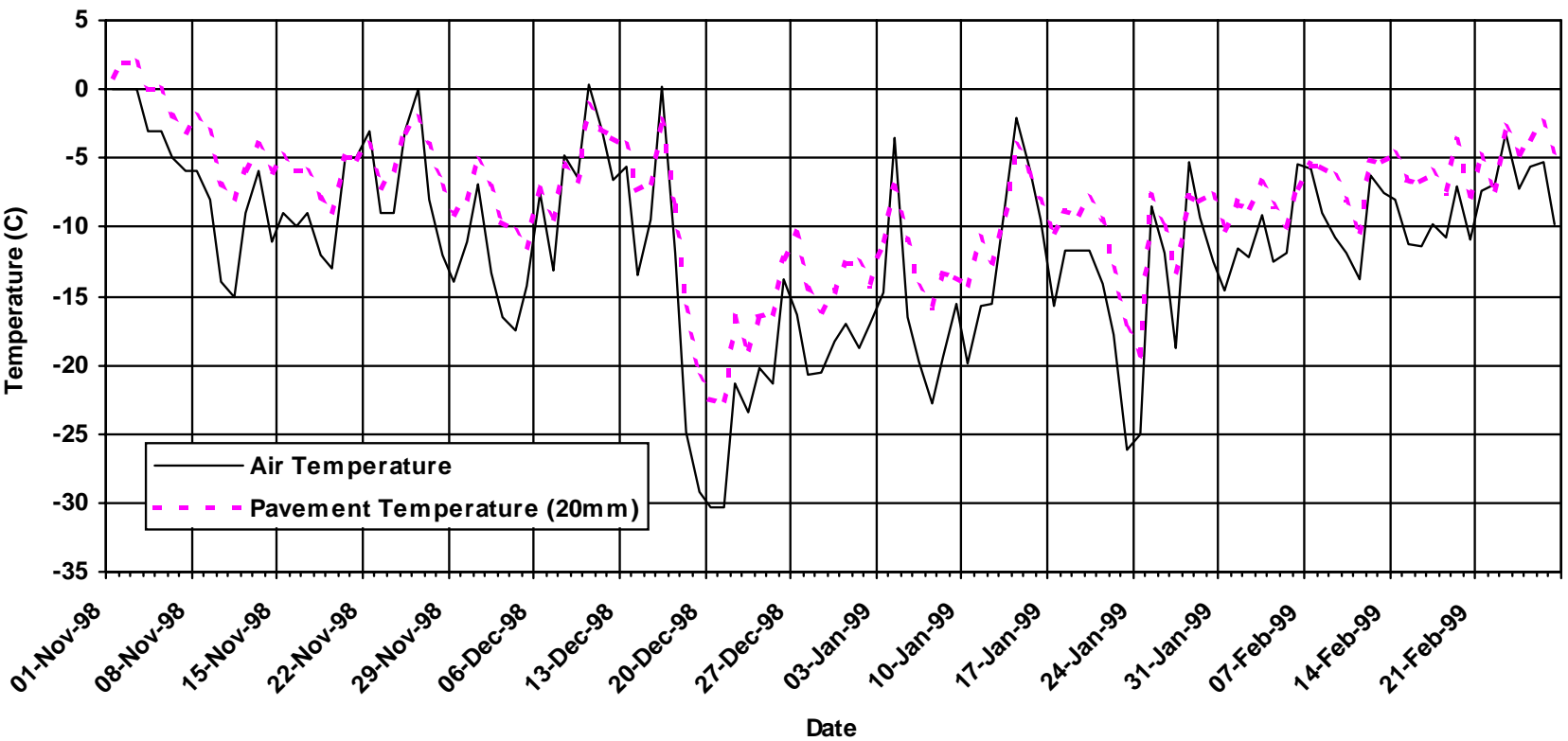


Figure 25 Comparaison entre les équations établies à l'essai de Calgary et l'équation établie par l'ATC



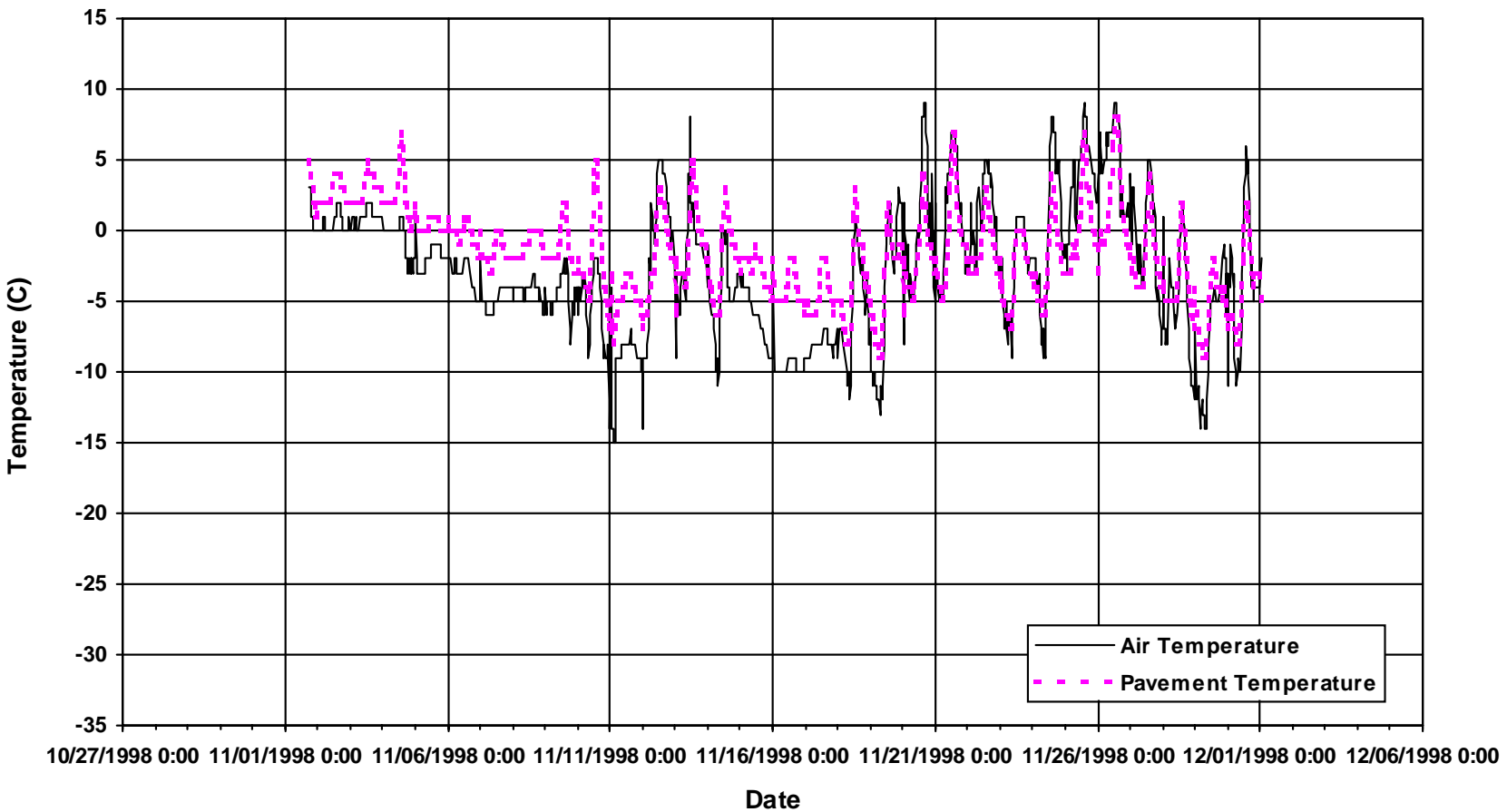
Annexe A
Données de température mensuelles, 1998-1999

Aéroport international de Calgary - Voie de circ. J Température quotidienne minimum - hiver 1998-1999



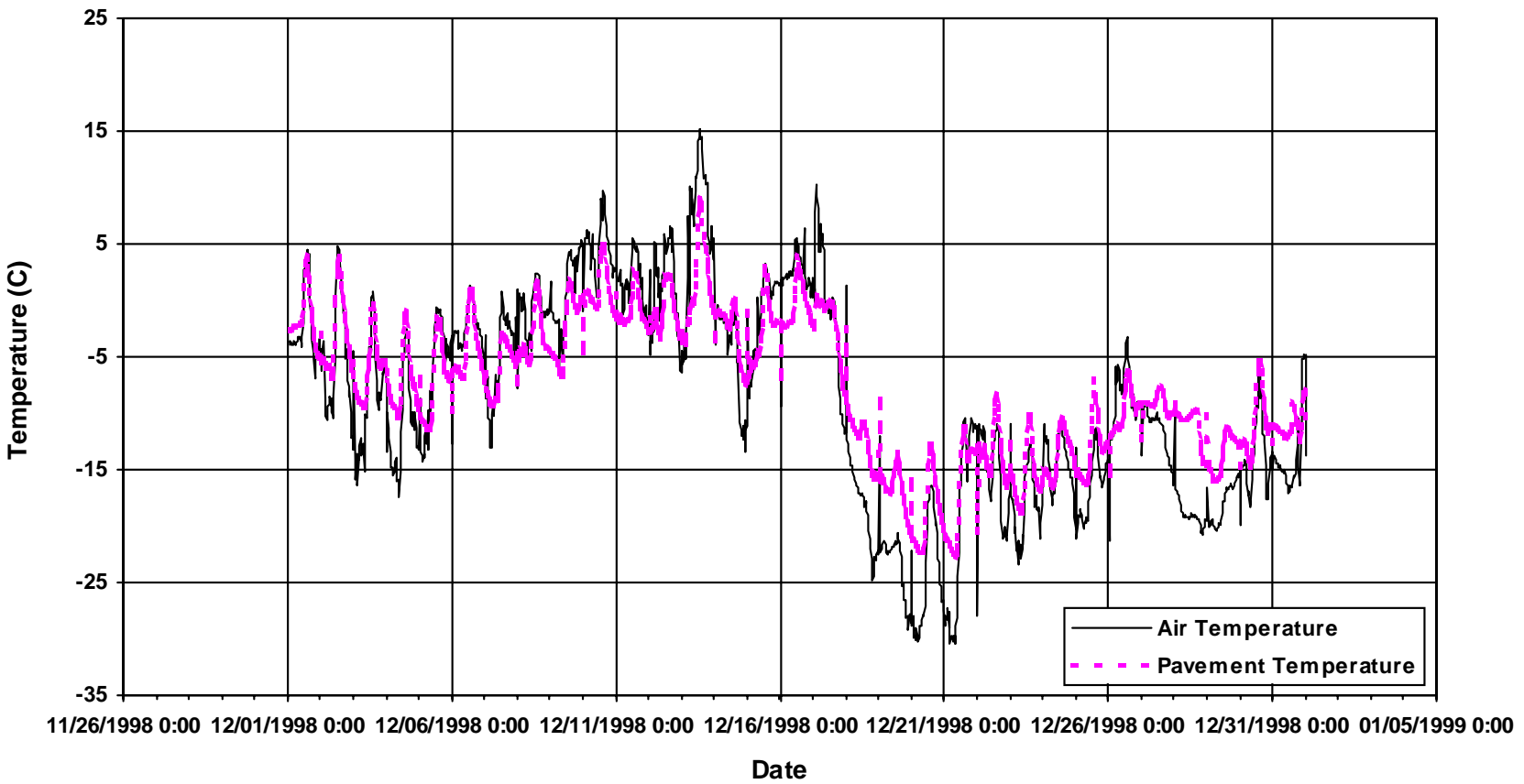
Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelle de la température

Novembre 1998



Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelles de la température

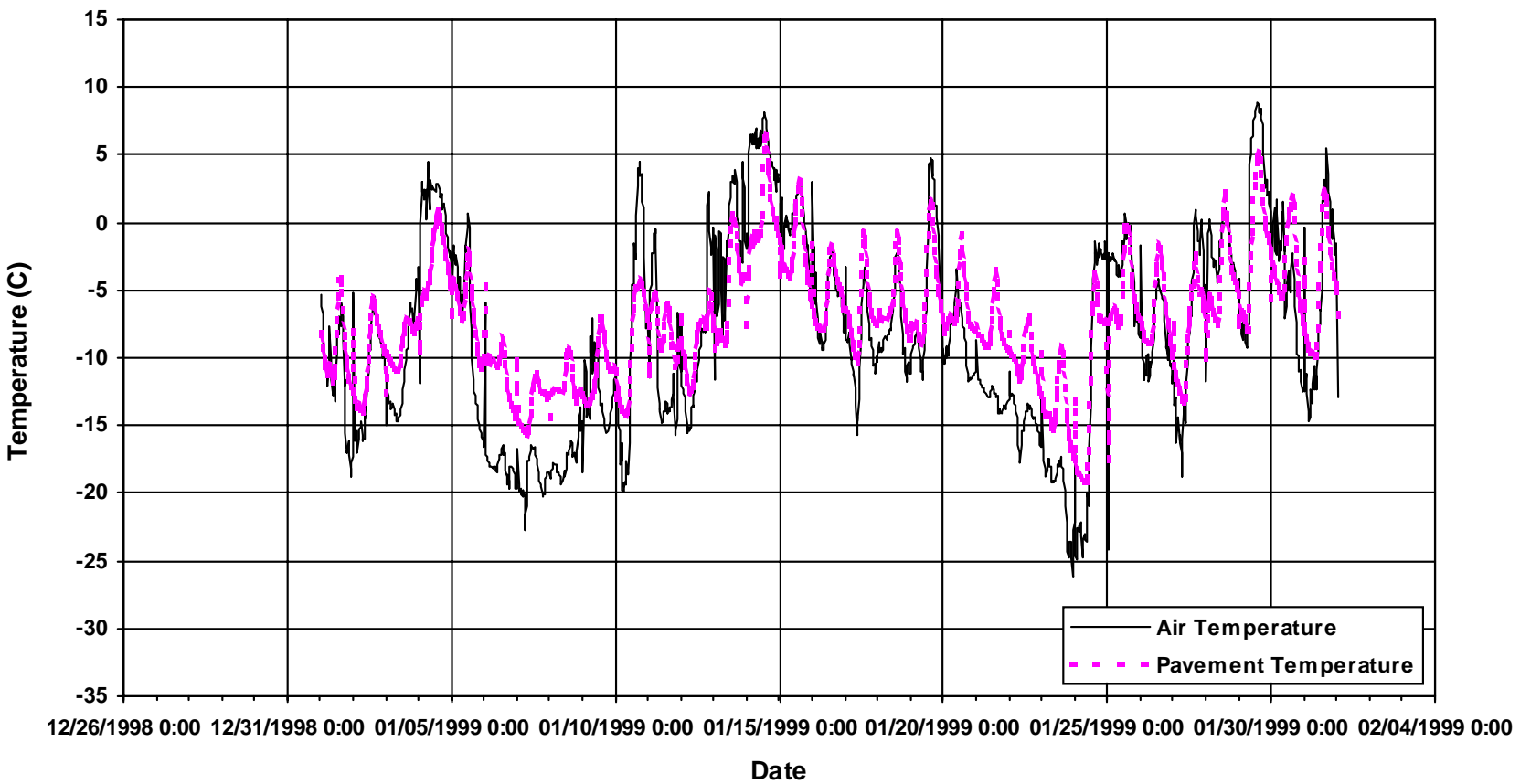
Décembre 1998



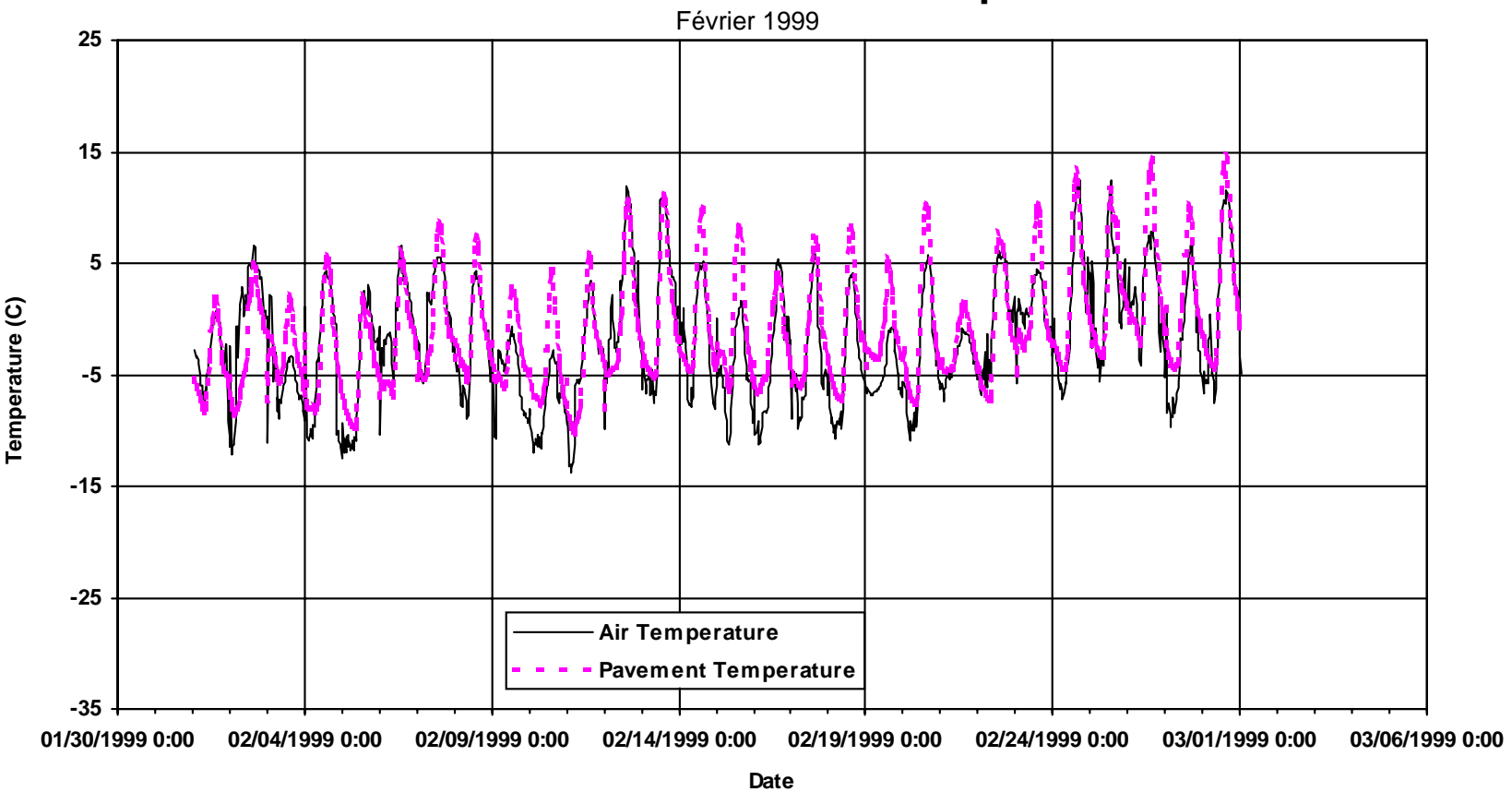
Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J

Tendances mensuelles de la température

Janvier 1999

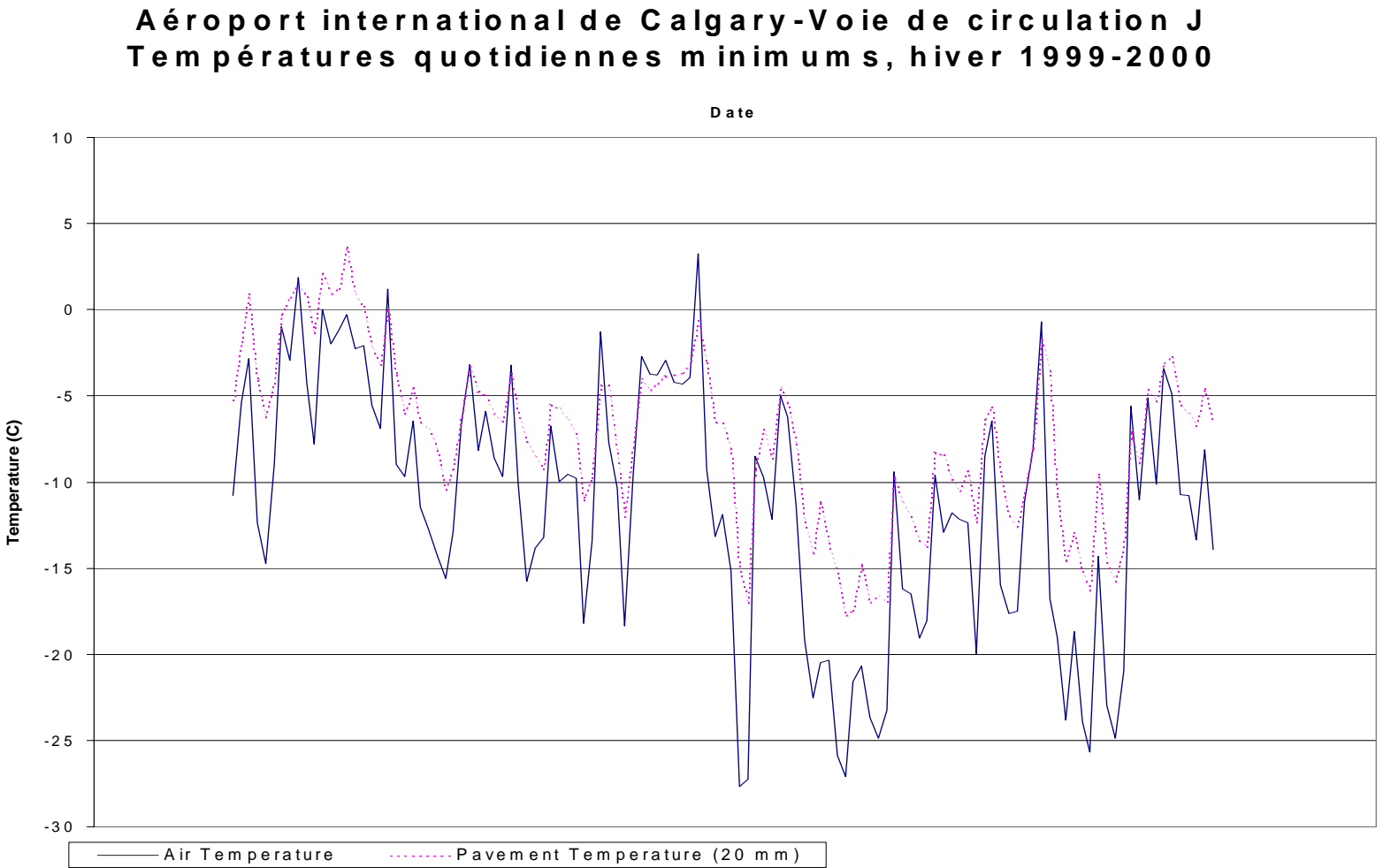


Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelles de la température



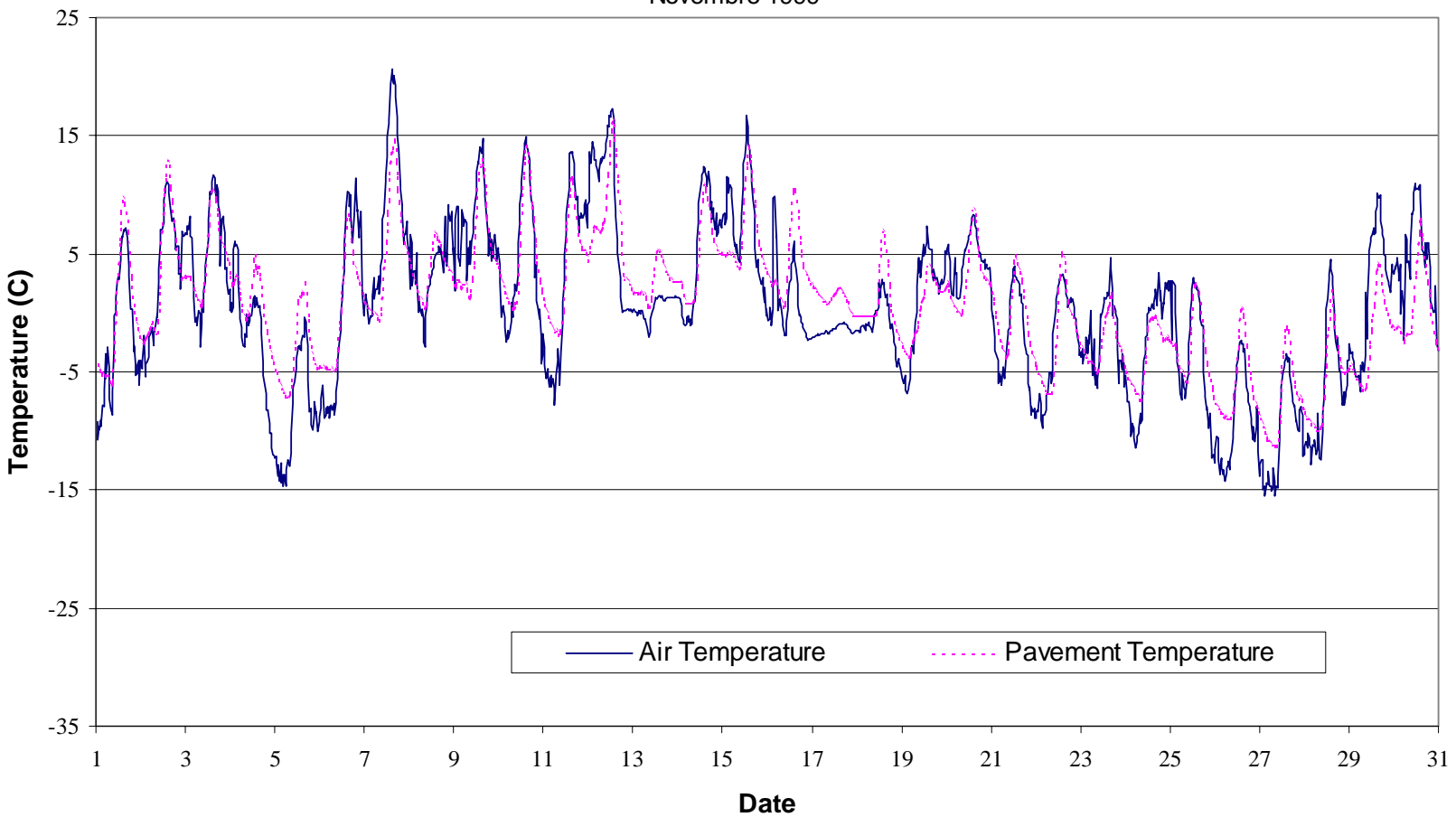
Annexe B
Données de température mensuelles, 1999-2000

**Section d'essai des liants PG à l'Aéroport de Calgary
Analyse de température 1998-1999 et 1999-2000**



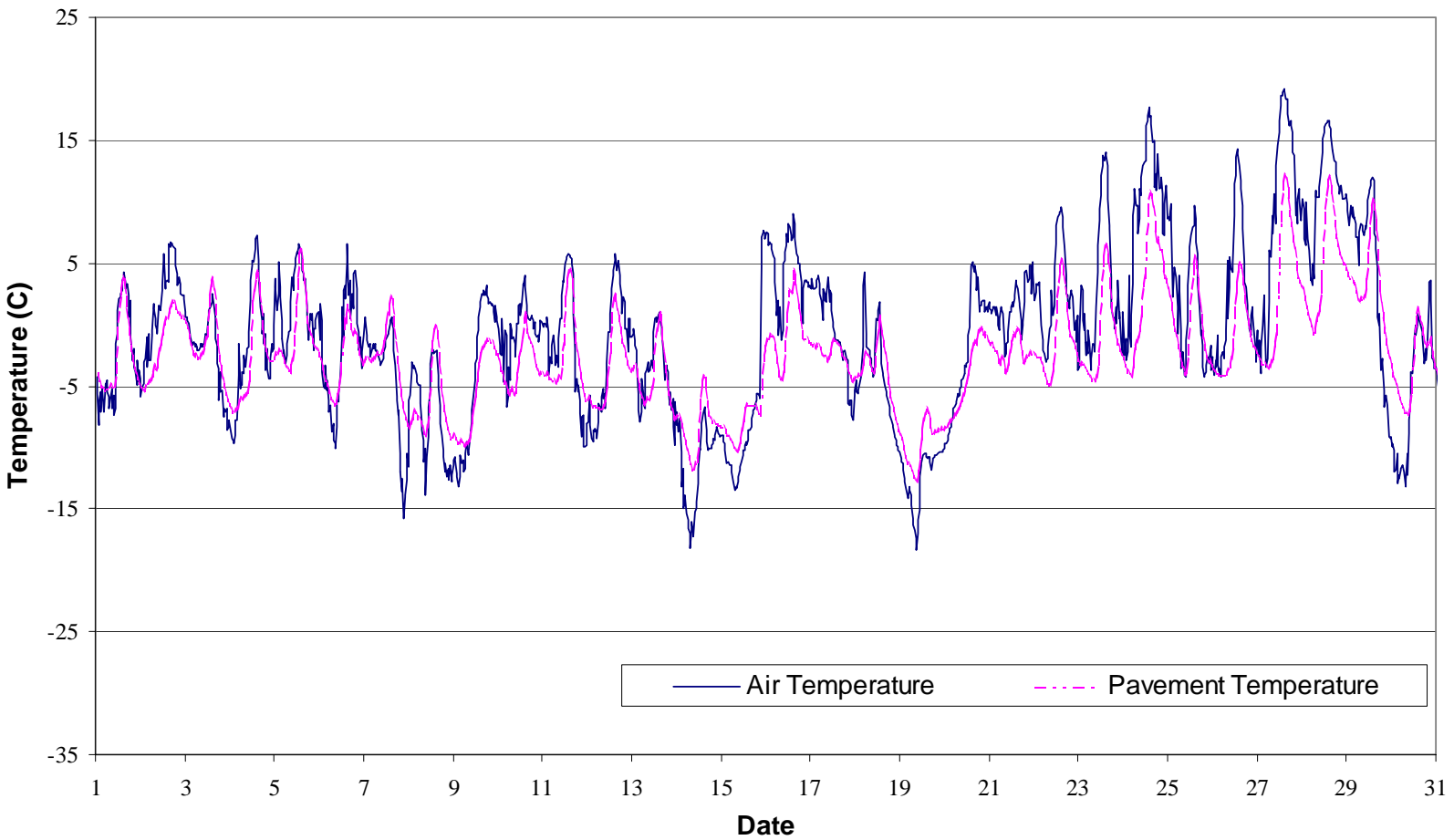
Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelles de la température

Novembre 1999



Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelles de la température

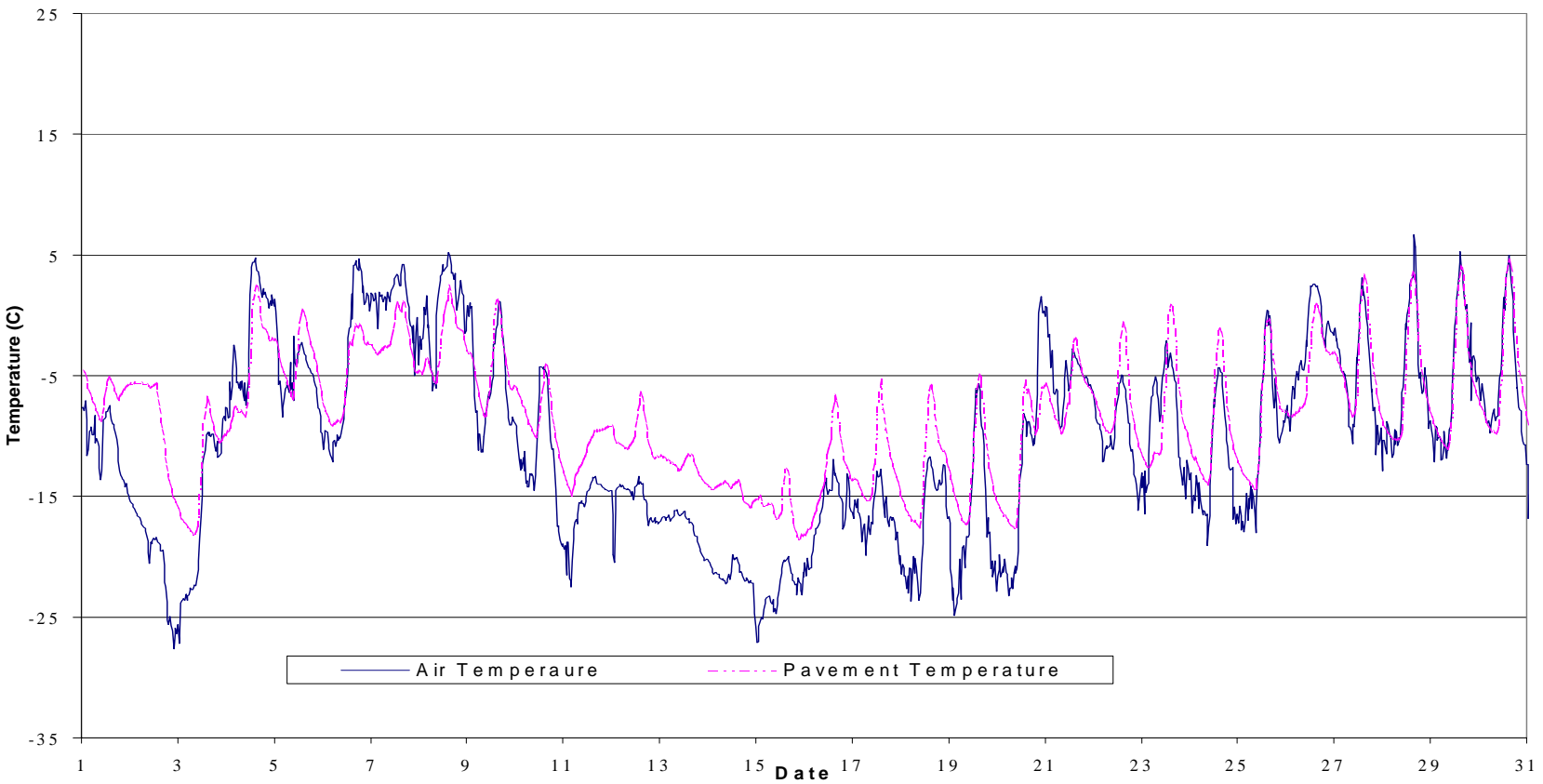
Décembre 1999



Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J

Tendances mensuelles de la température

Janvier 2000



Aéroport international de Calgary - Voie de circulation J Tendances mensuelles de la température

Février 2000

