



Sté d'équipement de Vaucluse
Avignon (Vaucluse)

**VILLE D'AVIGNON
TECHNOPOLE DE MONTFAVET
Impact des aménagements sur le
champ de captage de la Saignone
Résultats de l'étude
sur modèles mathématiques**

J. Barbut et J.L. Garnier

décembre 1990
R 31830 PAC 4S 90

BRGM - PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Marseille : 117, avenue de Luminy - 13009 Marseille, France
Tél.: (33) 91.41.24.46 - Télécopieur : (33) 91.41.15.10 - Télex : BRGM 401 585 F
Sophia Antipolis I : 06565 Valbonne cedex, France
Tél.: (33) 93.65.42.62 - Télécopieur : (33) 93.65.35.06

R E S U M E

Dans le cadre du développement économique et technique de la région avignonnaise, un technopole doit être implanté au nord-est de la ville, en bordure de la RN 7.

Cette implantation se situe dans un secteur où les eaux de la nappe alluviale de la Durance sont mobilisées pour l'alimentation en eau potable d'environ 100.000 personnes. Le champ de captage de la Saignone prélève, en effet, environ 14 millions de m³ par an d'eau souterraine de bonne qualité.

Les responsables du projet, soucieux de préserver le potentiel de production et la qualité des eaux prélevées au droit du champ de captage, ont chargé le BRGM Provence-Alpes-Côte d'Azur d'étudier l'incidence possible du projet de manière à rendre compatible, si nécessaire, les aménagements indispensables à la réalisation du projet et les impératifs de protection des eaux souterraines.

Les résultats de l'étude effectuée sur modèles mathématiques ont permis d'adapter le projet, notamment en ce qui concerne les aménagements de régulation du réseau pluvial, de donner des indications sur les délais de transfert d'eau polluée vers les ouvrages de captage. La partie méridionale de la zone couverte par le projet de technopole est située dans le périmètre d'appel du champ de captage pour des débits de pointe estivale majorés de 25 % par rapport aux valeurs actuelles.

Il conviendra d'être sélectif dans l'attribution des parcelles incriminées qui devront être réservées à des activités potentiellement non polluantes et d'être attentif, tant à la réalisation des réseaux de collecte et de transport des eaux usées, qu'à leur fonctionnement après mise en service.

S O M M A I R E

1. INTRODUCTION
2. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA METHODOLOGIE
3. CONTEXTE REGIONAL
4. DONNEES HYDROGEOLOGIQUES
5. DESCRIPTION SOMMAIRE DES MODELES UTILISES
6. CALAGE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE
7. SIMULATIONS
8. CONCLUSIONS

LISTE DES FIGURES

- 1 - Plan de situation à 1/14 000 environ
- 2 - Piézométries calculée et observée en janvier 1990
- 3 - Position des isochrones et du périmètre d'appel (débit à la Saignone 380 l/s)
- 4 - Piézométries comparées pour des débits pompés à la Saignone de 380 et 760 l/s
- 5 - Piézométries comparées "avec" et "sans" technopole
- 6 - Tracé des lignes de courant atteignant les ouvrages de captage (débit à la Saignone 380 l/s)
- 7 - Tracé des isochrones (débit à la Saignone 380 l/s)
- 8 - Tracé des lignes de courant issues de points d'injection (débit à la Saignone 380 l/s)
- 9 - Tracé des isochrones thermiques (débit à la Saignone 380 l/s)
- 10 - Tracé des lignes de courant atteignant les ouvrages de captage (débit à la Saignone 760 l/s)
- 11 - Tracé des isochrones (débit à la Saignone 760 l/s)
- 12 - Tracé des lignes de courant issues de points d'injection (débit à la Saignone 760 l/s)
- 13 - Tracé des isochrones thermiques (débit à la Saignone 760 l/s)
- 14 - Exemple de courbe d'évolution de la température au puits de pompage du doublet sud soumis à recyclage

LISTE DES ANNEXES

- 1 - Données sur les forages existants
- 2 - Données cartographiées utilisées dans la modélisation

1. INTRODUCTION

Le champ de captage de la Saignone, implanté en rive droite de Durance à une dizaine de kilomètres à l'E-S.E. d'Avignon assure avec une production annuelle de 14 millions de m³, l'alimentation en eau potable d'environ 100.000 habitants. Cette production, puisée dans la nappe alluviale de la Durance, constitue l'unique ressource de l'agglomération avignonnaise.

Son implantation, aux portes de la ville, en bordure de la RN 7 et le développement des activités le long de cet axe de communication, pose le problème de la coexistence d'une ressource qu'il convient impérativement de protéger et du développement des activités de l'économie locale et régionale.

Conscients de la nécessité de rechercher un compromis harmonieux, les responsables de la Ville d'Avignon et la Société d'équipement de Vaucluse (SEDV) ont posé le problème en termes de compatibilité des aménagements prévus dans le cadre du technopole d'Avignon, avec les impératifs de la production d'eau potable.

L'étude à entreprendre devait permettre de rechercher la limite entre ce qui pouvait être admis et ce qui ne le serait pas, afin d'adapter en temps utile le projet aux contraintes de protection de la nappe.

Cette étude a été confiée au BRGM Provence-Alpes-Côte d'Azur, par la SEDV. La méthodologie et le programme de travail ont été établis en concertation avec les services techniques de la Ville d'Avignon et la SEDV.

Des réunions de travail ont permis de faire le point des résultats au fur et à mesure de leur obtention et d'adapter le programme en fonction de ces résultats.

Le présent rapport a pour but d'en rendre compte.

2. RAPPEL DES OBJECTIFS ET DE LA METHODOLOGIE

Afin d'apprécier l'impact des aménagements prévus dans le cadre du projet de technopole, il convenait de prendre en compte le problème sous le double aspect quantitatif et qualitatif. En effet, si les capacités de production du champ de captage de la Saignone ne devaient pas être altérées pour assurer la pérennité de couverture des besoins dans les prochaines décennies, encore fallait-il que la qualité des eaux prélevées reste satisfaisante. L'appréciation des risques potentiels au droit des aménagements prévus devait donc comporter une estimation des délais de transfert d'un polluant véhiculé par la nappe.

Ces objectifs pouvaient être atteints par la mise en oeuvre d'un modèle mathématique prenant en compte :

- ♦ *l'aspect hydrodynamique* par le calcul d'une piézométrie en fonction des débits pompés sur l'ensemble du secteur et au champ de captage de la Saignone en particulier ;
- ♦ *l'aspect hydroconvectif* par le tracé de lignes de courant (trajectoires des particules d'eau), du périmètre d'appel et des différents isochrones (lieu des points situés à un même temps de parcours du champ de captage de la Saignone) ;
- ♦ *l'aspect thermique* par le calcul de la position des fronts thermiques et de la dérive éventuelle de température aux puits de pompage, le projet n'excluant pas, a priori, l'existence de pompes à chaleur utilisant la nappe.

3. CONTEXTE REGIONAL

3.1. contexte géographique

L'implantation du technopole se situe au nord-est du champ de captage de la Saignone, au nord de la RN 7 : elle entoure en majeure partie l'affleurement de calcaire du lieu-dit "Le mont de Vergues" (fig.).

La zone étudiée est située dans le domaine alluvial qui constitue la plaine d'Avignon, à quelques kilomètres à l'amont du confluent de la Durance et du Rhône.

3.2. contexte hydrogéologique

Cette basse plaine de la Durance est largement mobilisée par les activités agricoles qui se sont développées sur la couverture limoneuse. L'irrigation est réalisée à partir de canaux prélevant leurs eaux en Durance et les surplus conduisent à observer les hautes eaux de la nappe en été. Il convient, en outre, de rappeler que le régime de la Durance a été considérablement modifié par les aménagements hydrauliques réalisés sur la partie amont de son cours ainsi que sur ses affluents principaux.

L'aquifère est constitué par des alluvions gravelo-sableuses avec de nombreux galets. Localement ces alluvions renferment des passées argileuses ou argilo-sableuses lenticulaires. Les transmissivités mesurées au champ de captage de la Saignone vont de 5.10^{-2} m²/s à 2.10^{-1} m²/s.

Le substratum, constitué par des argiles jaunes puis bleues d'âge miocène, se situe à une profondeur de l'ordre de 20 m, mais l'épaisseur des alluvions au-dessus du substratum diminue rapidement vers le S-E pour atteindre 10 m au niveau de l'INRA de Montfavet.

En surface, des limons dont l'épaisseur varie entre 1 et 3 m assurent une couverture intéressante pour la protection de l'aquifère.

L'écoulement général de la nappe se fait vers le nord-ouest.

La limite sud de la zone d'étude est constituée par la Durance alors que l'aquifère est bordé à l'est par des alluvions plus anciennes (basses terrasses) ; celles-ci débutent à l'est immédiat de l'aérodrome d'Avignon Caumont.

Au nord du champ de captage de la Saignone, au lieu-dit "Le mont de Vergues", affleure un pointement de calcaire urgonien.

4. DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

Les données hydrogéologiques utilisées dans le modèle ont été extraites du modèle général de la plaine d'Avignon réalisé en 1979 (rapport BRGM 79 SGN 818 PAC).

Ces données ont été actualisées en fonction des données nouvelles acquises depuis (résultats de sondages, pompages d'essais,...) et adaptées en fonction de la nouvelle dimension de maille utilisée pour cette étude.

Une tournée de relevés piézométriques a été effectuée le 10 janvier 1990 sur les ouvrages accessibles à la mesure. Elle a été complétée par un inventaire des ouvrages en service sur la zone étudiée. Ces données recueillies sont données en annexe.

Les paramètres intervenant dans le modèle sont :

- ♦ les perméabilités ;
- ♦ la cote du substratum ;
- ♦ les débits prélevés ou apportés à la nappe sur la zone d'étude ;
- ♦ la ligne d'eau de la Durance ;
- ♦ la répartition du facteur de colmatage du lit de la Durance ;
- ♦ la piézométrie de référence pour comparaison avec la piézométrie calculée.

5. DESCRIPTION SOMMAIRE DES MODELES UTILISES

■ MODELE HYDRODYNAMIQUE

Les caractéristiques sont les suivantes :

- ♦ modèle aux différences finies à mailles carrées uniformes ;
- ♦ méthode itérative de résolution par procédure implicite ;
- ♦ simulation en régime permanent ;
- ♦ dimension des mailles 100 x 100 m ;
- ♦ calcul des débits d'échange entre la rivière et la nappe sans imposition de conditions de niveau dans la nappe.

Le calage du modèle est effectué en ajustant les paramètres les moins bien connus, de manière à restituer par le calcul une piézométrie aussi proche que possible de celle mesurée sur le terrain.

■ MODELE HYDROCONVECTIF

Il calcule le déplacement des particules d'eau par "effet piston" sans dispersion. La porosité prise en compte dans le calcul est de 10 %. Sa mise en oeuvre permet :

- ♦ de tracer la trajectoire des particules et donc de repérer la position à un instant donné d'un front d'eau polluée ;
- ♦ de tracer le lieu des points situés à un temps de transfert donné d'un puits de pompage (isochrone) : l'enveloppe des différentes isochrones constitue le périmètre d'appel.

Il permet donc d'estimer en tout point de la zone simulée, la trajectoire et le délai de transfert d'une particule d'eau vers un point de captage.

■ MODELE THERMIQUE

Ce modèle calcule la position à un temps donné d'un front *thermique* en tenant compte de la capacité calorifique de la matrice poreuse. Il permet le calcul de l'évolution de la température aux puits de production lorsque se manifeste un recyclage de l'eau réinjectée. Les capacité et conductivité calorifiques des épontes n'ont pas été prises en compte.

6. CALAGE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

Le modèle utilisé couvre une superficie d'environ 16 km², sensiblement carrée, englobant toute la zone du technopole et étendue au sud-ouest à la rive gauche de la Durance.

L'ensemble du modèle comporte 1.560 mailles dont 202 correspondent au technopole. Le calage a été effectué en retouchant à répartition des valeurs de perméabilités et par ajustement du paramètre de colmatage.

Les piézométries observés en janvier 1990 et calculés sont reportés sur la fig. 2.

7. SIMULATIONS

A l'issue du calage du modèle, deux simulations préliminaires s'avèrent intéressantes pour établir les documents devant servir de référence pour les simulations ultérieures. Il s'agit respectivement :

- ♦ de la situation observée en janvier 1990 et qui correspond à des prélèvements "d'hiver" modérés au droit de la Saignone (380 l/s, soit 33.000 m³/j) ;
- ♦ de la situation d'été prévisionnelle établie à partir du débit de pointe déjà observé (52.000 m³/j), majoré de 25 %, ce qui porte le débit de la Saignone à 760 l/s, soit 66.000 m³/j.

7.1. simulations préliminaires sans technopole

7.1.1. PRELEVEMENTS DE 380 l/s A LA SAIGNONNE

La piézométrie calculée correspond à celle du calage du modèle (cf fig. 2). Les résultats de la simulation hydroconvective sont donnés en fig. 3 qui illustre la position des différentes isochrones ainsi que le périmètre d'appel pour le débit d'exploitation de 380 l/s.

7.1.2. PRELEVEMENT DE 760 l/s A LA SAIGNONNE

L'évolution de la piézométrie par rapport à la situation précédente est donnée en fig. 4.

7.2. simulations des aménagements liés au projet de technopole

7.2.1. CONDITIONS DE SIMULATION

Seuls les aménagements ayant une incidence directe, soit du fait des perturbations dans le régime d'écoulement (ouvrages de pompage et de réinjection de pompes à chaleur), soit du fait de l'altération de la qualité des eaux de la nappe et ayant un caractère pérenne ont été simulés. Il s'agit en particulier, pour ce second aspect, des ouvrages de régulation des eaux pluviales qui ont été envisagés. Ces eaux, lessivant des surfaces aménagées, en particulier des aires de circulation et de stationnement, peuvent être considérées comme suspectes et l'éventualité d'une contamination de la nappe par les fuites de ces bassins doit être envisagée, bien que l'évacuation des eaux soit prévue par le réseau pluvial.

Ces bassins ont été conçus avec un revêtement d'étanchéité constitué par une couche d'argile compactée qui serait couverte par un tapis végétal entretenu par arrosage lors des périodes sèches. Leur fonctionnement en régulation en période de pluie est prévu pour une durée de 24 heures.

Compte tenu de la durée très limitée pendant laquelle ces ouvrages devraient être en eau, comparée à la durée du transfert des particules d'eau contaminée vers l'aval, les hypothèses de travail suivantes ont été adoptées :

- ♦ il n'a pas été simulé, dans le modèle hydrodynamique, de débit *permanent* de fuite de ces ouvrages, susceptible de modifier sensiblement l'écoulement et le champ des vitesses ;
- ♦ dans le modèle hydroconvectif, il a été simulé l'injection de particules d'eau contaminée à partir d'une distance aux ouvrages correspondant au volume injecté dans la nappe après 24 heures sous une charge moyenne de 1,5 m

7.2.2. RESULTATS

7.2.2.1. Conditions d'hiver

La simulation des conditions "d'hiver" de prélèvement à la Saignone (380 l/s) avec les ouvrages de pompage et de réinjection du technopole montre que, du point de vue hydrodynamique (niveaux de nappe et distribution du champ de

vitesse), l'incidence des aménagements est négligeable. La systématisation des vérifications d'impact sur le champ captant de la Saignone n'est donc justifiable que pour le débit de pointe futur (760 l/s) qui sera le plus contraignant du fait de l'emprise plus importante du périmètre d'appel.

Néanmoins, les résultats en termes de trajectoire des particules d'eau et isochrones sont donnés en fig. 5 à 7. Les résultats donnés en fig. 8 montrent l'absence de dérive thermique aux puits de pompage du fait de la réinjection des doublets de pompes à chaleur.

7.2.2.2. Conditions estivales de pointe (760 l/s)

Ces conditions sont les plus contraignantes vis-à-vis du projet, du fait :

- ◆ de l'importance du débit prélevé à la Saignone qui élargit sensiblement le périmètre d'appel ;
- ◆ de la possibilité d'avoir, au cours de la période estivale, des épisodes pluvio-orageux de forte intensité ;
- ◆ de l'importance des besoins en froid qui sont souvent supérieurs aux besoins thermiques de la période hivernale.

Les résultats sont donnés en fig. 9 à 13 et ils appellent quelques remarques :

■ le périmètre d'appel du champ de captage de la Saignone remonte au nord de la RN 7 et englobe la partie sud du technopole qui se trouve donc située entre 10 et 90 jours de transfert des puits de la Saignone. Cette situation implique que les aménagements à réaliser et le fonctionnement des équipements qui seront mis en place, fassent l'objet d'un soin et d'une vigilance particuliers ;

■ les deux bassins sud projetés sont dans le périmètre d'appel du champ de captage et sont situés à environ 2 mois de transit des ouvrages de la Saignone. La réalisation de leur étanchéité devra donc faire l'objet d'une attention particulière ;

■ les ouvrages envisagés pour les pompes à chaleur les plus méridionales (hôtellerie et restauration) devront, soit être déplacés vers le nord, soit être abandonnés. Le prélèvement des débits pourrait être envisagé sous réserve de l'utilisation d'un échangeur pour éviter les risques de retour vers l'ouvrage de fluide frigorigène. Cette solution n'est, toutefois, guère satisfaisante car elle oblige à rejeter les débits au réseau pluvial.

8. CONCLUSIONS

L'étude des impacts prévisibles du technopole sur le potentiel exploitable et la qualité des eaux sur le champ de captage de la Saignone montre que :

■ *du point de vue quantitatif*, l'absence de prélèvements importants sur la zone du technopole ne conduit pas à redouter de modifications sensibles du niveau de la nappe. Cet aménagement n'altère donc pas, compte tenu des projets connus à ce jour, le potentiel de production des ouvrages d'alimentation de l'agglomération avignonnaise ;

■ *du point de vue qualitatif*, des précautions devront être prises pour éviter une altération de la qualité des eaux susceptible de compromettre l'exploitation du champ de captage ou son développement dans l'avenir. Ces précautions concernent le projet d'aménagement proprement dit :

- ♦ étanchéité des bassins sud de régulation du pluvial ;
- ♦ ouvrages d'exploitation de la nappe dans la zone méridionale du technopole située dans le périmètre d'appel du champ de captage, qui devront être évités.

Elles concernent également la gestion de l'espace et des installations qui seront mises en place, par une vigilance sur :

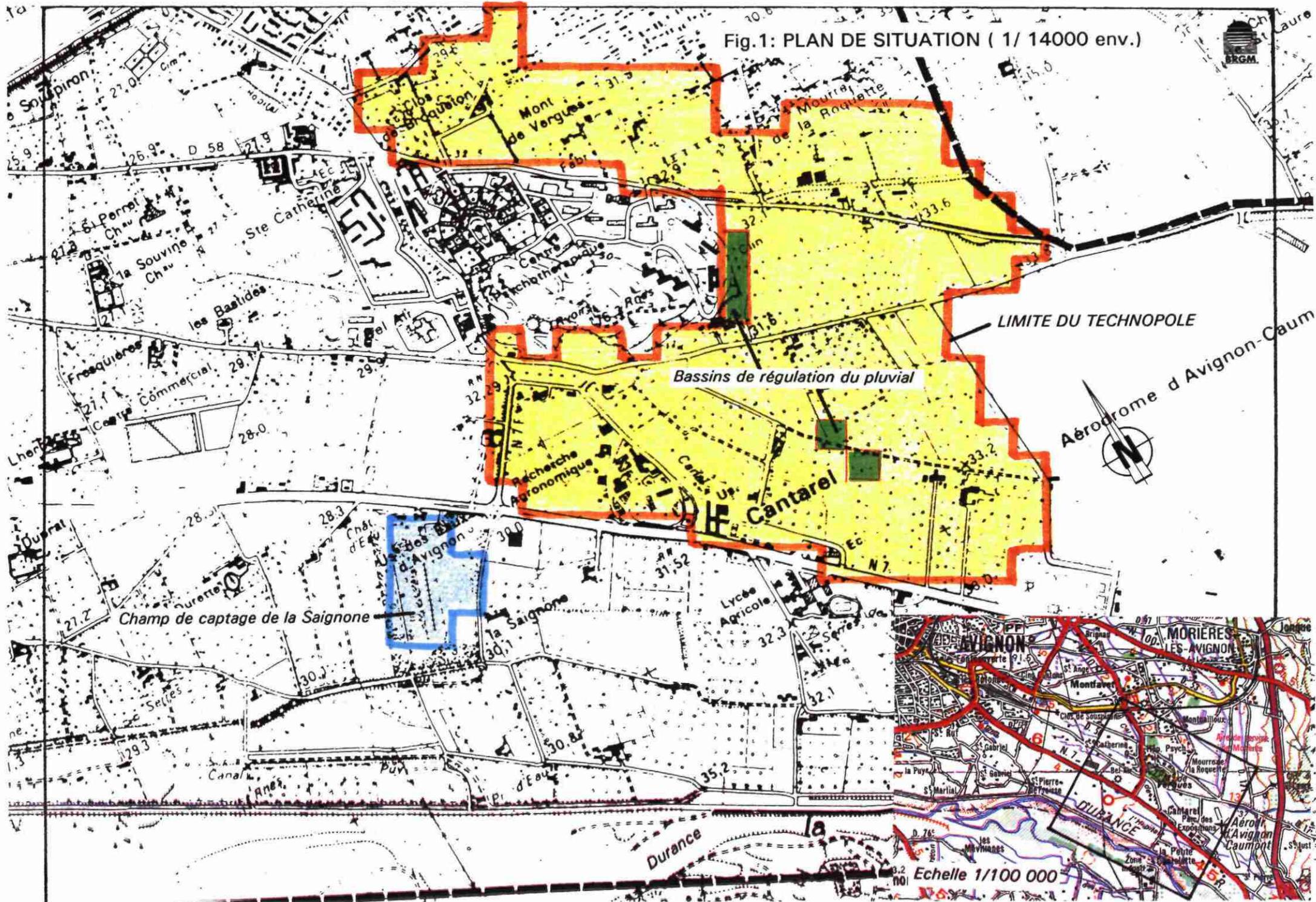
- ♦ l'implantation d'activités non potentiellement polluantes dans les zones identifiées comme sensibles ;
- ♦ la collecte et le transport des eaux usées.

L'appréciation des temps de transfert des particules d'eau vers les puits de pompage devrait, en outre, permettre d'apprécier les risques potentiels induits par la présence des activités déjà en place dans le périmètre d'appel. Cette information devrait permettre de sensibiliser les différents acteurs concernés et d'attirer leur attention sur la nécessité d'une vérification des installations en place et d'une information sans délai sur tout incident ou accident susceptible de mettre en cause la qualité des eaux.

Rappelons enfin que l'appréciation de la faisabilité de doublets pour le fonctionnement de pompes à chaleur doit être faite cas par cas, la diminution des mailles du modèle (100 m) conçu pour traiter les problèmes à l'échelle de l'ensemble de la zone concernée ne permet pas, en effet, une simulation suffisamment fine des écoulements entre deux ouvrages.

F I G U R E S

Fig.1: PLAN DE SITUATION (1/ 14000 env.)



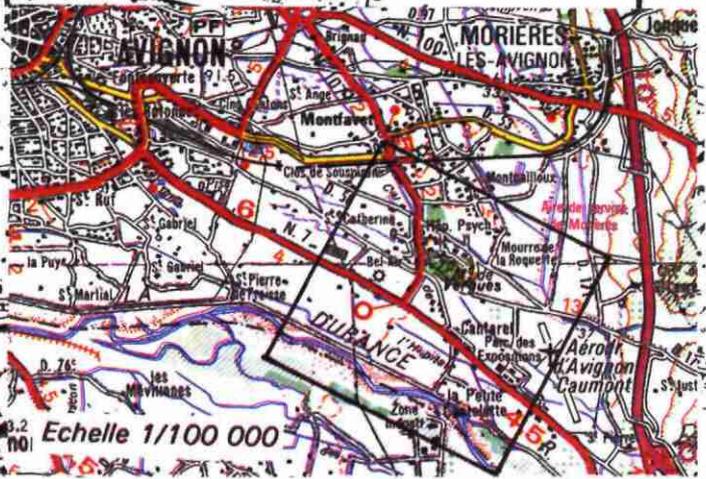
LIMITE DU TECHNOPOLE

Aérodrome d'Avignon-Caum

Champ de captage de la Saignone

Bassins de régulation du pluvial

Cantarel



Echelle 1/100 000



Fig.2: PIEZOMETRIES CALCULEE ET OBSERVEE EN JANVIER 1990

Technopole Avignon Etat Initial 1990

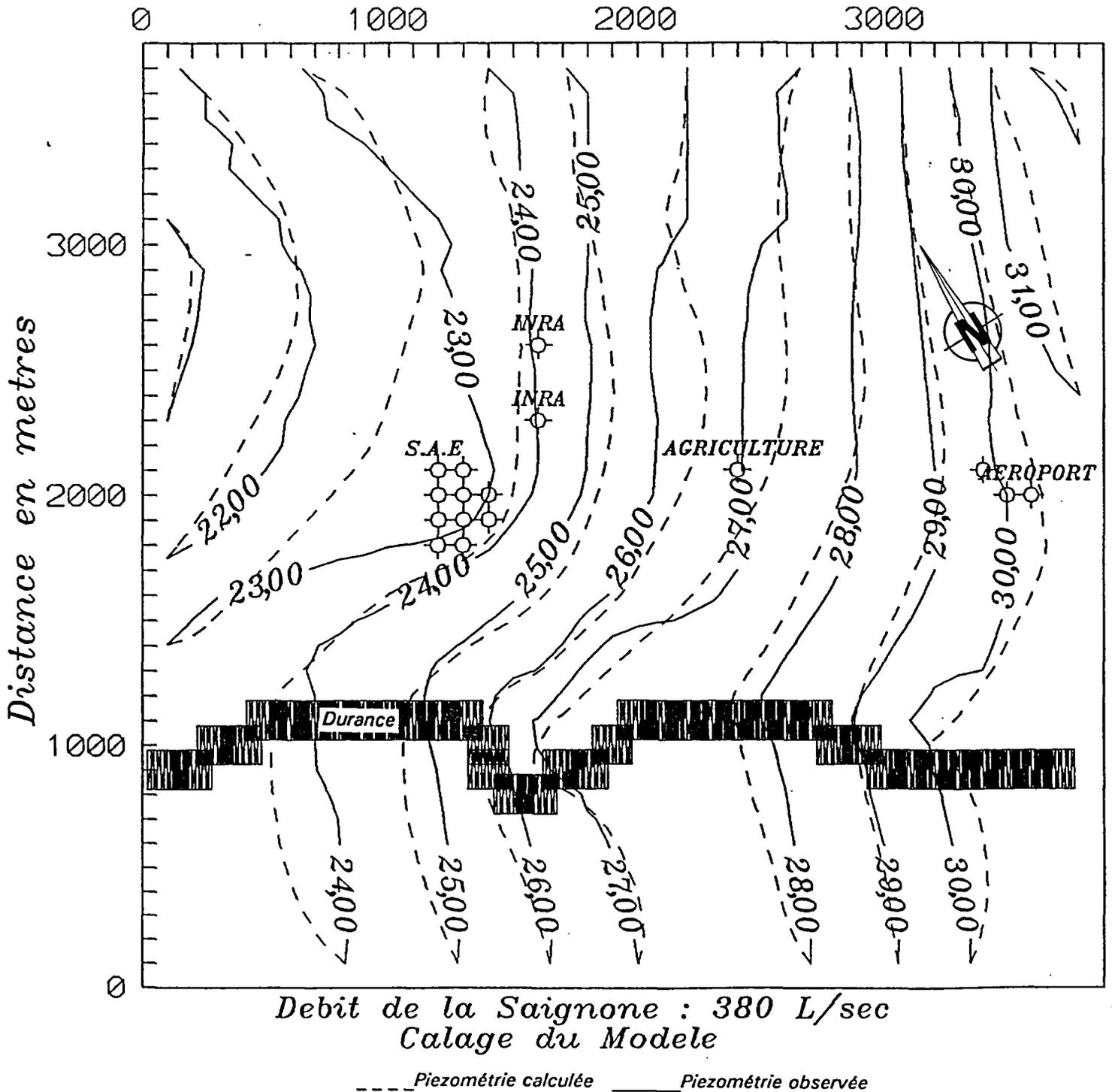


Fig.3: POSITION DES ISOCHRONES ET DU PERIMETRE D'APPEL

(Débit à la Saignone : 380 l/s)

Echelle 1/14000 env.

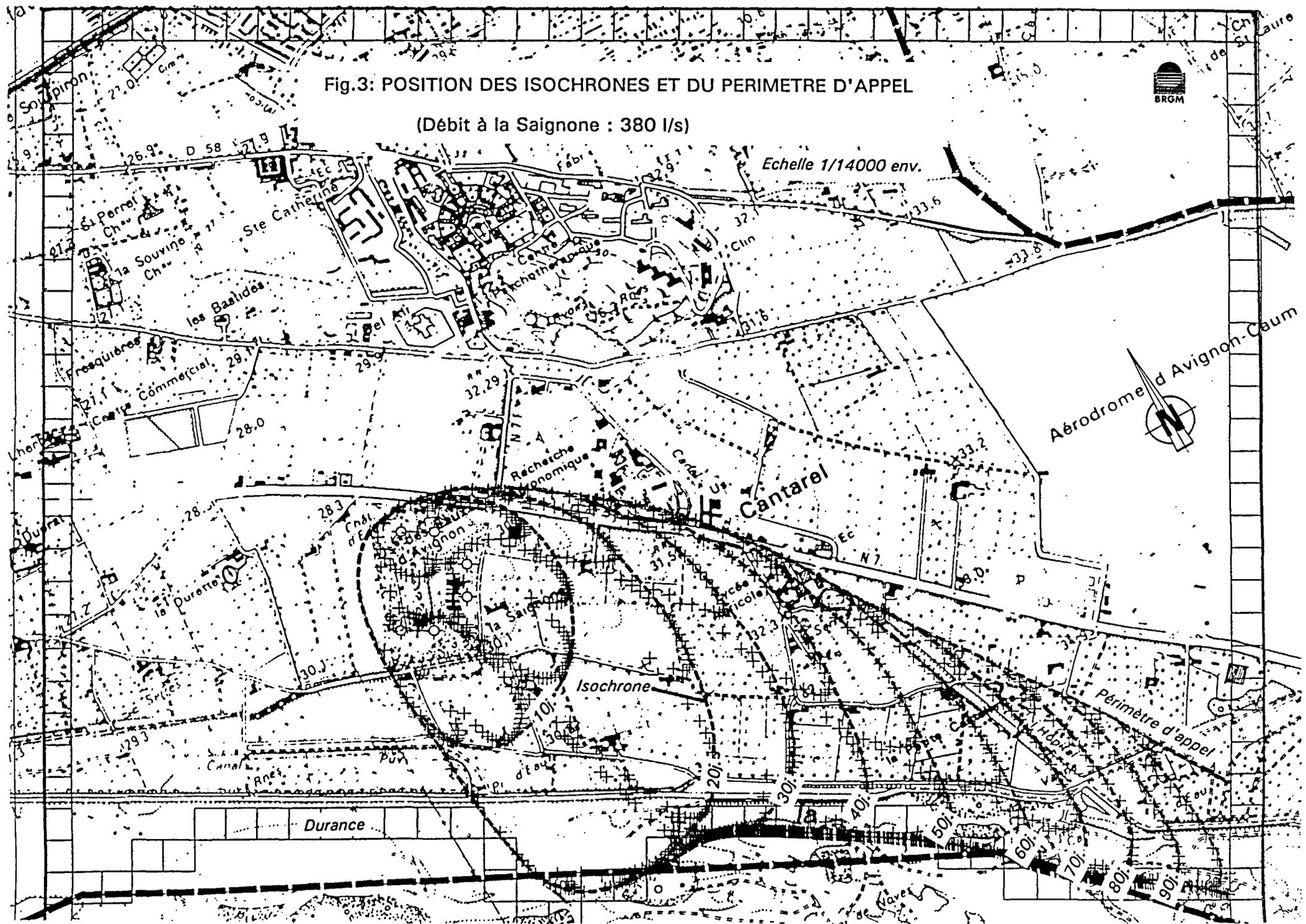
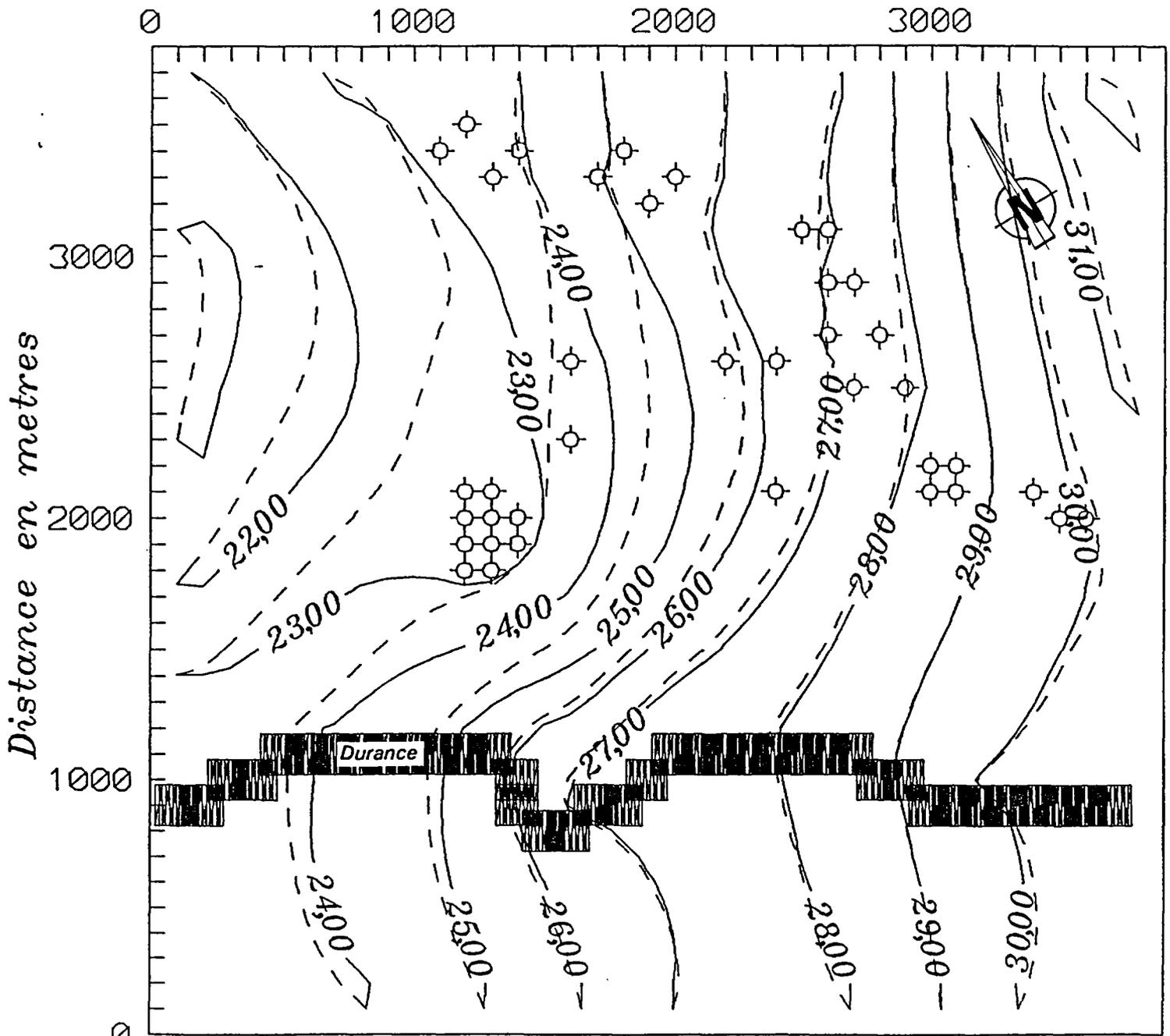




Fig.4: PIEZOMETRIES COMPAREES POUR DES DEBITS POMPES A LA SAIGNONE DE
380 ET 760 l/s

Technopole, Simulation Piezometrie Pointe



--- Piézométrie calculée pour 380 l/s — Piézométrie calculée pour 760 l/s

Fig.5: PIEZOMETRIES COMPAREES "AVEC" ET "SANS" TECHNOPOLE



Technopole, Simulation Piezometrie Hiver

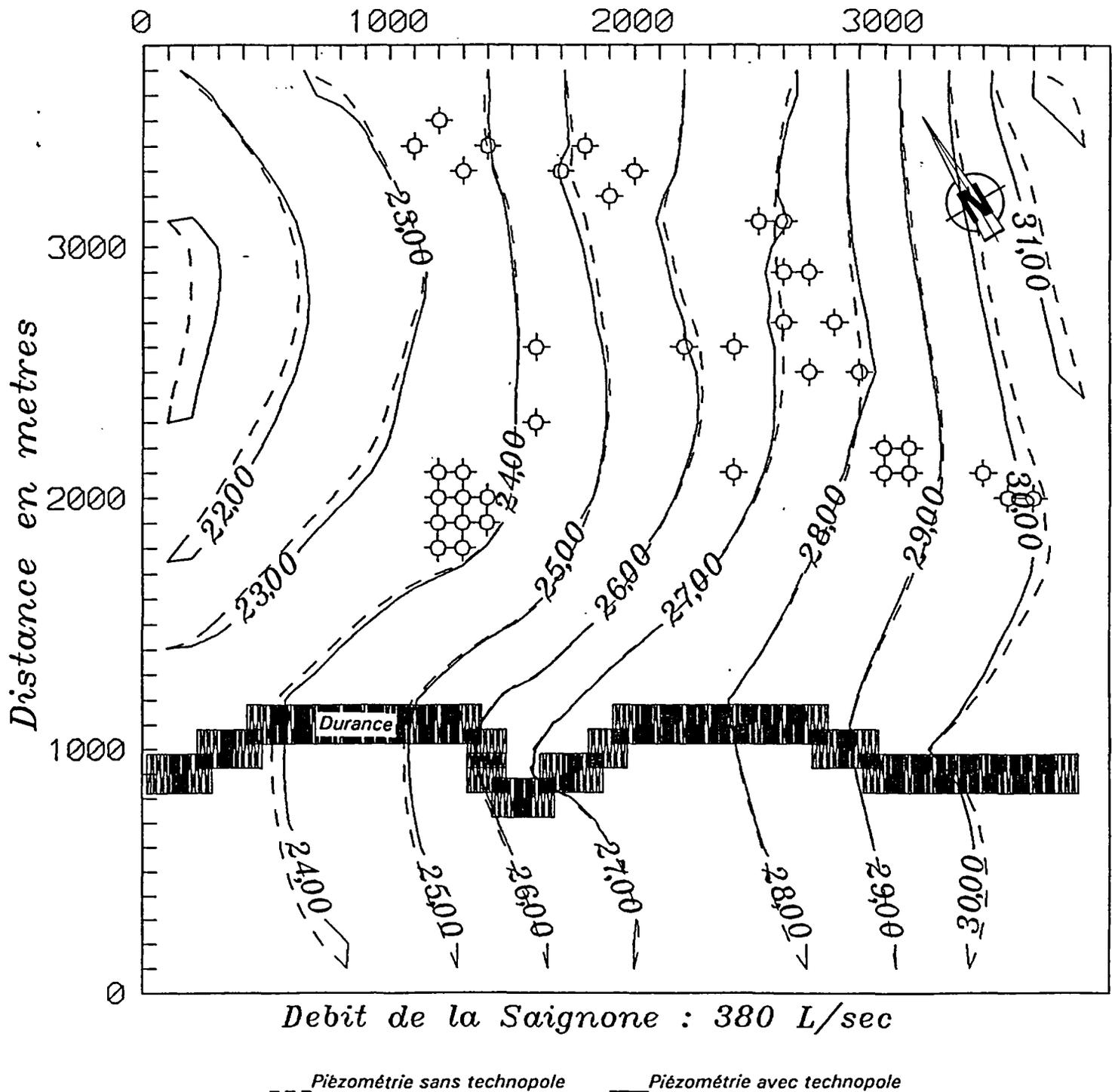
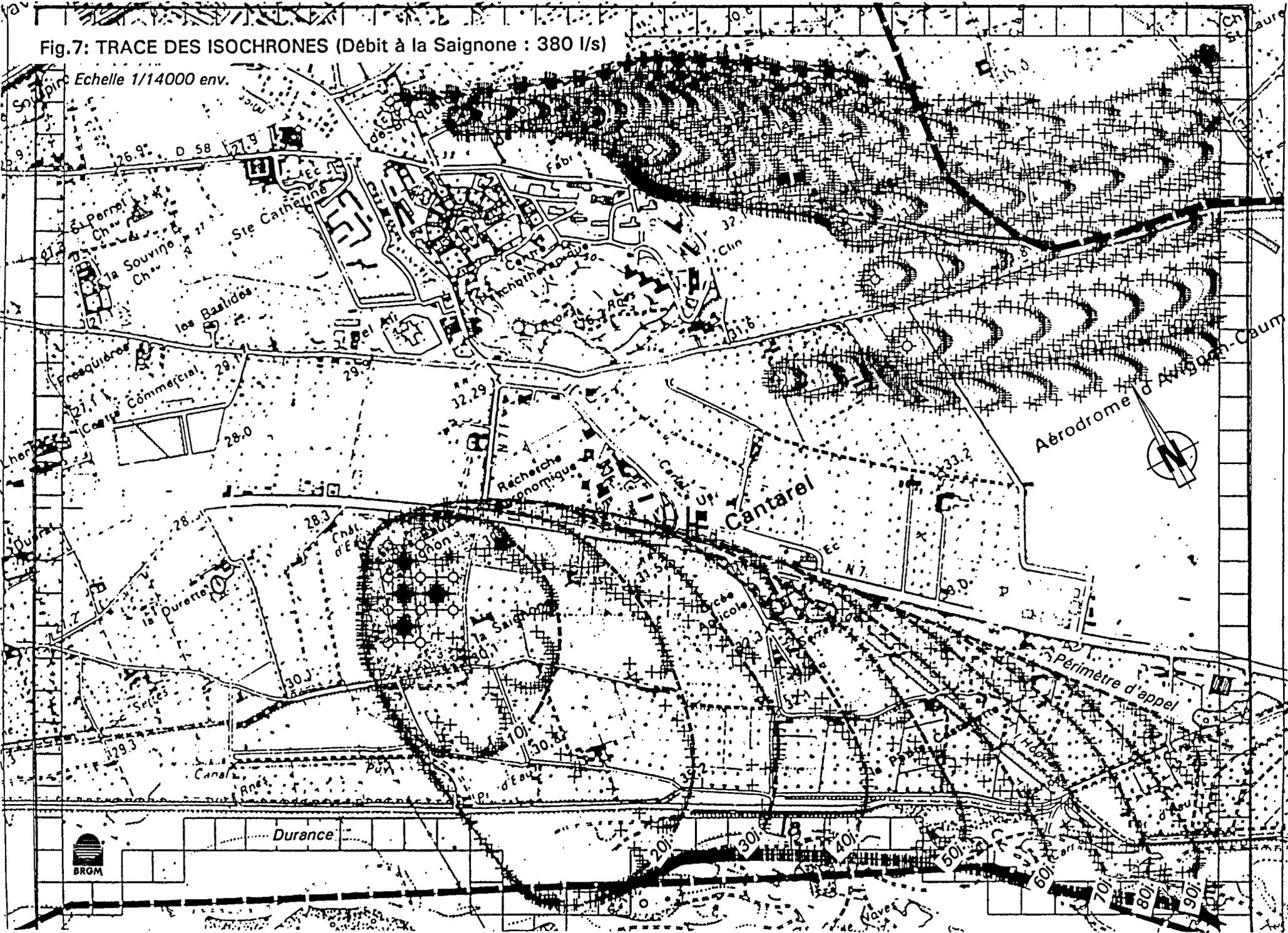


Fig.7: TRACE DES ISOCHRONES (Débit à la Saignone : 380 l/s)

Echelle 1/14000 env.



Durance

Aéroport d'Angoulême-Caumont

Cantarel

Périmètre d'appel

Ch. St-Laure

Ch. de la Saignone

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

St-Pierre

St-Catherine

St-Jacques

St-Étienne

St-Louis

St-Martin

St-Paul

St-Roch

St-Vincent

St-Yves

St-Zénon

St-André

St-Nicolas

St-Germain

Fig.8: TRACE DES LIGNES DE COURANT ISSUES DE POINTS D'INJECTION

(Débit à la Saignone : 380 l/s)

Echelle 1/14000 env.

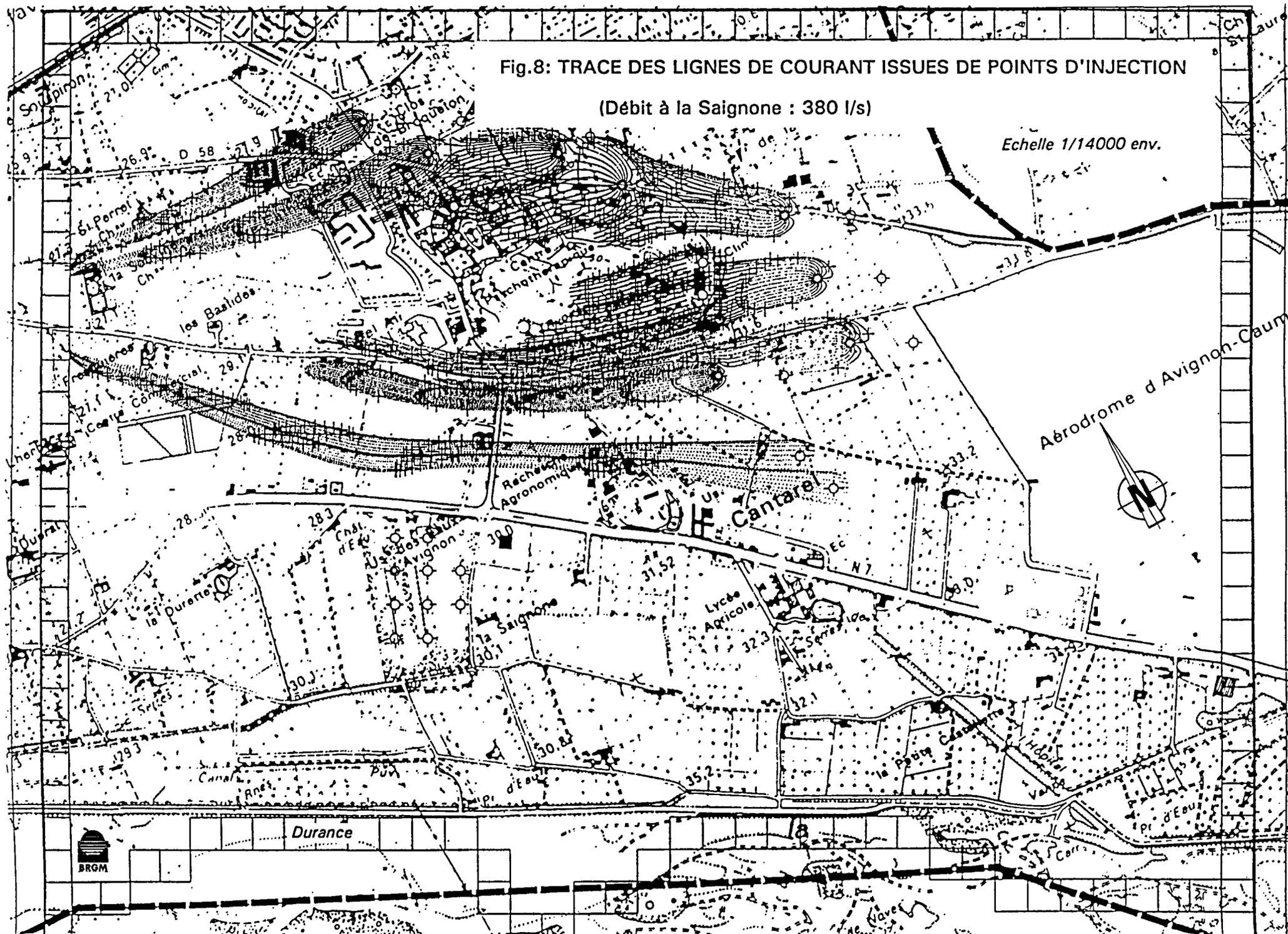


Fig.9: TRACE DES ISOCHRONES THERMIQUES (Débit à la Saignone : 380 l/s)

Echelle 1/14000 env.

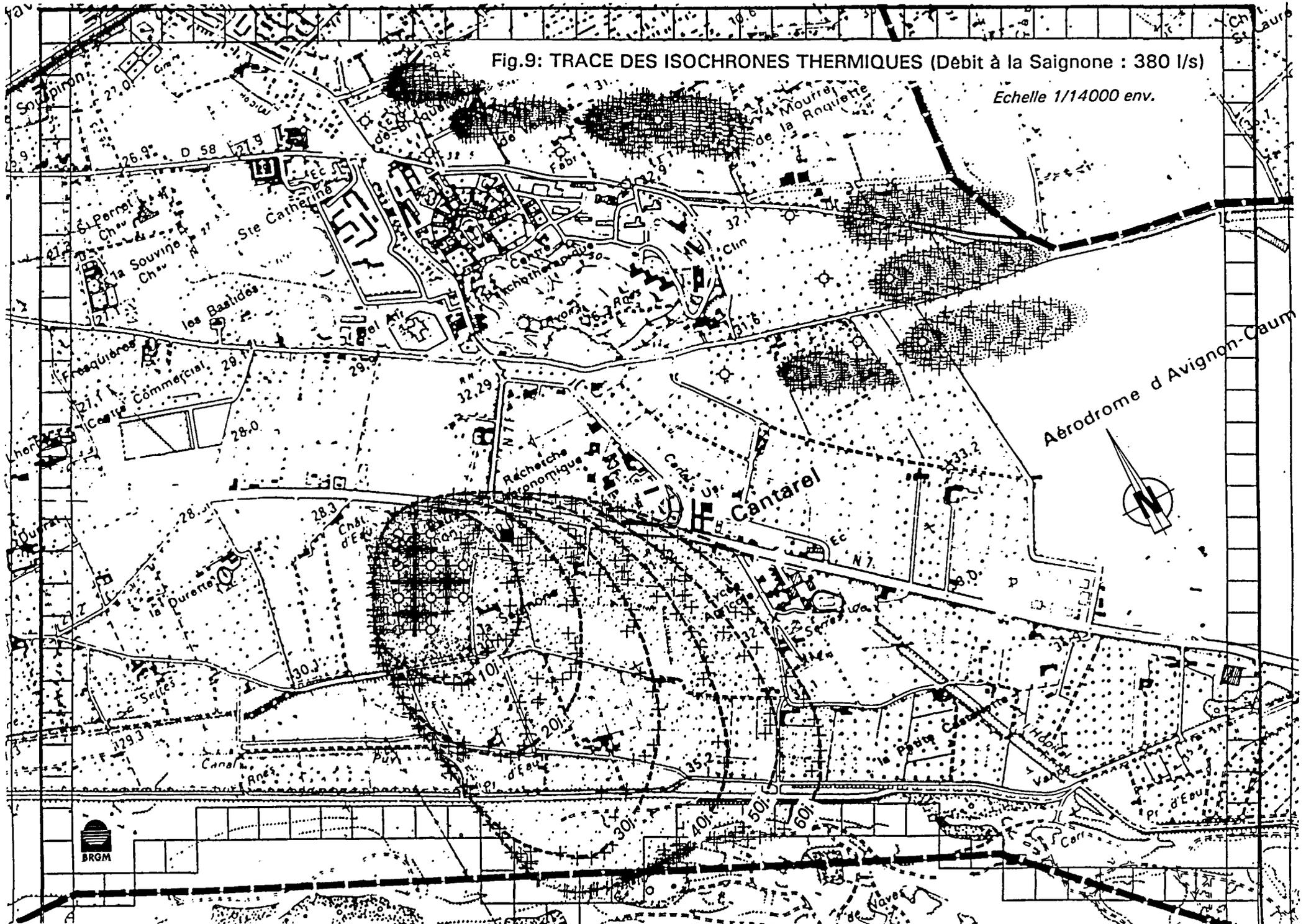


Fig.10: TRACE DES LIGNES DE COURANT ATTEIGNANT LES OUVRAGES DE CAPTAGE

Echelle 1/14000 env.

(Débit à la Saignone : 760 l/s)

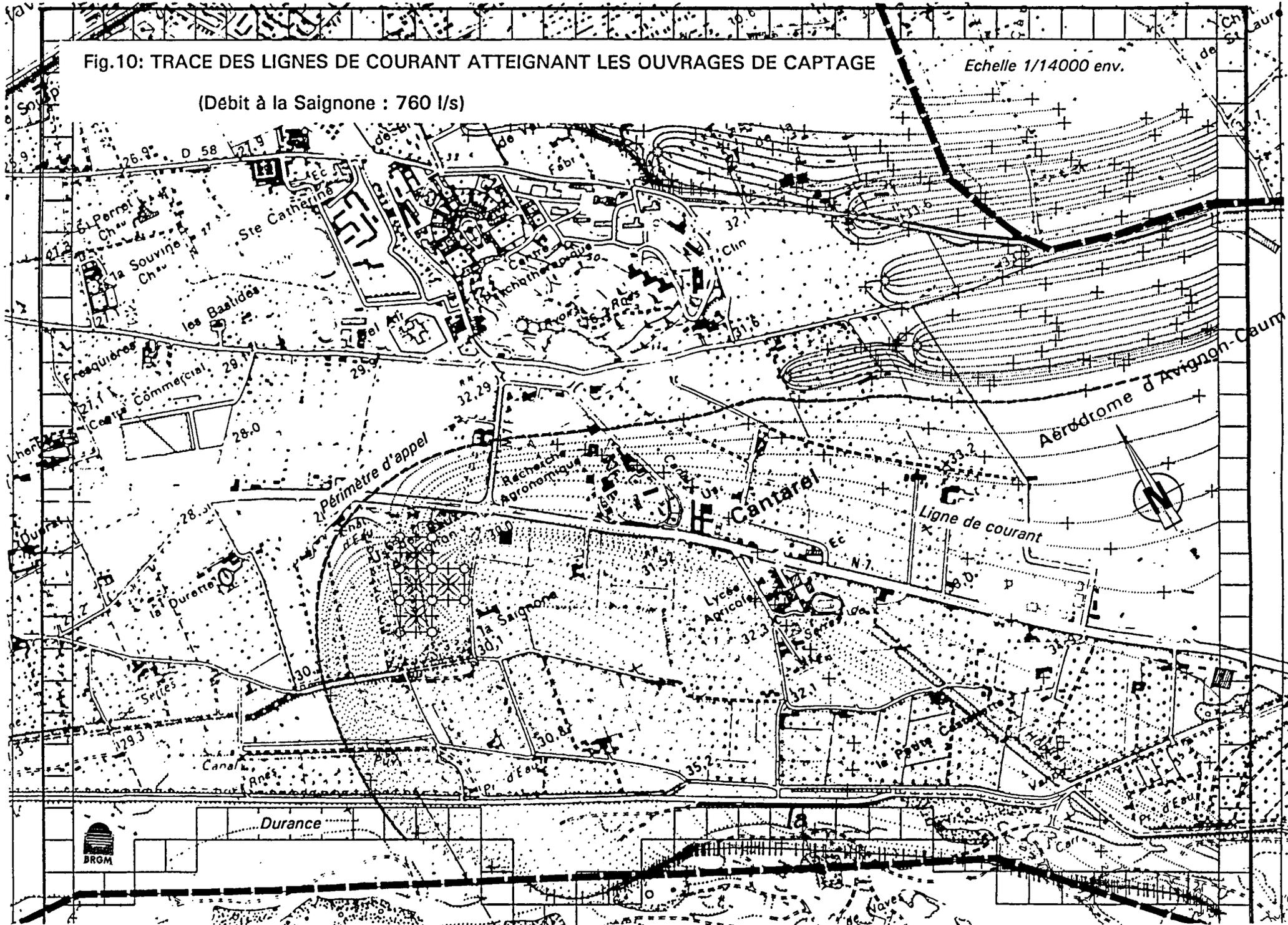


Fig.11: TRACE DES ISOCHRONES (Débit à la Saignone : 760 l/s)

Echelle 1/14000 env.

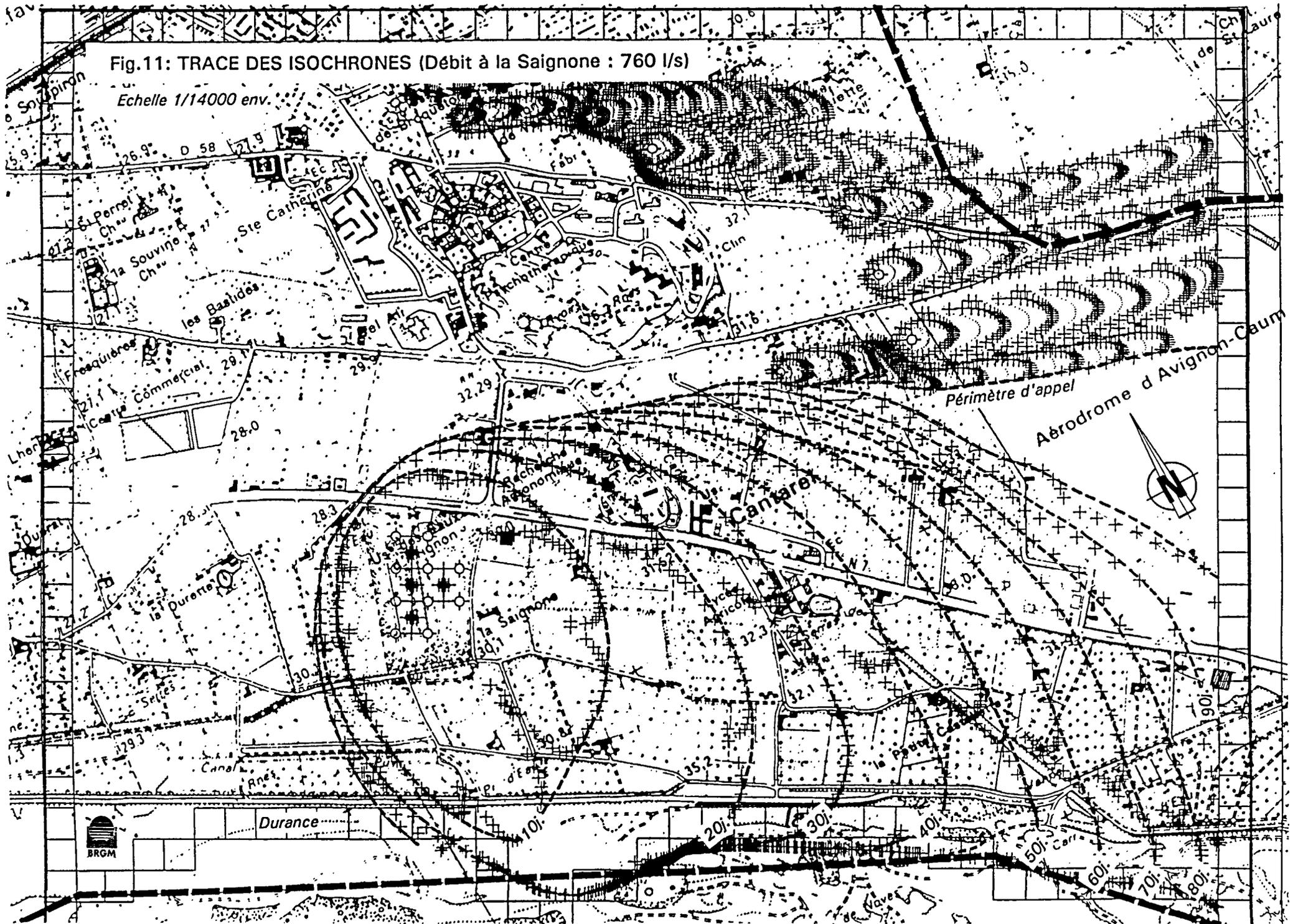
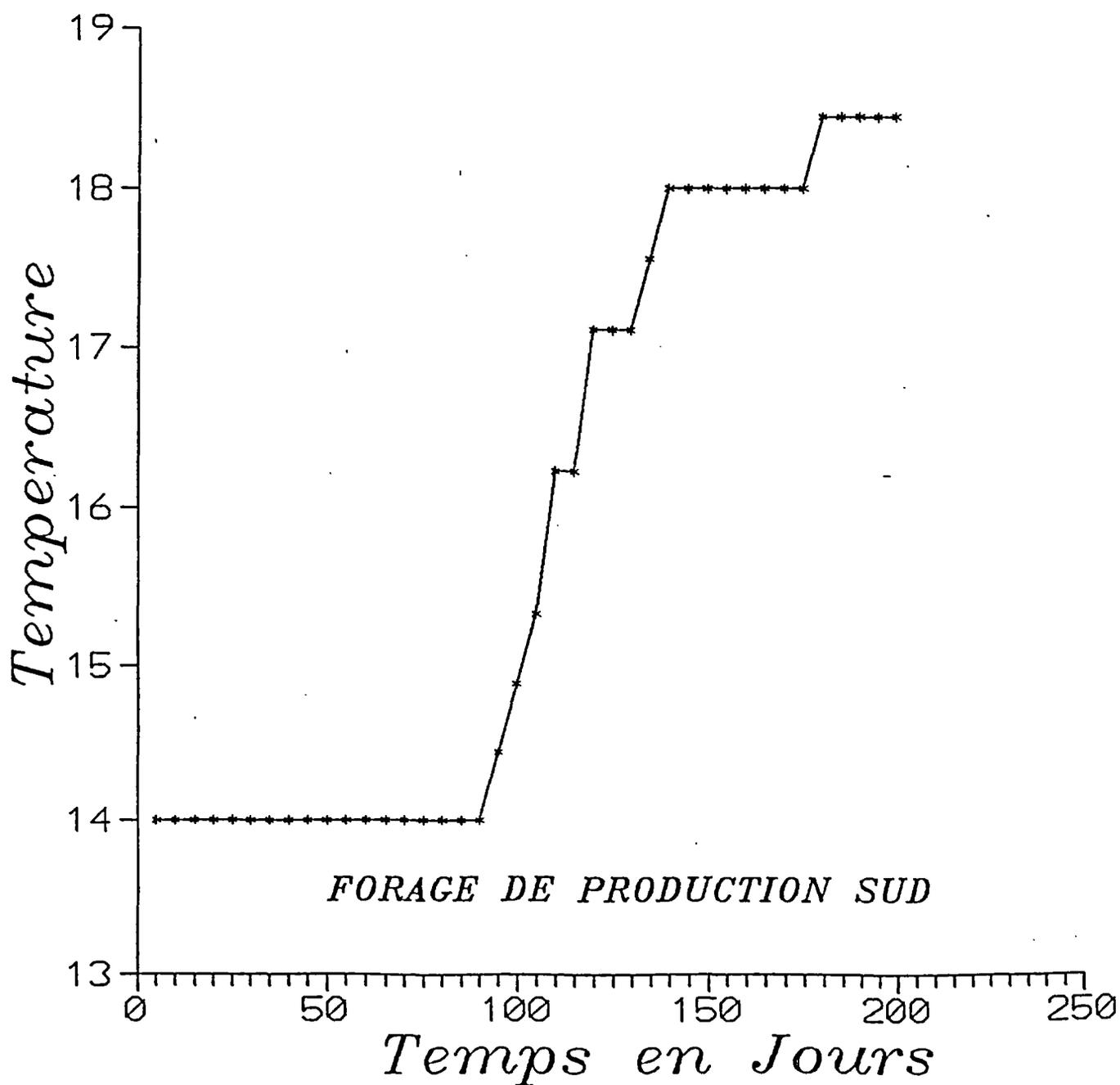


Fig.14: EXEMPLE DE COURBE D'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE AU PUIT DE POMPAGE
DU DOUBLET SUD SOUMIS A RECYCLAGE



ANNEXE 1
données sur les ouvrages
existants

DONNEES TECHNIQUES SUR LES OUVRAGES EXISTANTS

Les ouvrages en service sont au nombre de 16 et captent la nappe sur toute son épaisseur ; le volume annuel prélevé atteint 14.000.000 de m³ (soit une moyenne de 38.000 m³/jour). Le tableau ci-après nous donne les valeurs recueillies le 10 janvier 1990.

Forages "pompes à chaleur" divers existants

Forages de l'INRA

L'INRA possède 15 puits sur son domaine, utilisés principalement pour usage domestique et irrigation des serres. Les débits annuels prélevés sont de l'ordre de 50.000 m³/an, une majeure partie des eaux usées étant rejetée dans un canal de drainage.

Forages DDE et aéroport d'Avignon

Quatre forages de production et quatre forages de réinjection existent actuellement dans cette zone.

- Forages de production et de réinjection pour la DDE, débit de 12 m³/h environ pour P.A.C.
- Forages de production et de réinjection pour la tour de contrôle, débit de 15 m³/h pour P.A.C.
- 2 forages de production et un puits de réinjection pour le restaurant-hôtel "le Paradou", débit de 18 et 20 m³/h environ pour P.A.C.
- Forages de production et réinjection ancien aéroclub avignonnais, débit de 20 m³/h environ pour P.A.C.

Forage de la Maison de l'agriculture

- Un forage de production de 18 m³/h, réinjection dans eaux usées.

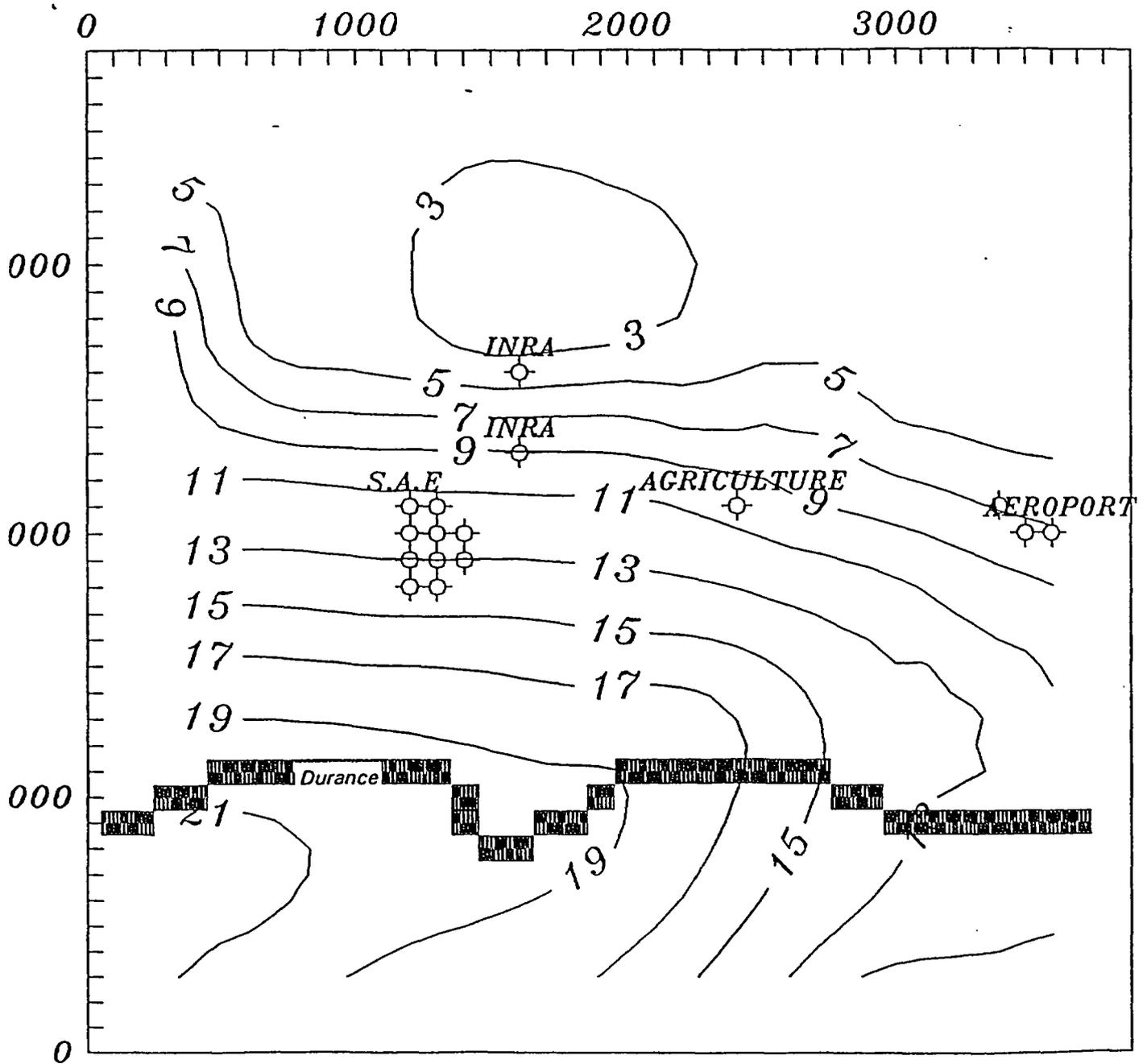
BILAN JOURNALIER DU 10 JANVIER 1990 - USINE DE LA SAIGNONE - SAE

FORAGE:	VOLUME	M 3/jour	DEBIT MOYEN	M3 / H
P 1	7215.00		360.45	
P 2	3017.00		150.72	
F 1	2738.00		158.72	
F 2	1979.00		116.99	
F 3	2097.00		125.69	
F 4	1796.00		109.07	
F 5	2387.00		160.02	
F 6	1714.00		118.75	
F 7	2233.00		157.44	
F 8	1657.00		119.35	
F 9	1567.00		135.67	
F 10	1088.00		98.17	
F 11	788.00		73.42	
F 12	1521.00		146.02	
F 13	1108.00		135.67	
F 14	0.00		0.00	
F 15	0.00		0.00	
F 16	0.00		0.00	
F 17				
F 18				
F 19				
F 20				
F 21				
F 22				
TOTAL	32905.00		151.83	

ANNEXE 2
données cartographiées
utilisées
dans la modélisation



Technopole Avignon Carte des Permeabilites

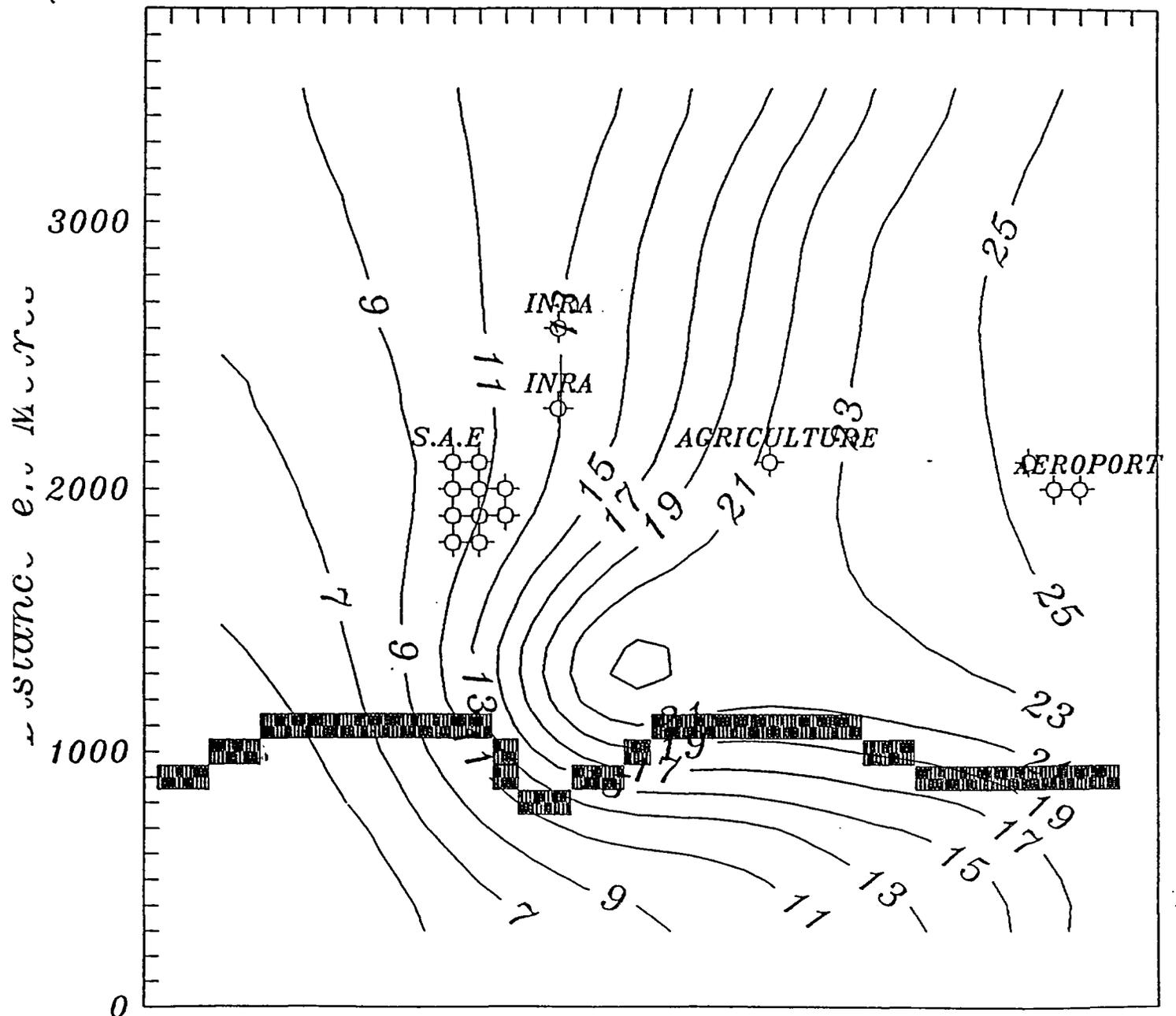


Valeurs de Permeabilites en 10⁻³ m./s



Technopôle Avignon Carte du Substratum

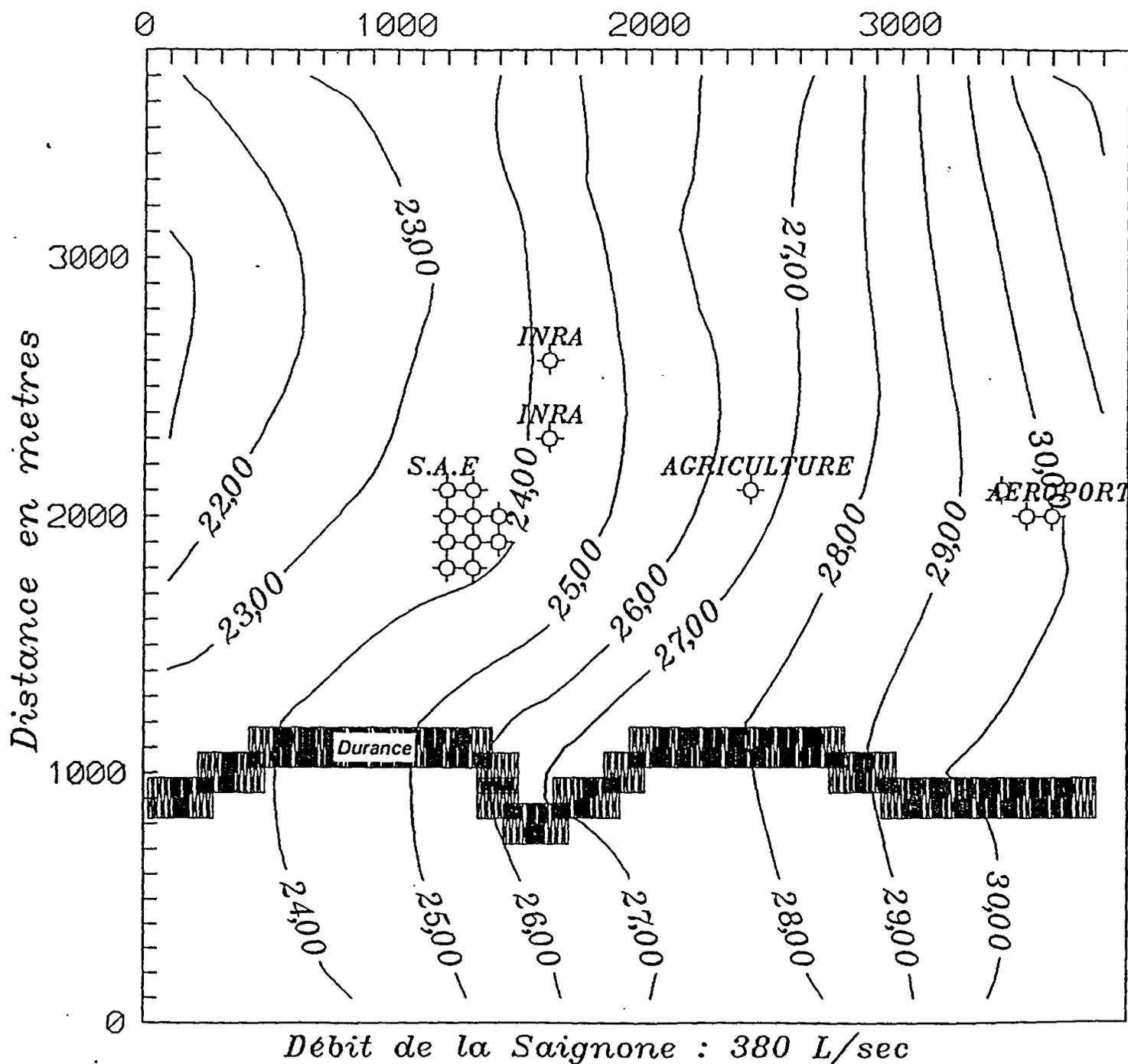
0 1000 2000 3000



cotes en m.NGF



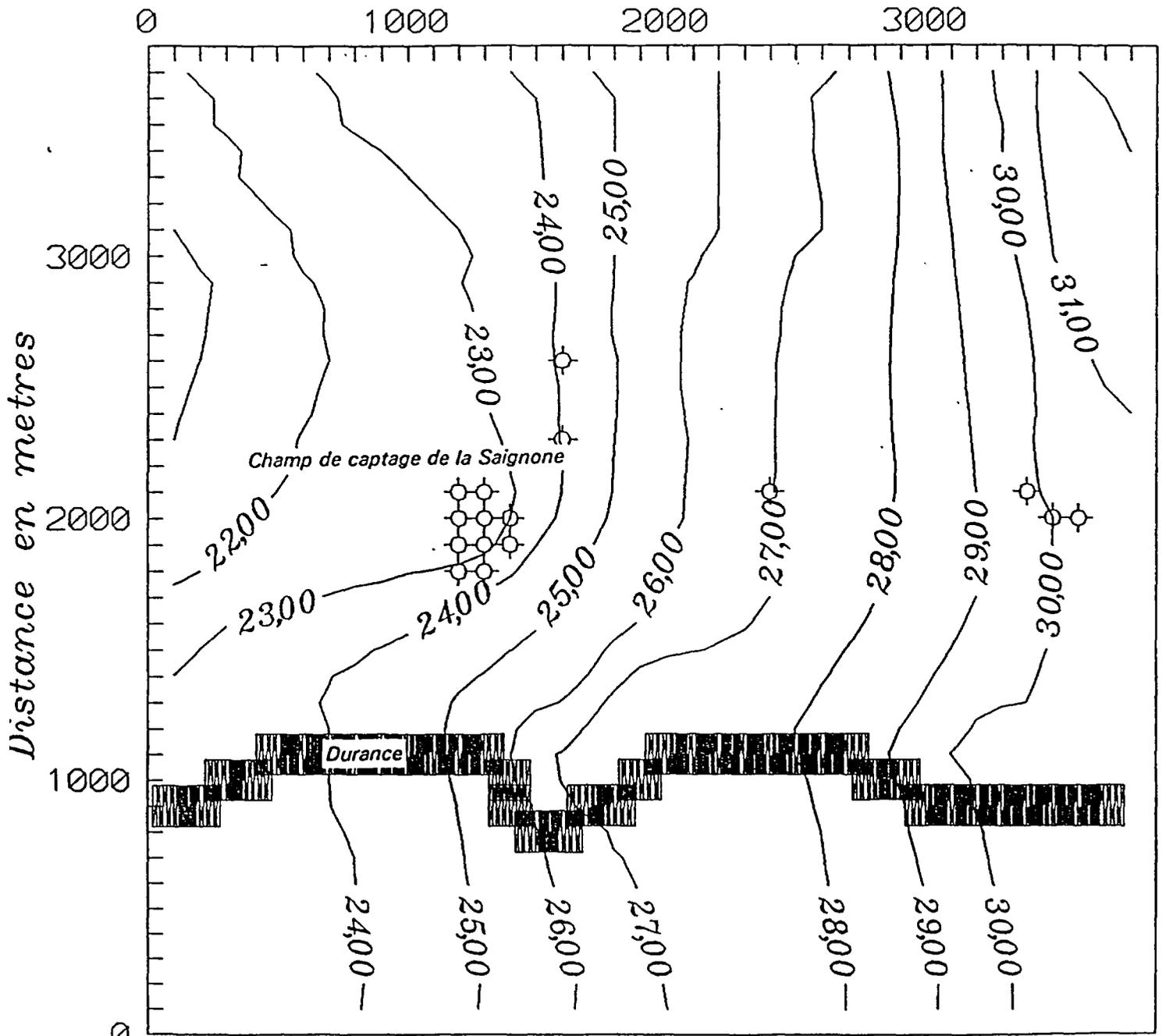
Technopole Avignon Calage 1990



Piezométrie calculée



Technopole Avignon Etat Initial 1990



Débit de la Saignone : 380 L/sec

Piezométrie observée