

MRS D0541/1-6

**Etude hydrogéologique sur la ressource en  
eau du Nord-Ouest des Bouches du Rhône**

**Phase 2 – Réalisation d'investigations  
complémentaires de terrain**

**Volume 2 – Figures et annexes**

Mai 2008 - A48063/A

**CONSEIL GENERAL DES BOUCHES DU RHONE**

**Hôtel du Département  
52, avenue de Saint-Just  
13256 MARSEILLE Cedex 20**



**AGENCE RHONE ALPES MEDITERRANEE**  
Parc de Napollon  
400 avenue du Passetemps  
13676 AUBAGNE Cedex

Tél. : 04 42 08 70 70 – Fax : 04 42 07 70 71



  
**agence  
de l'eau**  
rhône méditerranée & corse  
**Délégation de Marseille**  
Immeuble le Noailles - 62, La Canebière  
13001 MARSEILLE  
Tél. 04 96 11 36 36 - Fax 04 96 11 36 00

**Liste des figures**

- Figure 1 - Carte de localisation de la zone d'étude à l'échelle 1/200 000
- Figure 2 - Carte du contexte géologique régional d'après la carte du BRGM à l'échelle 1/250 000
- Figure 3 - Coupe lithostratigraphique générale
- Figure 4 - Coupes géologiques structurales interprétatives générales
- Figure 5 - Carte géologique de la commune d'Eyguières à l'échelle 1/50 000
- Figure 6 - Extrait du parcellaire cadastral d'Eyguières
- Figure 7 - Carte géologique du secteur d'Eyguières à l'échelle 1/12 500
- Figure 8 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur d'Eyguières
- Figure 9 - Coupes géologiques structurales interprétatives du secteur d'Eyguières
- Figure 10 - Carte des contraintes environnementales du secteur d'Eyguières - Lamanon (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 11 - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du secteur d'Eyguières-Lamanon
- Figure 12 - Carte géologique de la commune d'Alleins à l'échelle 1/50 000
- Figure 13 - Extrait du parcellaire cadastral d'Alleins
- Figure 14 - Carte géologique du secteur d'Alleins à l'échelle 1/12 500
- Figure 15 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur d'Alleins
- Figure 16 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur d'Alleins
- Figure 17 - Carte des contraintes environnementales du secteur d'Alleins - Mallemort (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 18 - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du secteur d'Alleins - Mallemort
- Figure 19 - Carte géologique de la commune de Saint-Rémy-de-Provence à l'échelle 1/50 000
- Figure 20 - Extrait du parcellaire cadastral de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 21 - Carte géologique du secteur de Saint-Rémy-de-Provence à l'échelle 1/12 500
- Figure 22 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 23 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 24 - Carte d'implantation du profil géophysique P1 sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence

- Figure 25 - Carte d'implantation du profil géophysique P2 sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 26 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 27 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 28 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 29 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 30 - Carte des contraintes environnementales du secteur de Saint-Rémy-de-Provence (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 31 - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du secteur de Saint-Rémy-de-Provence
- Figure 32 - Carte géologique de la commune d'Orgon à l'échelle 1/50 000
- Figure 33 - Extrait du parcellaire cadastral d'Orgon
- Figure 34 - Carte géologique du secteur d'Orgon à l'échelle 1/12 500
- Figure 35 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur d'Orgon
- Figure 36 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur d'Orgon
- Figure 37 - Carte des contraintes environnementales du secteur d'Orgon - Plan d'Orgon (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 38 - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du secteur d'Orgon - Plan d'Orgon
- Figure 39 - Carte géologique de la commune de Chateaurenard à l'échelle 1/50 000
- Figure 40 - Extrait du parcellaire cadastral de Chateaurenard
- Figure 41 - Carte des contraintes environnementales du secteur de Chateaurenard-Eyragues (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 42 - Carte de localisation du sondage de reconnaissance du secteur de Chateaurenard-Eyragues
- Figure 43 - Carte géologique du secteur d'Aureille - Mouriès à l'échelle 1/50 000
- Figure 44a - Extrait du parcellaire cadastral de Mouriès
- Figure 44b - Extrait du parcellaire cadastral de Mouriès
- Figure 44c - Extrait du parcellaire cadastral d'Aureille
- Figure 44d - Extrait du parcellaire cadastral d'Aureille
- Figure 44e - Extrait du parcellaire cadastral d'Aureille
- Figure 45a - Carte géologique du site de Mouriès à l'échelle 1/12 500

- Figure 45b - Carte géologique du site d'Aureille
- Figure 46a - Etude structurale sur photo aérienne du site de Mouriès
- Figure 46b - Etude structurale sur photo aérienne du site d'Aureille
- Figure 47a - Coupe géologique structurale générale du site de Mouriès
- Figure 47b - Coupes géologiques structurales interprétatives du site de Mouriès
- Figure 47c - Coupes géologiques structurales interprétatives du site d'Aureille
- Figure 48 - Carte des contraintes environnementales du secteur d'Aureille - Mouriès (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 49a - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du site de Mouriès
- Figure 49b - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du site d'Aureille
- Figure 50 - Carte géologique de la commune de Boulbon à l'échelle 1/50 000
- Figure 51 - Extrait du parcellaire cadastral de Boulbon
- Figure 52 - Coupe lithostratigraphique du secteur de la Montagnette
- Figure 53 - Carte géologique du secteur de Boulbon à l'échelle 1/12 500
- Figure 54 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur de Boulbon
- Figure 55 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur de Boulbon
- Figure 56 - Carte d'implantation du profil géophysique P1 sur le secteur de Boulbon
- Figure 57 - Carte d'implantation du profil géophysique P2 sur le secteur de Boulbon
- Figure 58 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Boulbon
- Figure 59 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Boulbon
- Figure 60 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Boulbon
- Figure 61 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Boulbon
- Figure 62 - Carte des contraintes environnementales du secteur de Boulbon (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 63 - Carte de localisation du secteur à reconnaître au sud de la faille F3 à Boulbon
- Figure 64 - Carte géologique de la commune de Fontvieille à l'échelle 1/50 000
- Figure 65 - Extrait du parcellaire cadastral de Fontvieille

- Figure 66 - Carte géologique du secteur de Fontvieille à l'échelle 1/12 500
- Figure 67 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur de Fontvieille
- Figure 68 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur de Fontvieille
- Figure 69 - Carte d'implantation des profils géophysiques P1 et P2 sur le secteur de Fontvieille
- Figure 70 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Fontvieille
- Figure 71 - Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Fontvieille
- Figure 72 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Fontvieille
- Figure 73 - Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Fontvieille
- Figure 74 - Carte des contraintes environnementales du secteur de Fontvieille (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 75 - Carte de localisation des sondages de reconnaissance du secteur de Fontvieille
- Figure 76 - Carte géologique de la commune de Graveson à l'échelle 1/50 000
- Figure 77 - Extrait du parcellaire cadastral de Graveson
- Figure 78 - Carte géologique du secteur de Graveson à l'échelle 1/12 500
- Figure 79 - Etude structurale sur photo aérienne du secteur de Graveson
- Figure 80 - Coupe géologique structurale interprétative du secteur de Graveson
- Figure 81 - Carte des contraintes environnementales du secteur de Graveson - Maillane (d'après la carte IGN à l'échelle 1/25 000)
- Figure 82 - Carte de localisation du sondage de reconnaissance du secteur de Graveson
- Figure 83 - Carte de localisation synthétique des sondages de reconnaissance retenus

#### Liste des annexes

- Annexe 1 - Méthodologie de l'Imagerie Electrique
- Annexe 2 - Légendes des cartes géologiques
- Annexe 3 - Relevés de propriété réalisés sur les secteurs étudiés
- Annexe 4 - Commune de Saint-Rémy-de-Provence - Prospection géophysique - BRPG Août 2007
- Annexe 5 - Commune de Boulbon - Prospection géophysique - BRPG Août 2007
- Annexe 6 - Commune de Fontvieille - Prospection géophysique - BRPG Août 2007

## Figures

## Figures

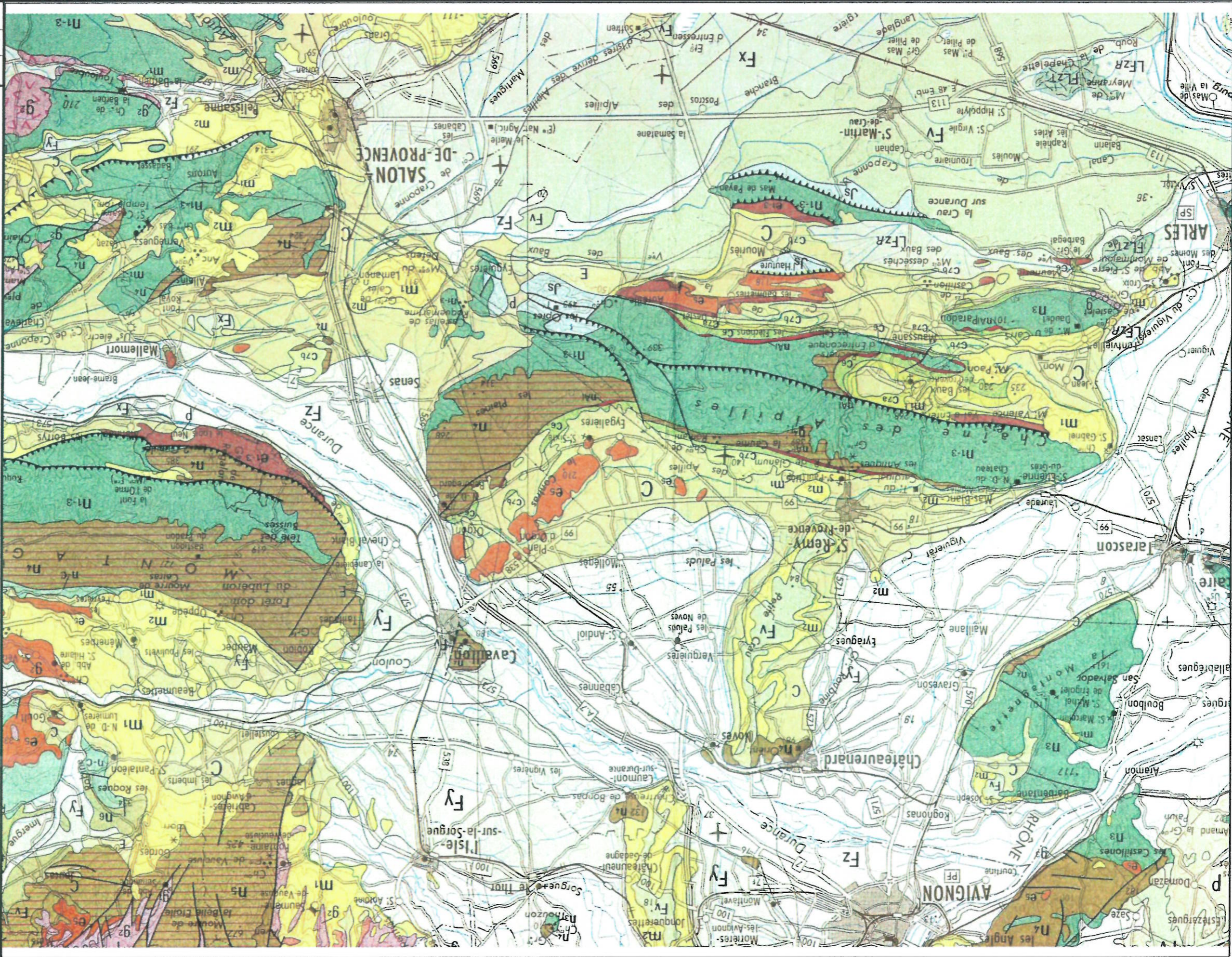


Figure 1  
Carte de localisation de la zone d'étude  
Echelle - 1 / 200 000

Légende

 Limites communales

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Voir légende en annexe

Echelle 1 / 250 000

Figure 2  
Carte du contexte géologique régional  
d'après la carte du BRGM

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARF060199		

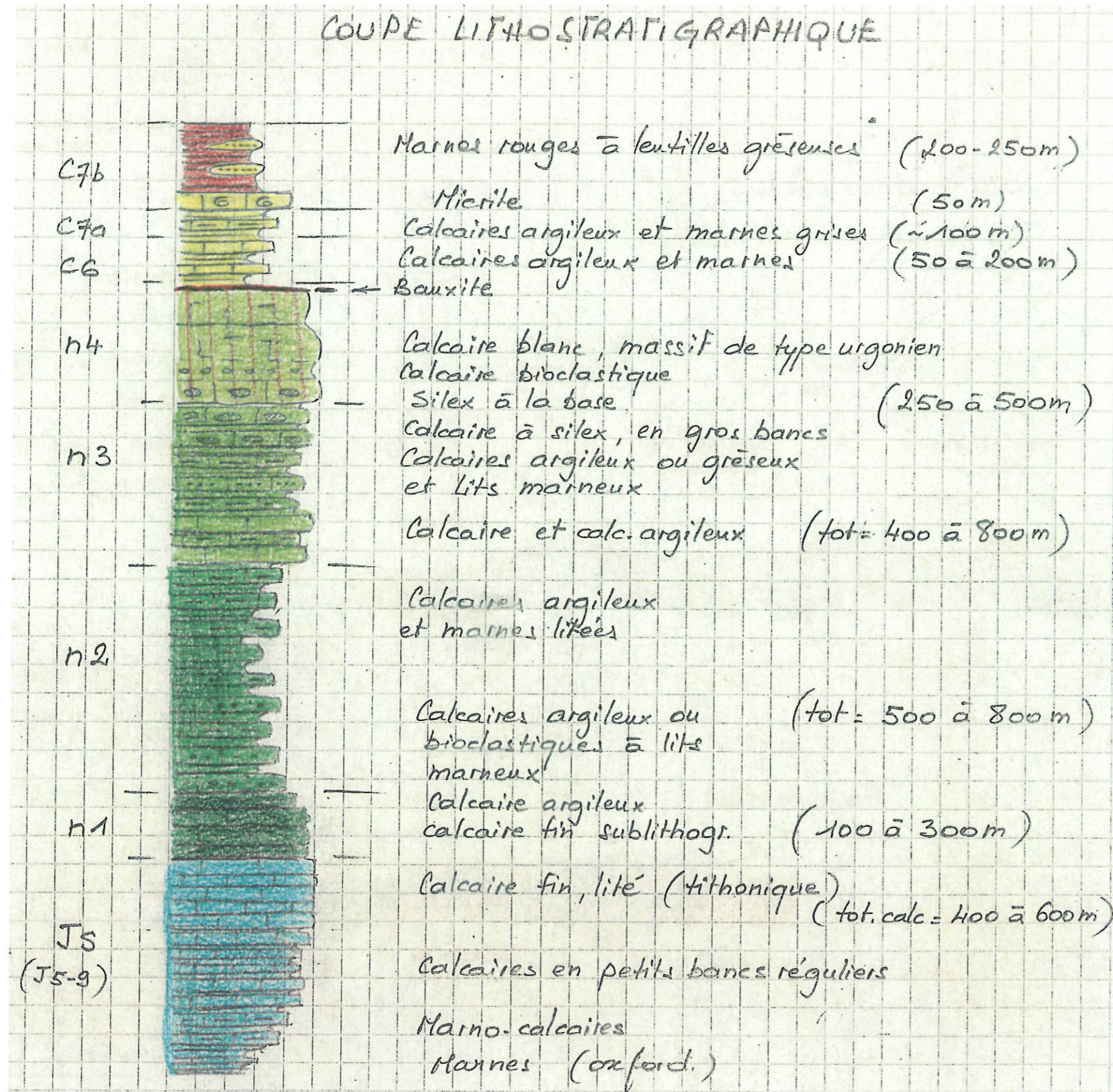


Figure 3

Coupe lithostratigraphique générale



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Coupes géologiques structurales interprétatives générales

Figure 4

- Légende
- Cs Crétacé supérieur
  - n4u Urgonien
  - n3 Hauterivien
  - n2 Valanginien
  - n1 Berrassien
  - M Miocène

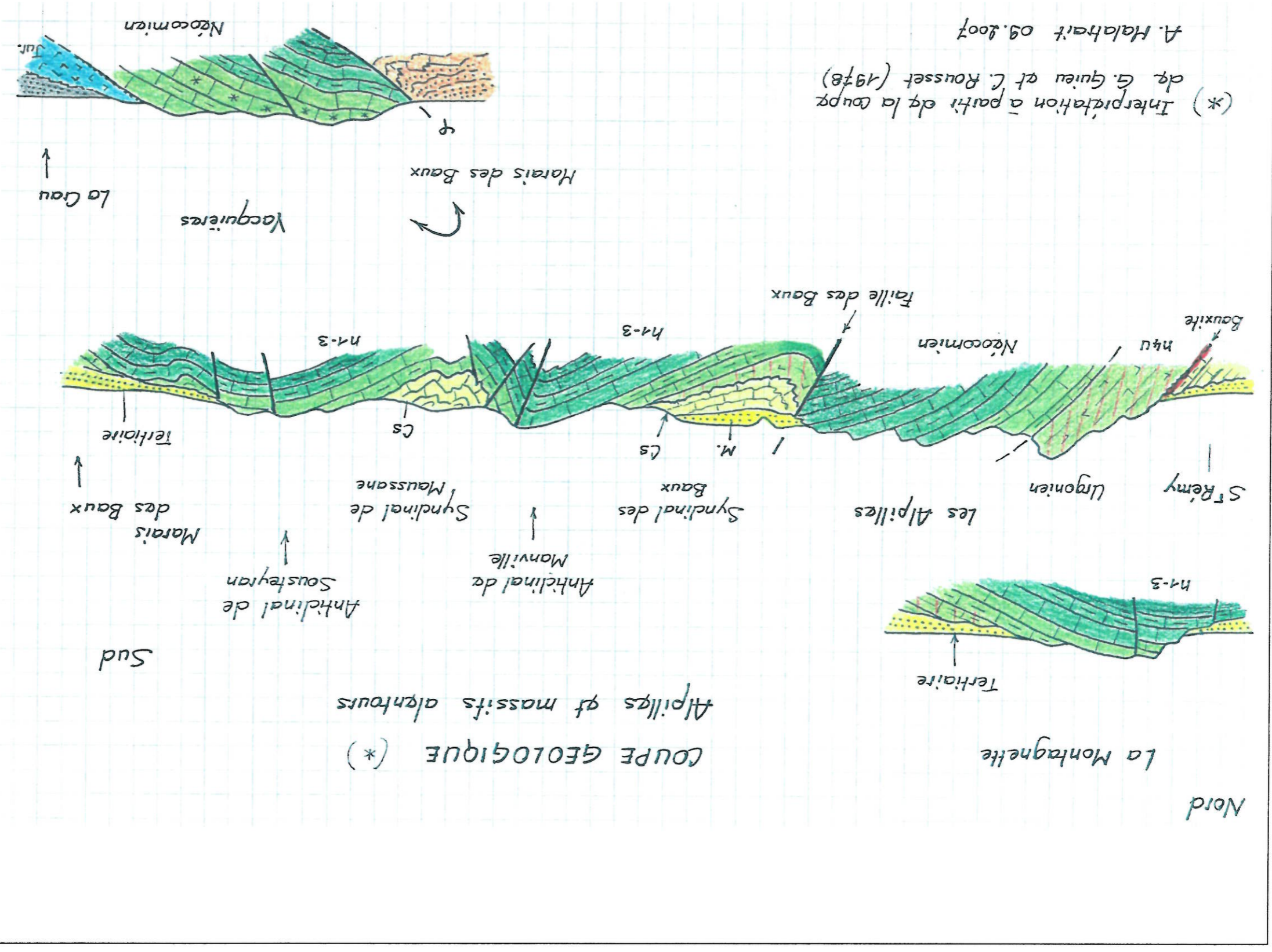




Figure 5  
Carte géologique  
Commune d'Eyguières  
Echelle - 1 / 50 000

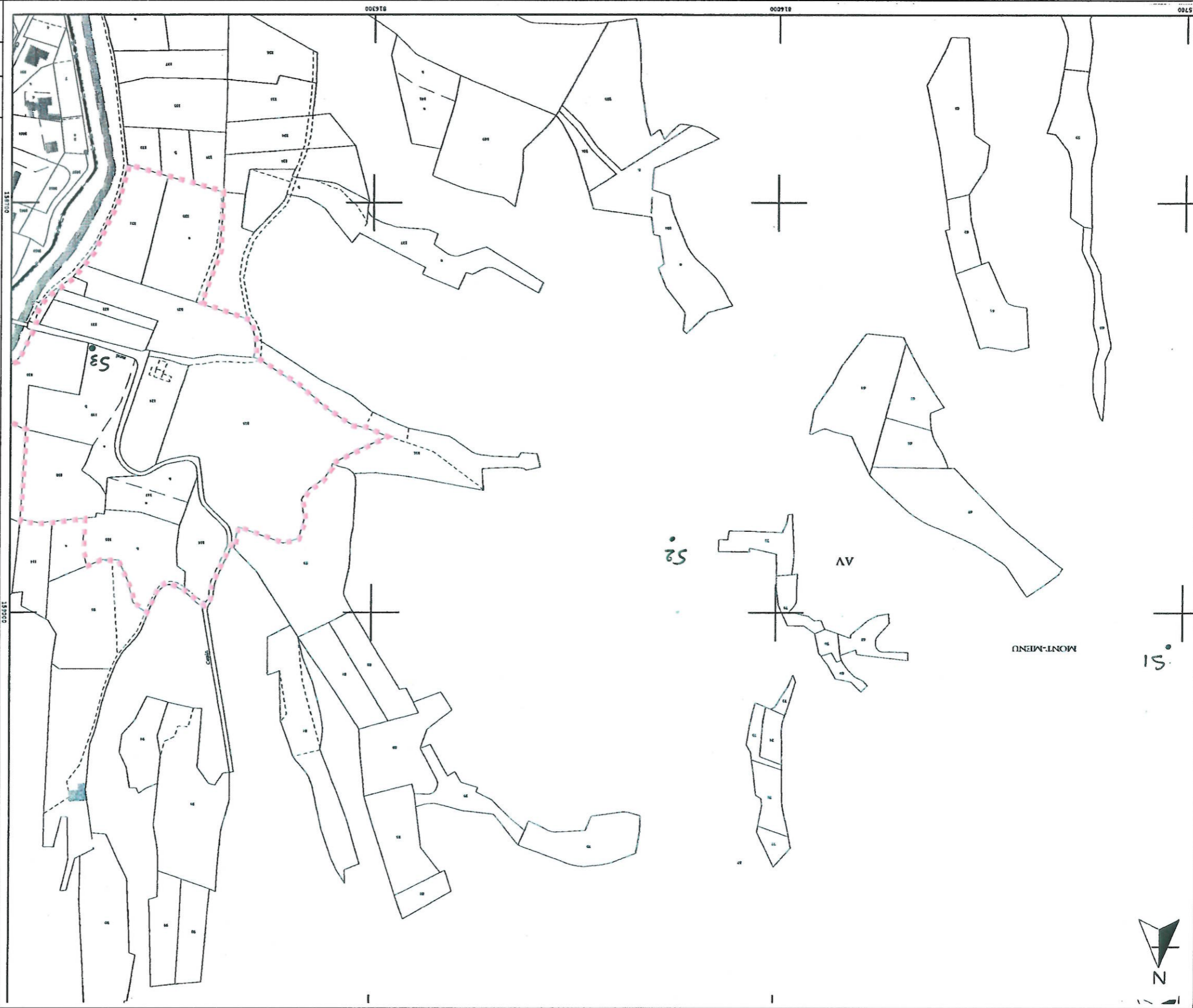
Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, inc)
- ⊕ Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARP060199		

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites



Zone d'étude retenue + parcelle communale n° 56

Echelle 1 / 3 000

Extrait du parcellaire cadastral d'Eyguières  
Section AV

Figure 6

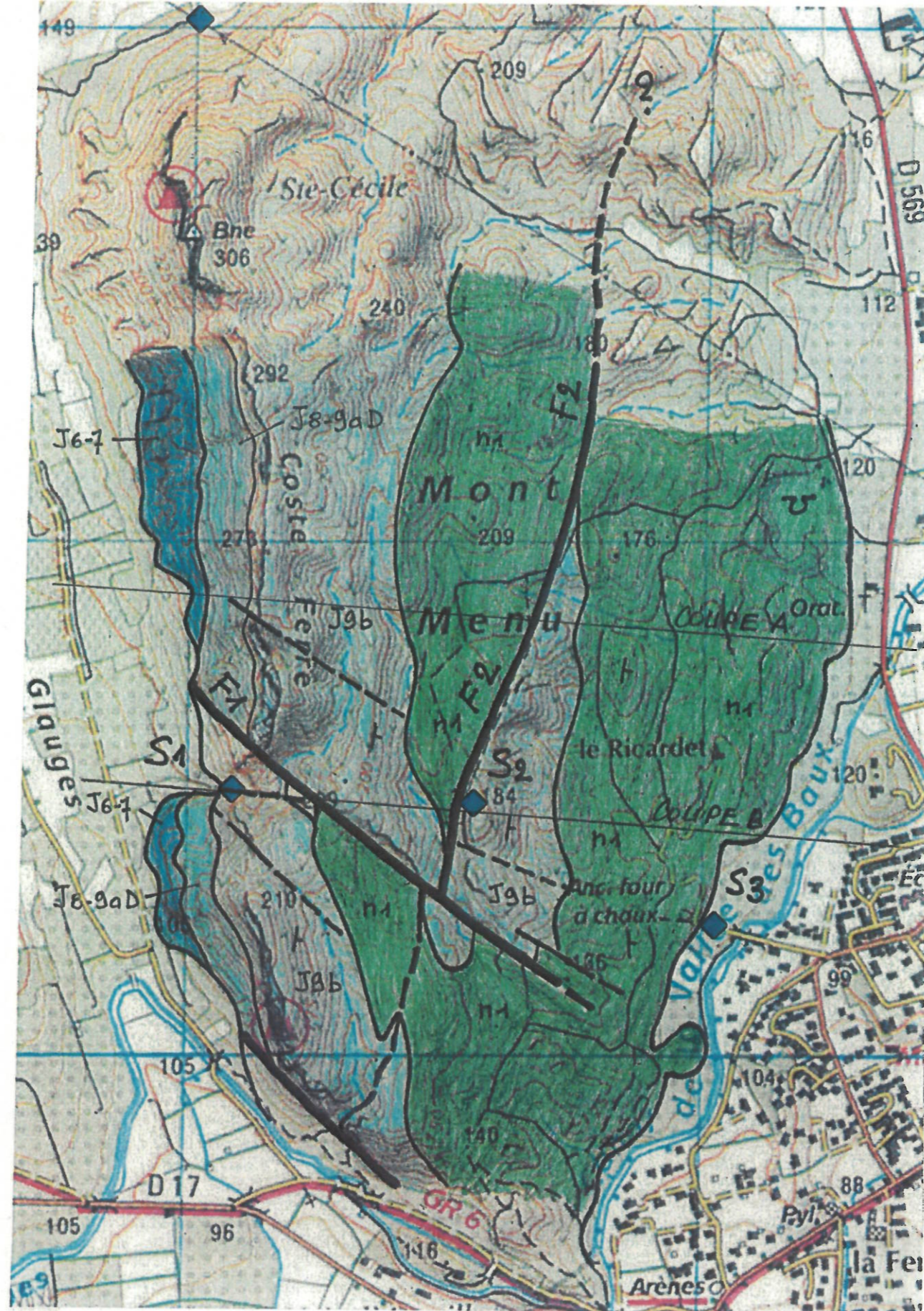


Figure 7

Carte géologique du secteur d'Eyguières



Légende

- n1 Berriasien
- J9b Portlandien
- J8-9 Kimméridgien
- J6-7 Oxfordien



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur d'Eyguières

Figure 8



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

COURTES GÉOLOGIQUES

1 : 12500

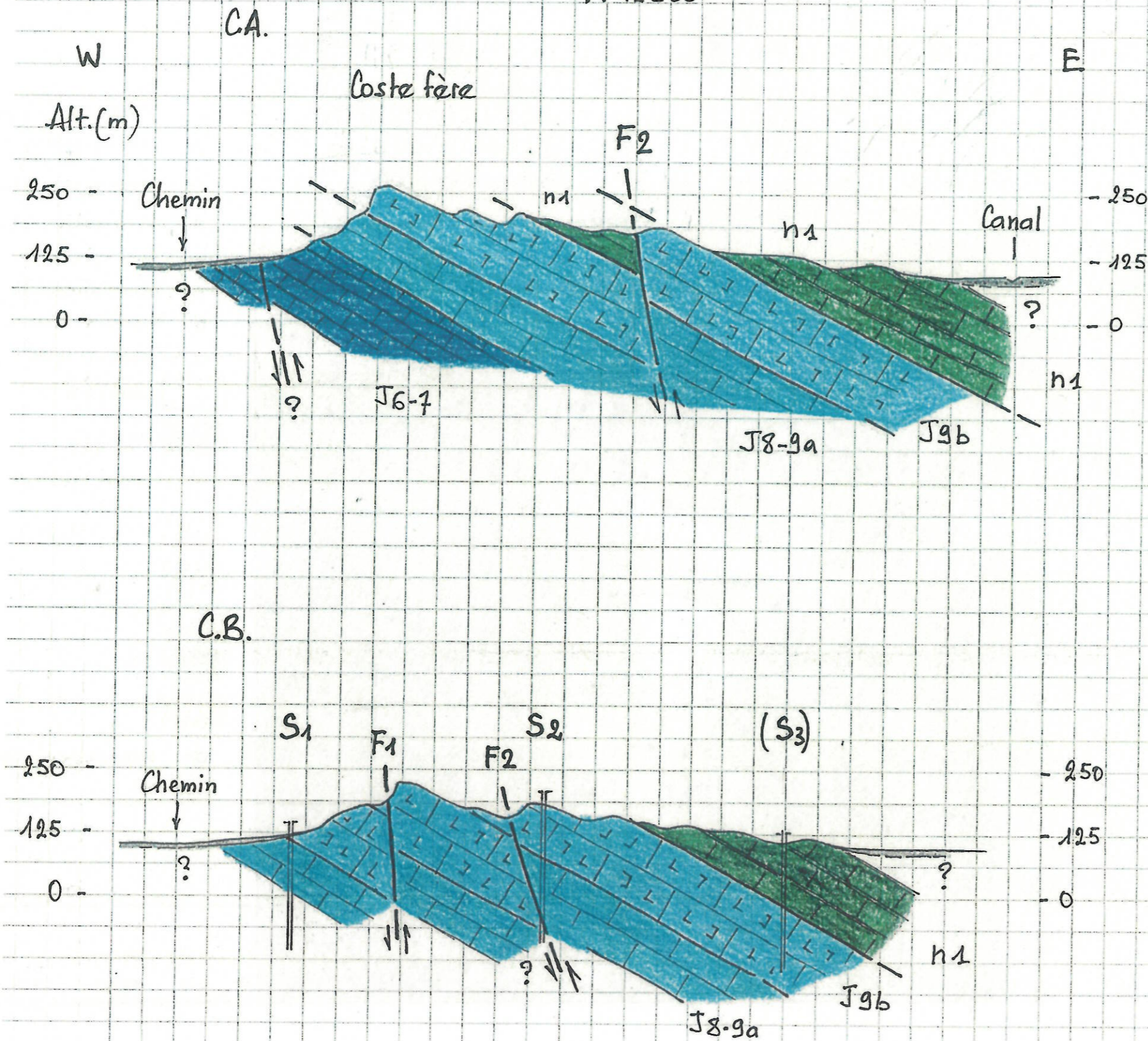


Figure 9

Coupes géologiques structurales interprétatives du secteur d'Eyguières

Légende

- n1 Berriasien
- J9b Portlandien
- J8-9a Kimméridgien
- J6-7 Oxfordien



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

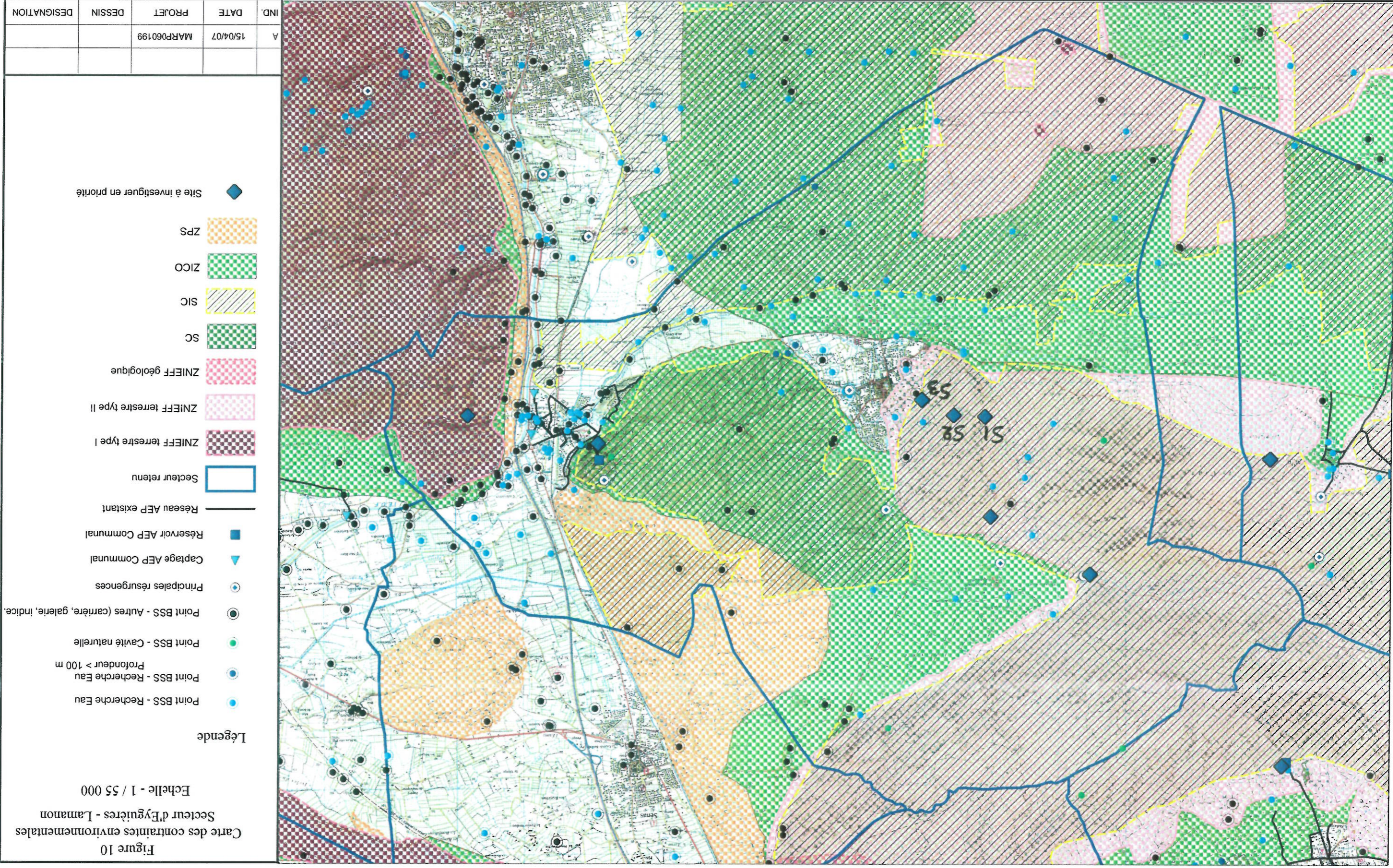




Figure 11  
Carte de localisation  
des sondages de reconnaissance  
Secteur d'Eyguières - Lamanon

Echelle - 1 / 5 000

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

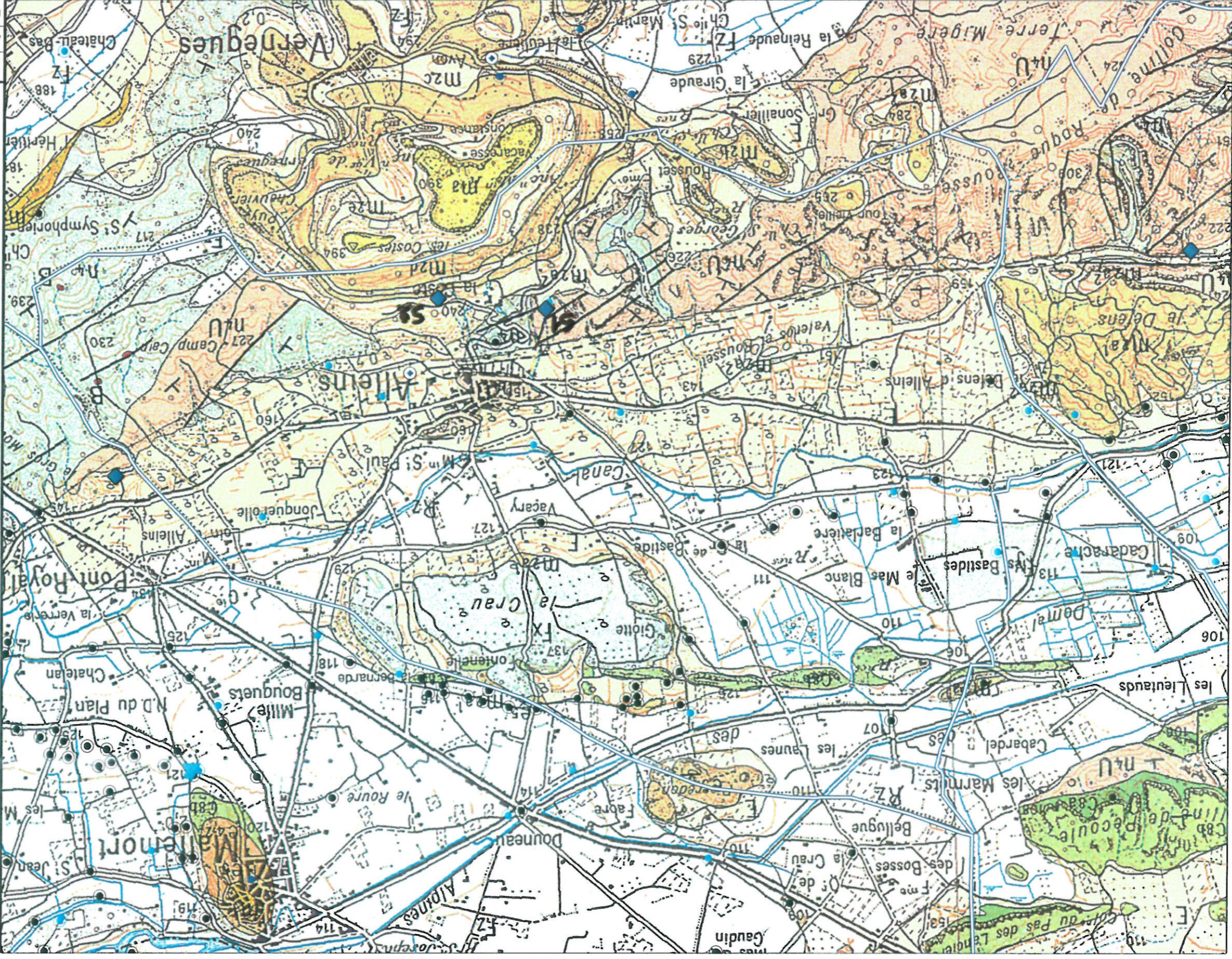


Figure 12  
Carte géologique  
Commune d'Allèins  
Echelle - 1 / 25 000

- Légende
- Point BSS - Recherche Eau
  - Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
  - Point BSS - Cavités naturelles
  - Point BSS - Autres (carrière, galerie, indic
  - Principales résurgences
  - ◆ Site à investiguer en priorité
  - Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARPO60199		

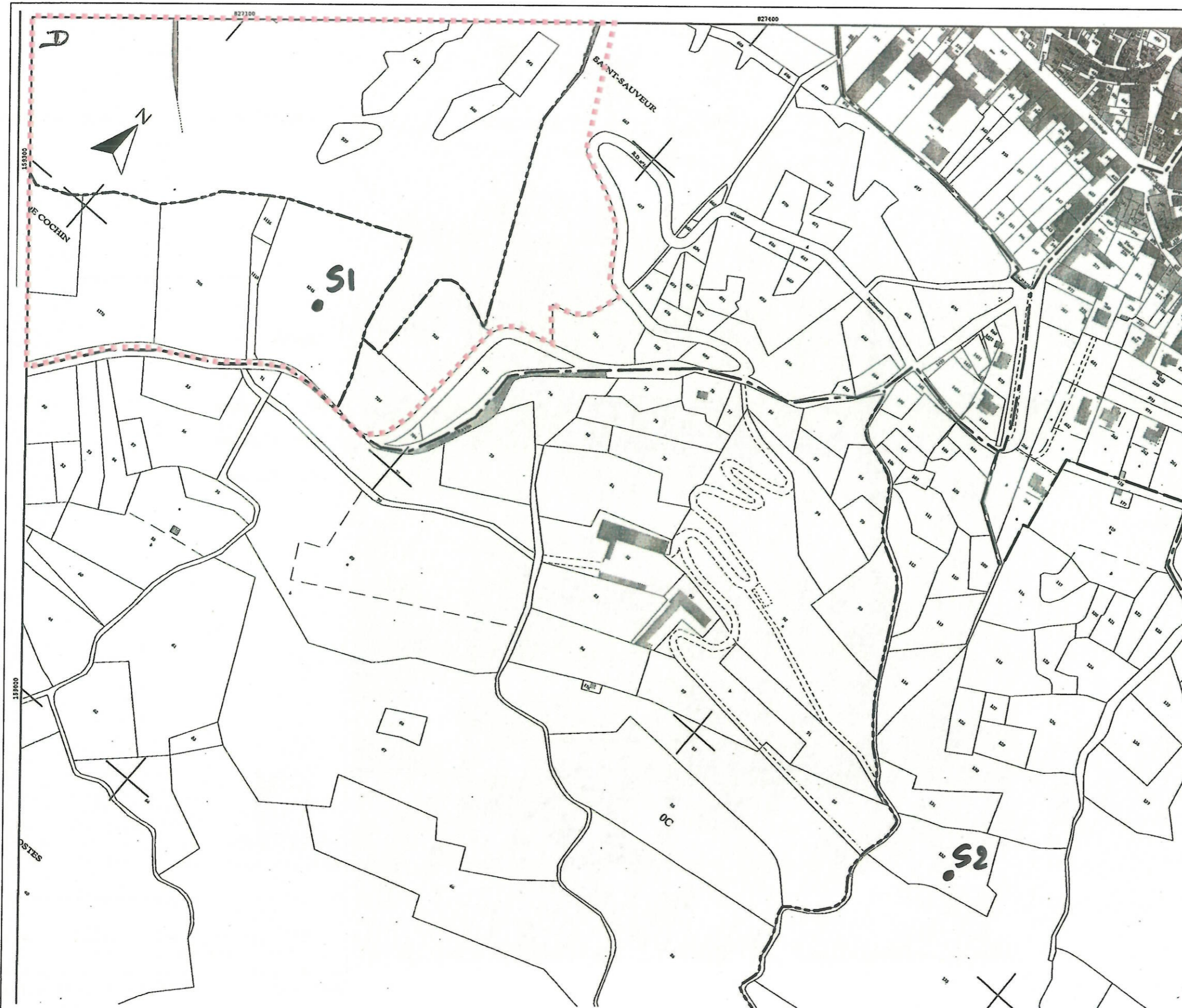


Figure 13

Extrait du parcellaire cadastral d'Alleins  
Section D

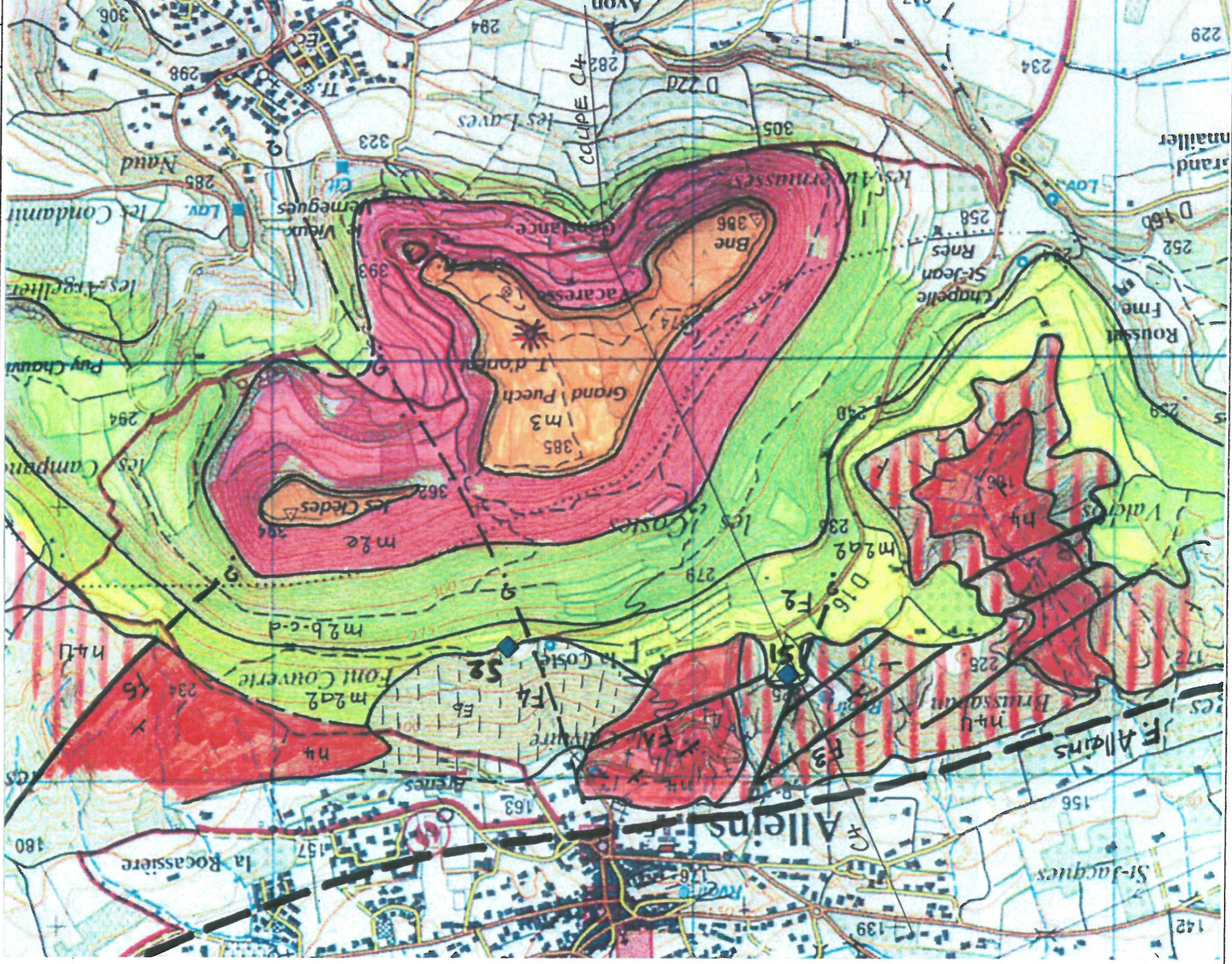
Echelle 1 / 3 000

----- Zone d'étude retenue



A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



- Légende
- m3 Tortorien
  - m2 Helvétien
  - n4U Urgonien
  - n4 Barrémien



Carte géologique du secteur d'Allègres - Mallemort

Figure 14

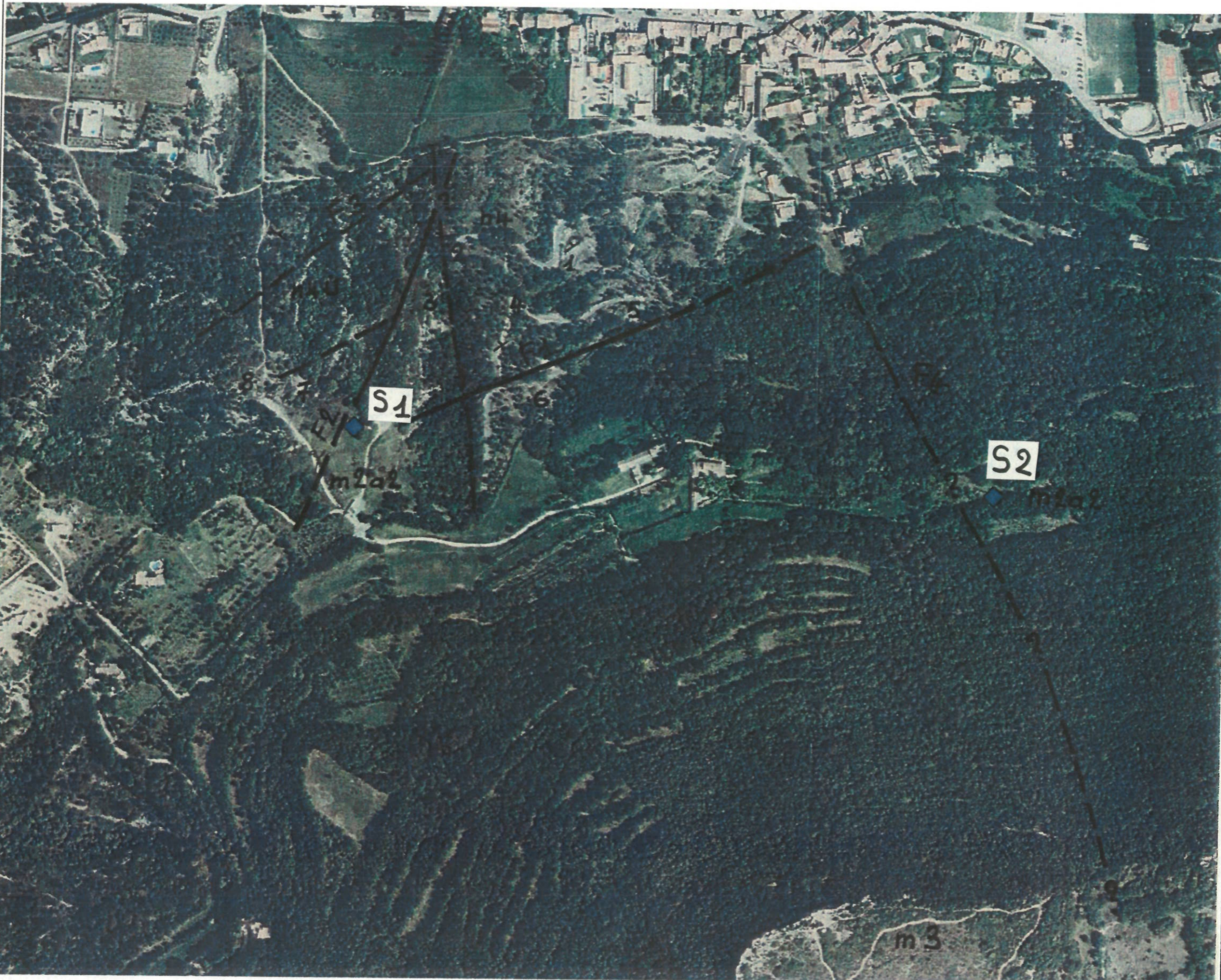


Figure 15

Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur d'Alleins - Mallemort



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Figure 16

Coupe géologique structurale interprétative  
du secteur d'Alléins-Mallermort

Légende

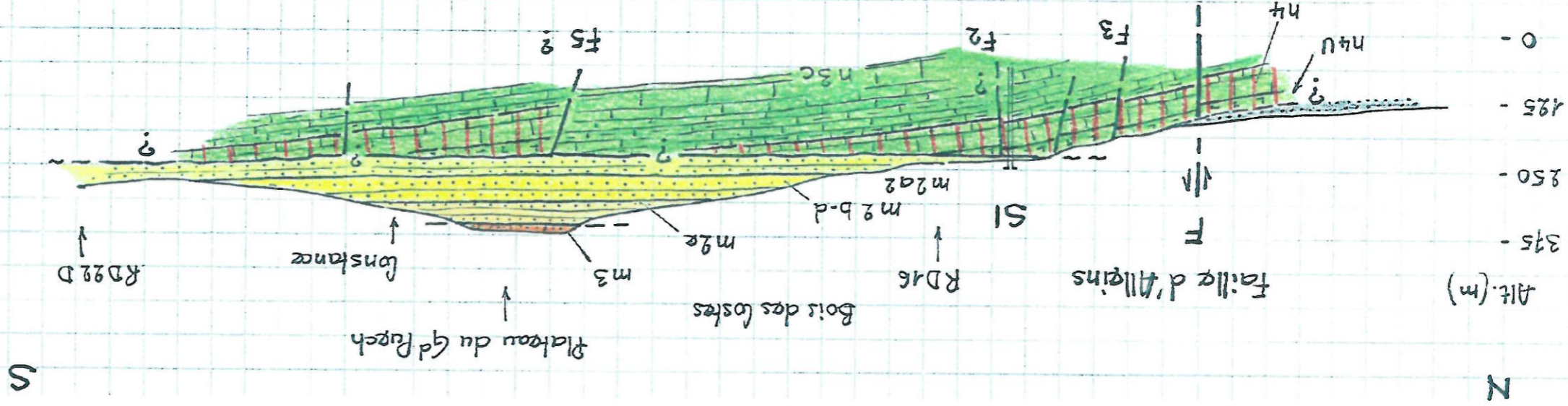
m3 Tortonien

m2 Helvétien

n4U Urgonien

n4 Barremien

n3 Hauterivien



COUPE GÉOLOGIQUE du MASSIF des COSTES - Gd PUECH  
1 : 12500



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARPO60199		

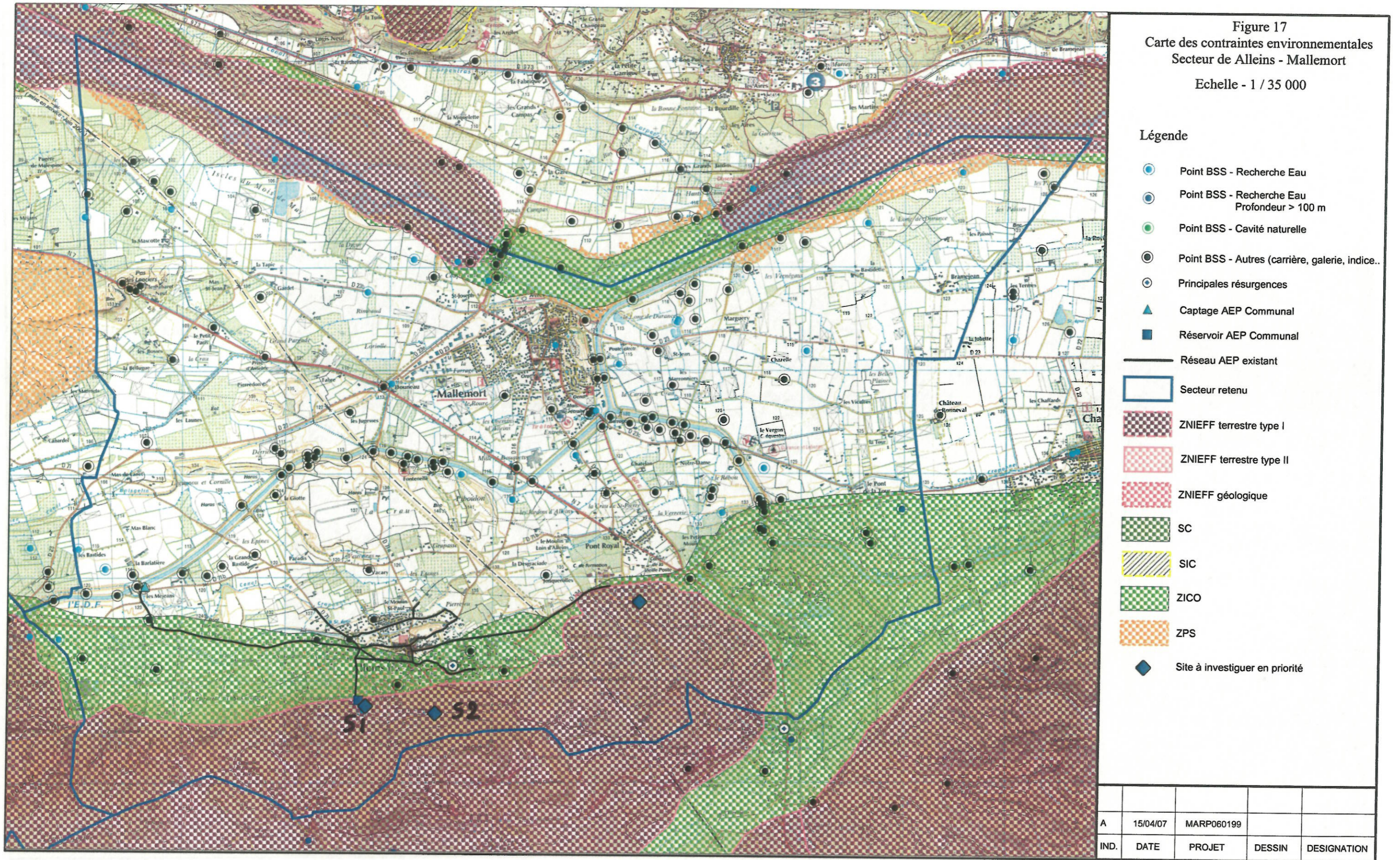




Figure 18  
Carte de localisation  
des sondages de reconnaissance  
Secteur d'Alleins - Mallemort

Echelle - 1 / 7 500

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Figure 19 - Carte géologique  
Commune de Saint Rémy de Provence

Echelle - 1 / 50 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice...)
- ⊕ Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

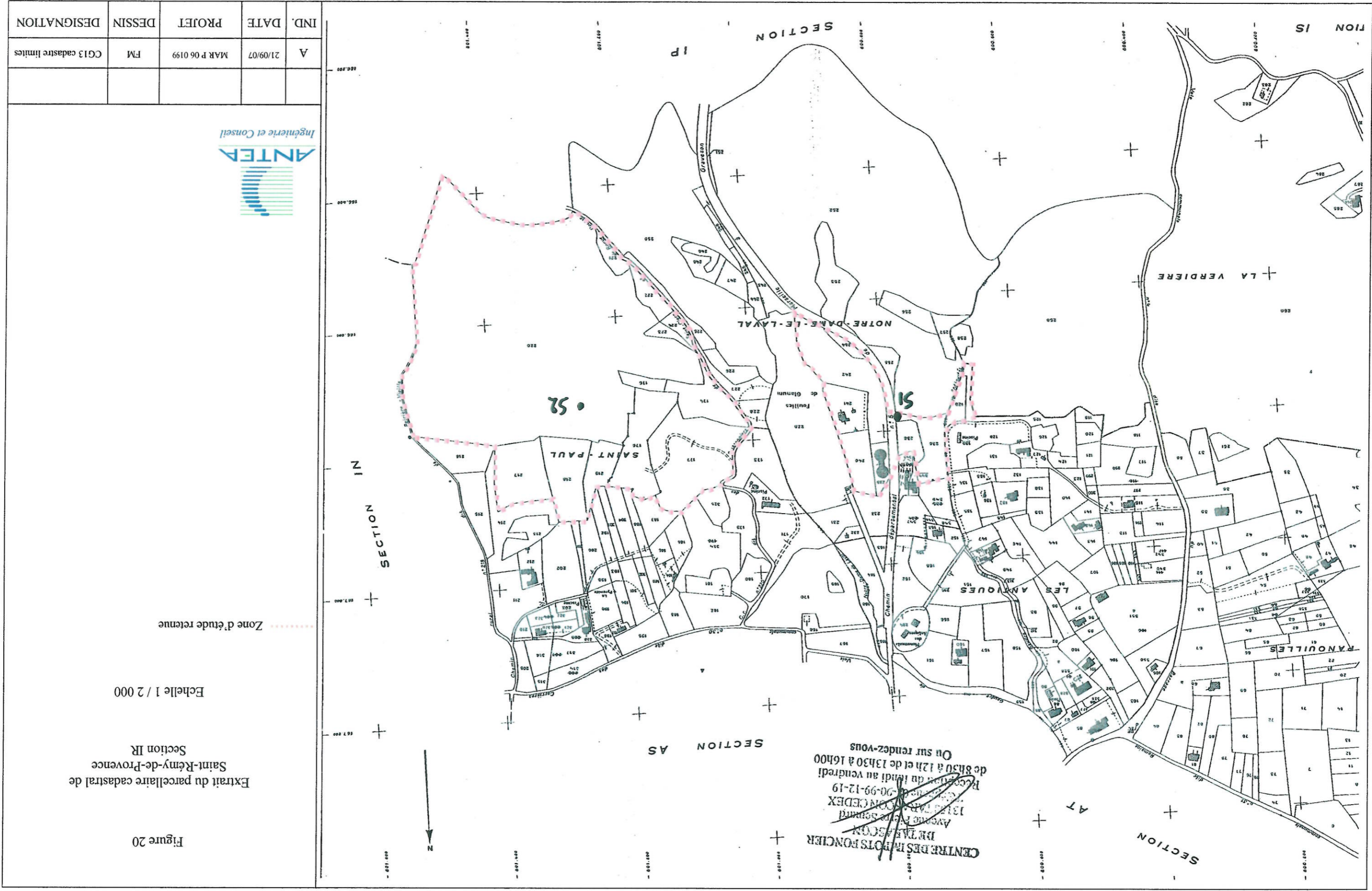


Figure 20

Extrait du parcellaire cadastral de  
Saint-Rémy-de-Provence  
Section IR

Echelle 1 / 2 000

Zone d'étude retenue



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

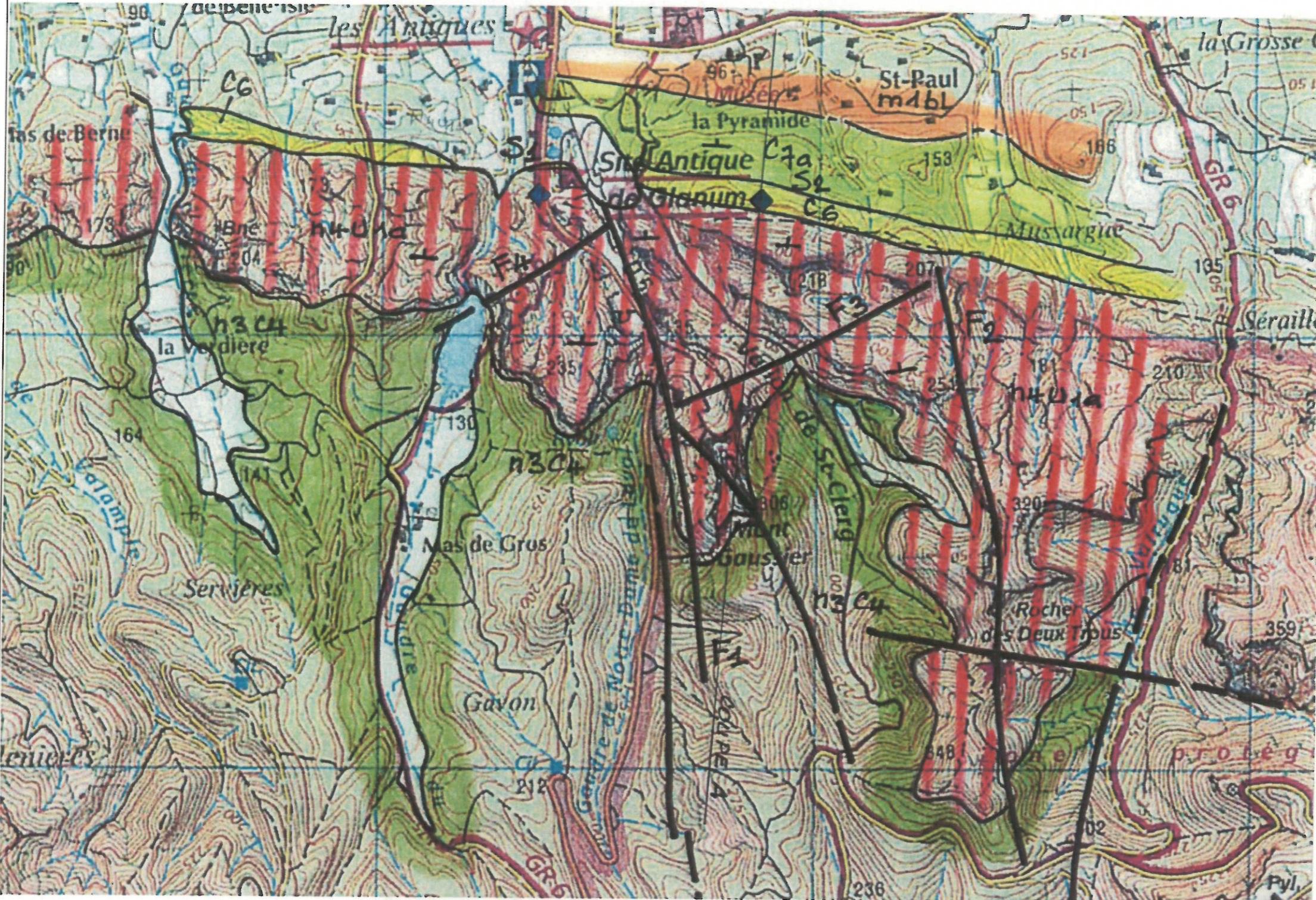


Figure 21

Carte géologique du secteur de Saint-Rémy-de-Provence

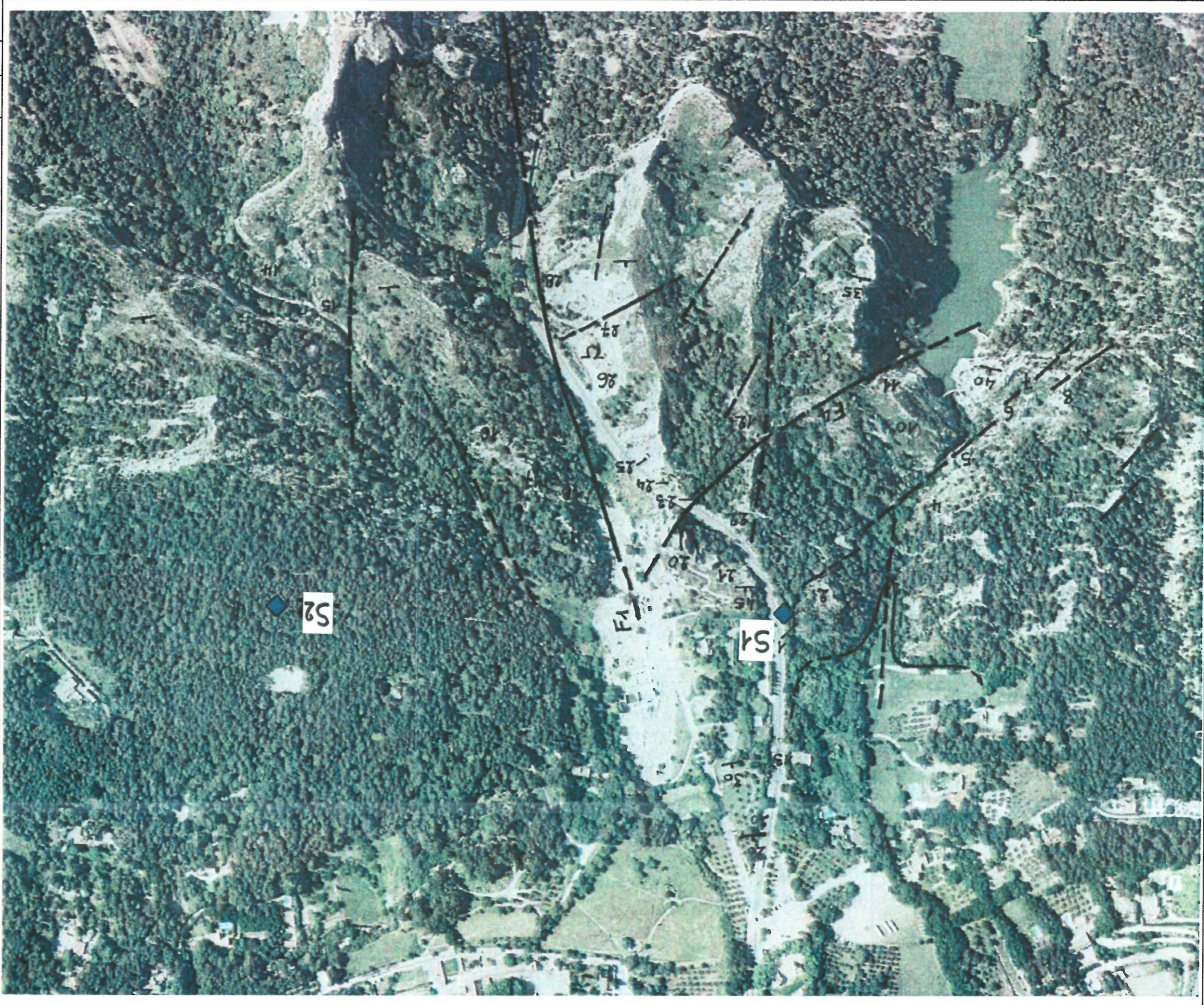
0 m 500 m

Légende

- m1 Burdigalien
- C7 Rognacien
- C6 Valdo-fuvélien
- n4U Urgonien
- n3 Hauterivien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



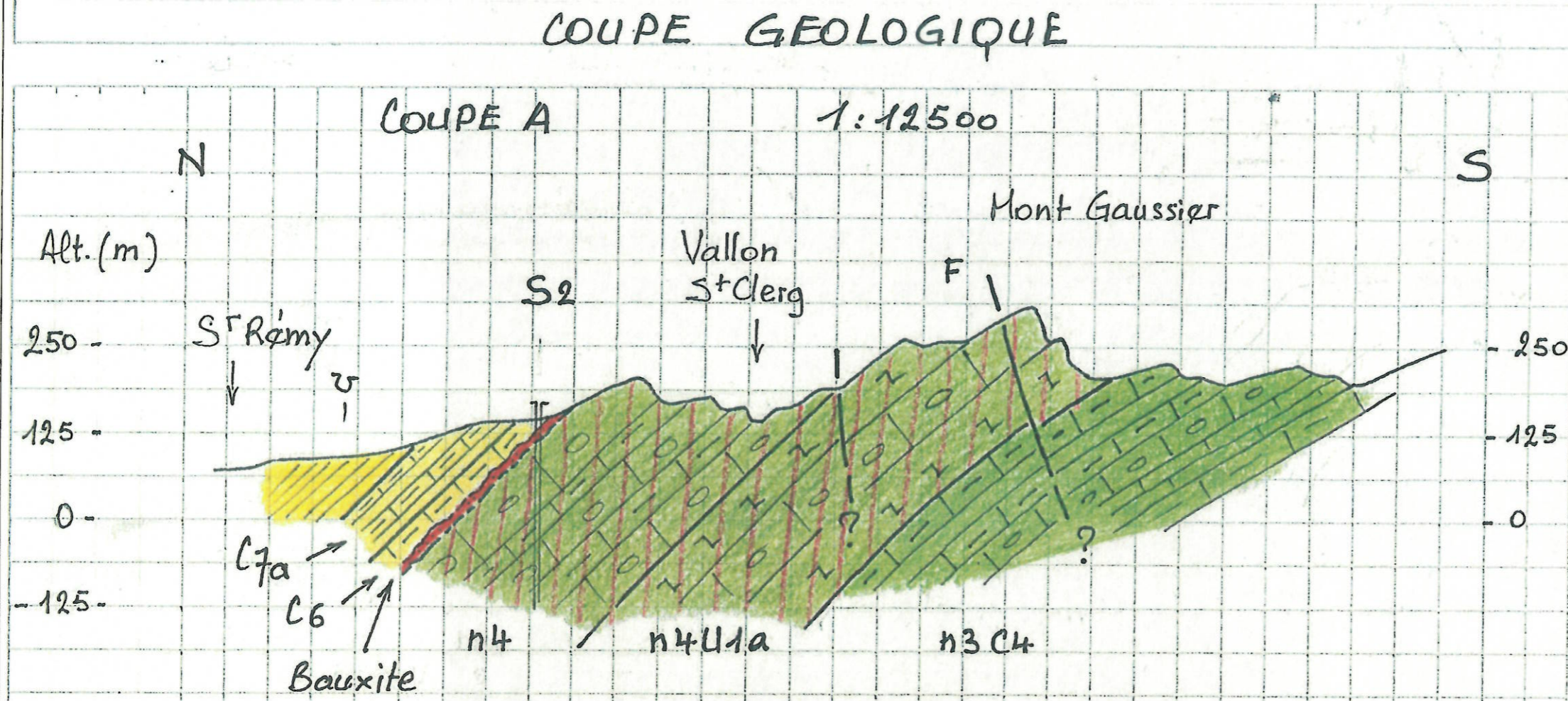
Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur de Saint-Rémy de Provence

Figure 22

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARPO60199		

Figure 23

Coupe géologique structurale interprétative  
du secteur de Saint-Rémy-de-Provence



Légende

- C7 Rognacien
- C6 Valdo-fuvélien
- n4 Barrémien
- n4U Urgonien
- n3 Hauterivien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Carte d'implantation du profil géophysique P1 sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence

Figure 24

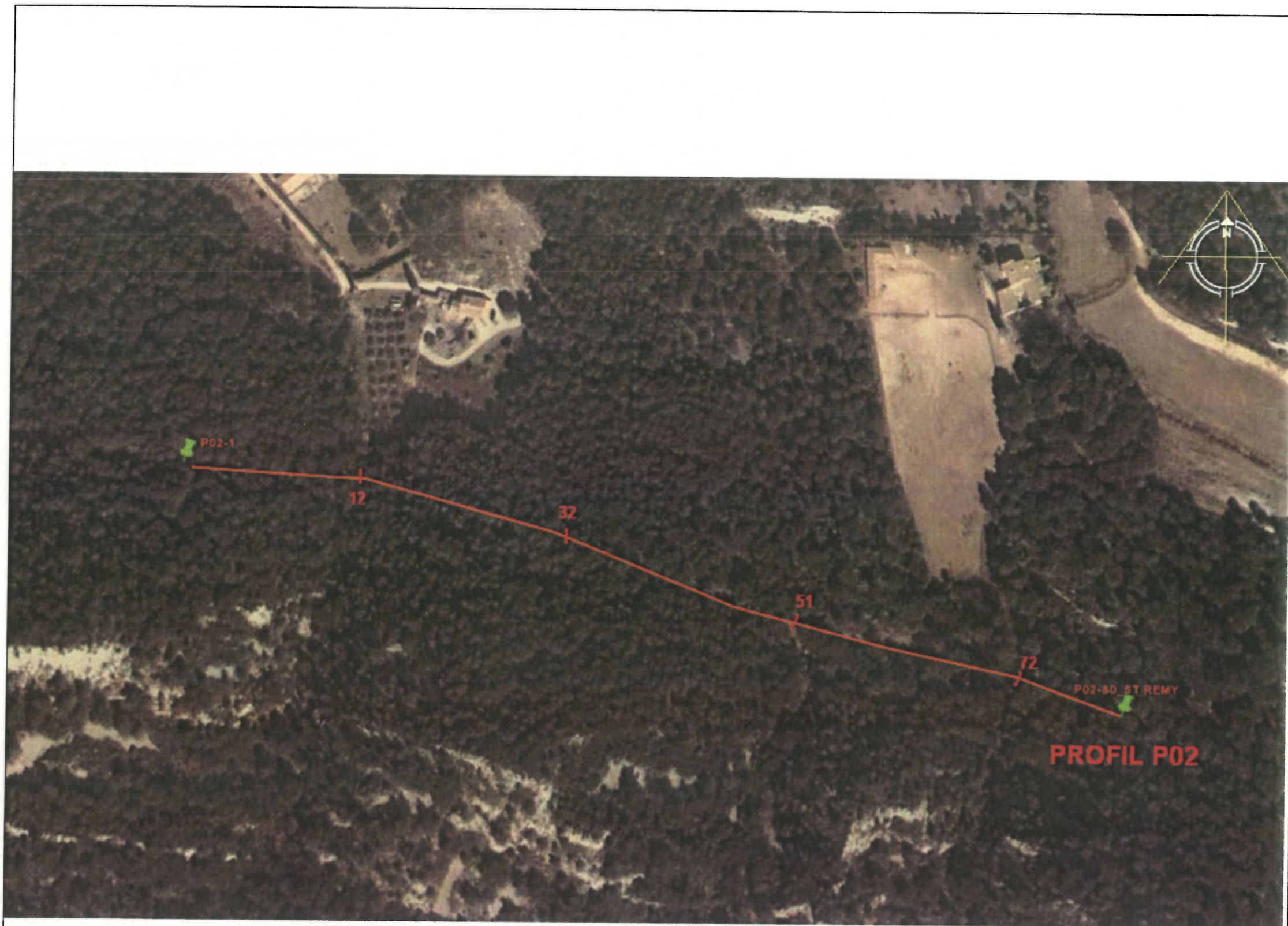


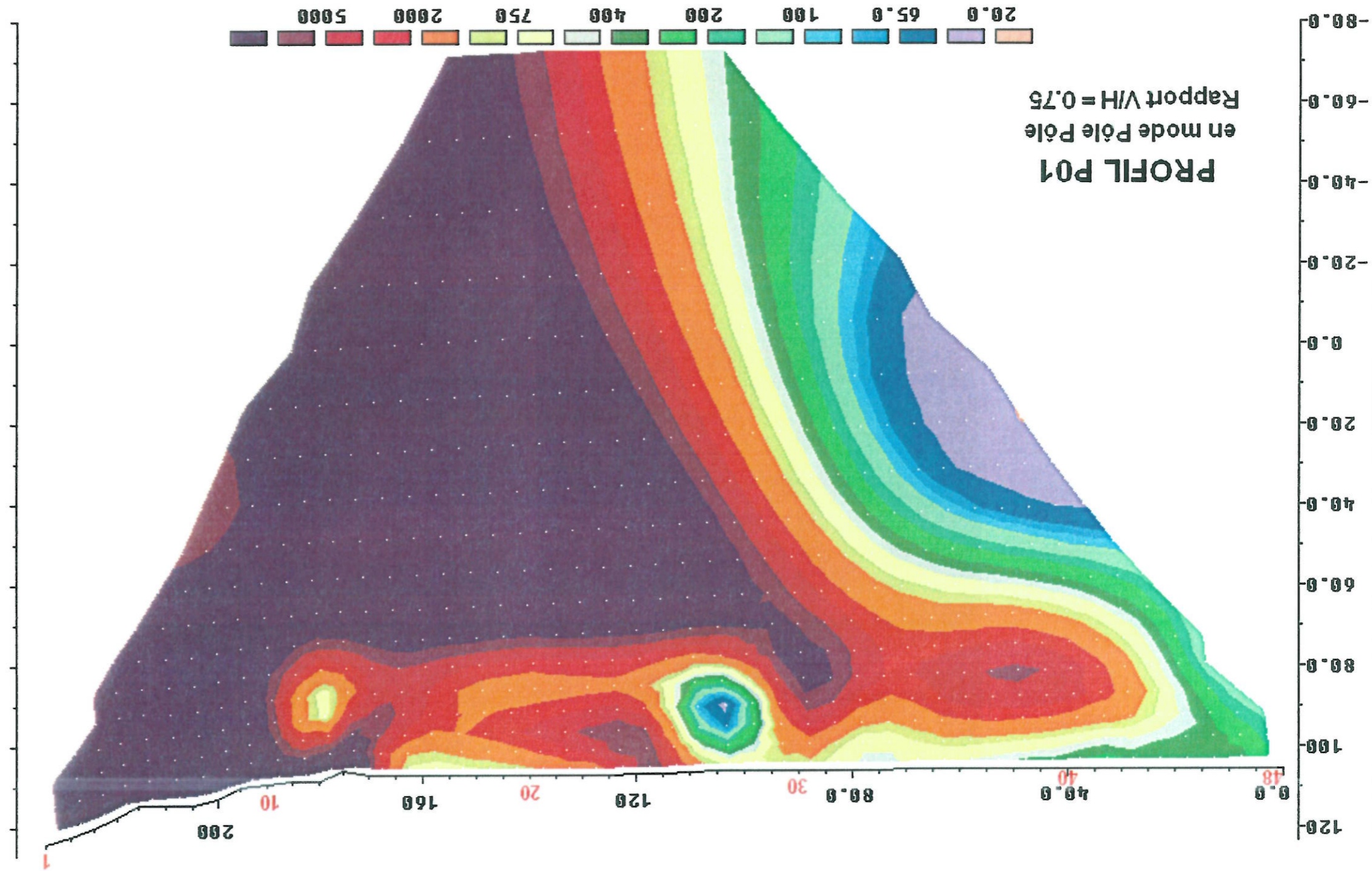
Figure 25

Carte d'implantation du profil géophysique P2  
sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

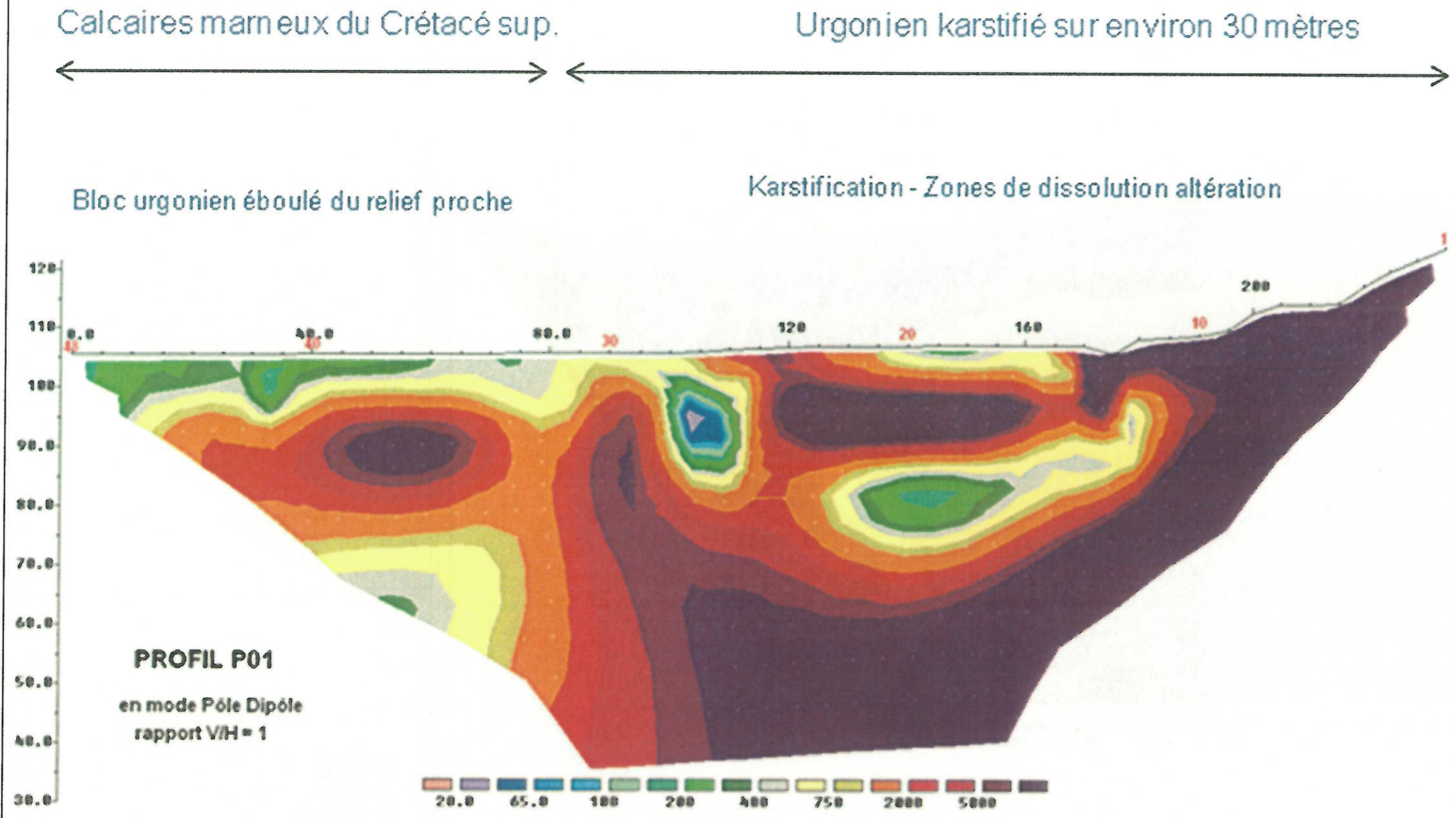


Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence

Figure 26

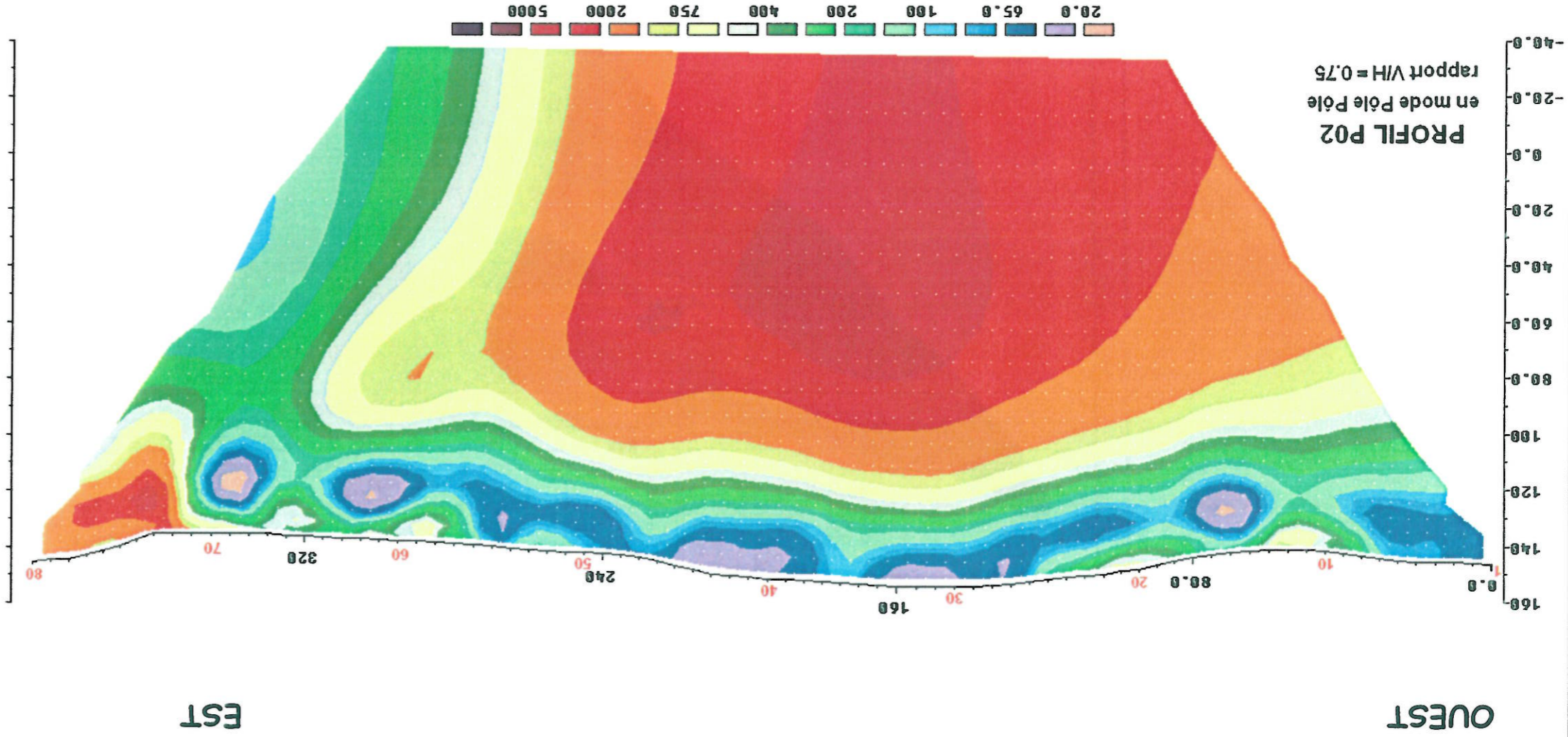
Figure 27

Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence

Figure 28

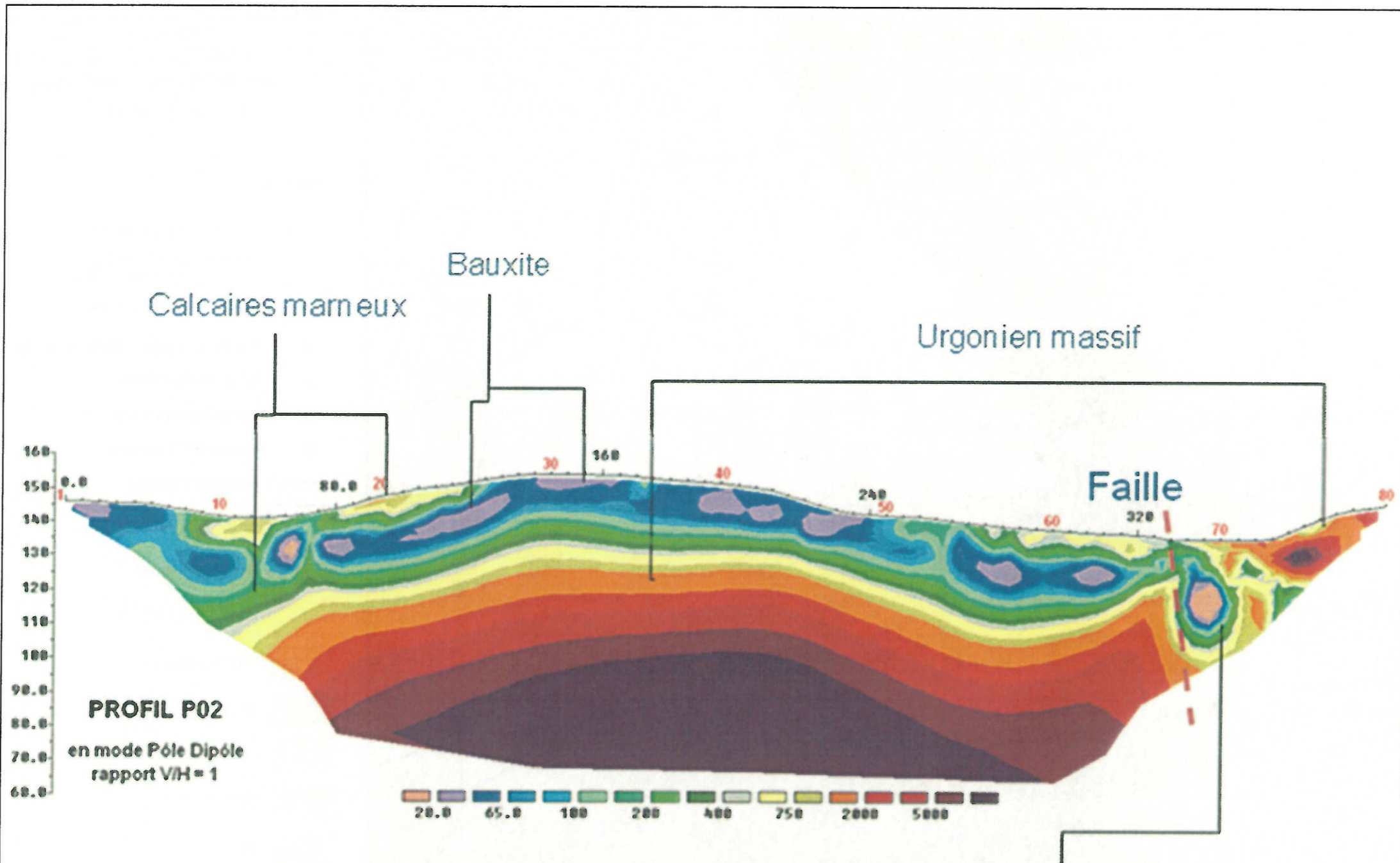


Figure 29

Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Saint-Rémy-de-Provence

Zone d'altération et de fracturation favorisant  
Les circulations des eaux souterraines  
en profondeur



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

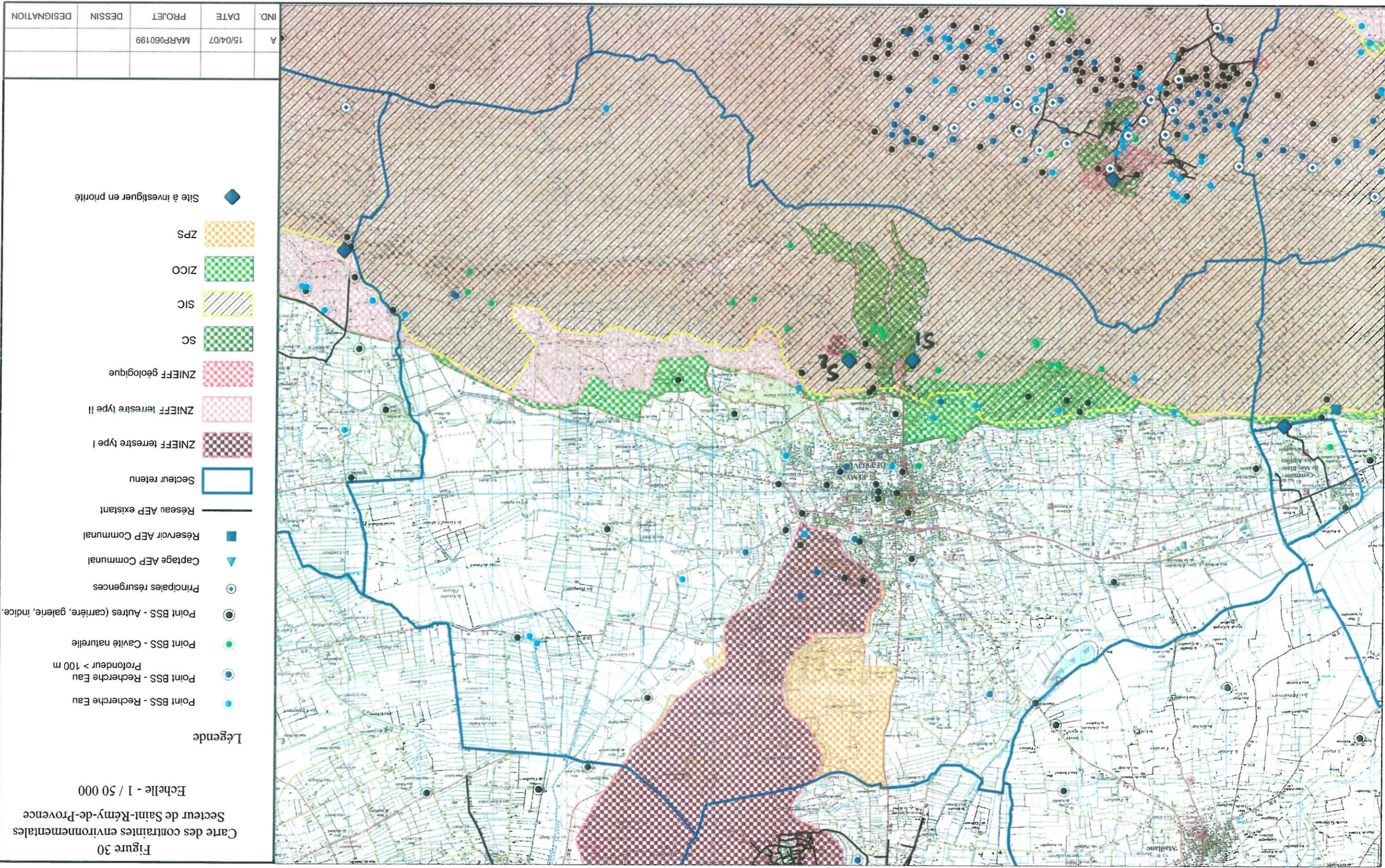




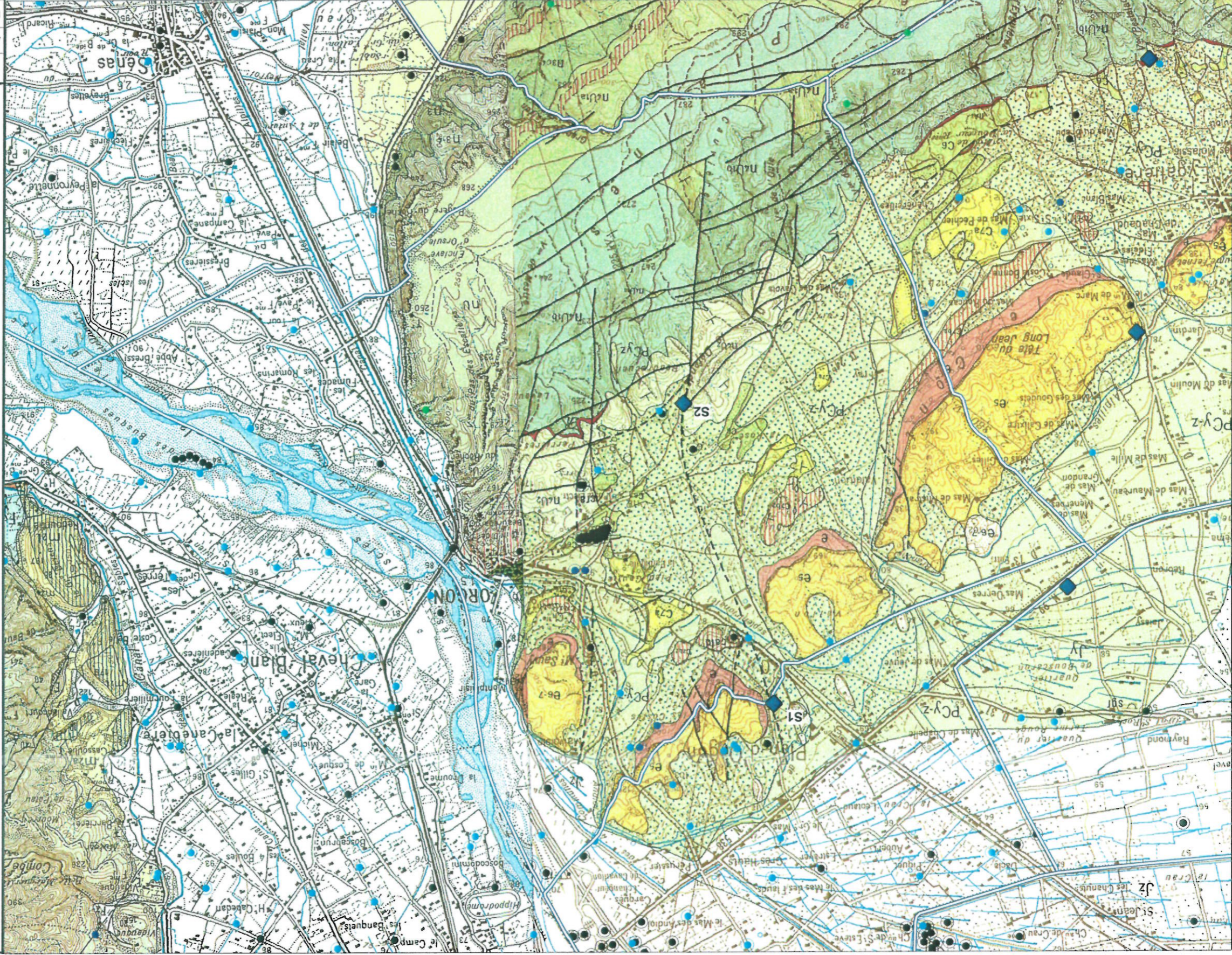
Figure 31  
Carte de localisation  
des sondages de reconnaissance  
Secteur de Saint-Rémy-de-Provence

Echelle - 1 / 7 500

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARPO60199		

Voir légende de la carte géologique en annexe

- Légende**
- Point BSS - Recherche Eau
  - Point BSS - Recherche Eau > 100 m
  - Point BSS - Cavités naturelles
  - Point BSS - Autres (carrère, galène, indice...)
  - ⊙ Principales résurgences
  - ◆ Site à investiguer en priorité
  - Limite communale

Figure 32  
Carte géologique  
Commune d'Orgon  
Echelle - 1 / 40 000

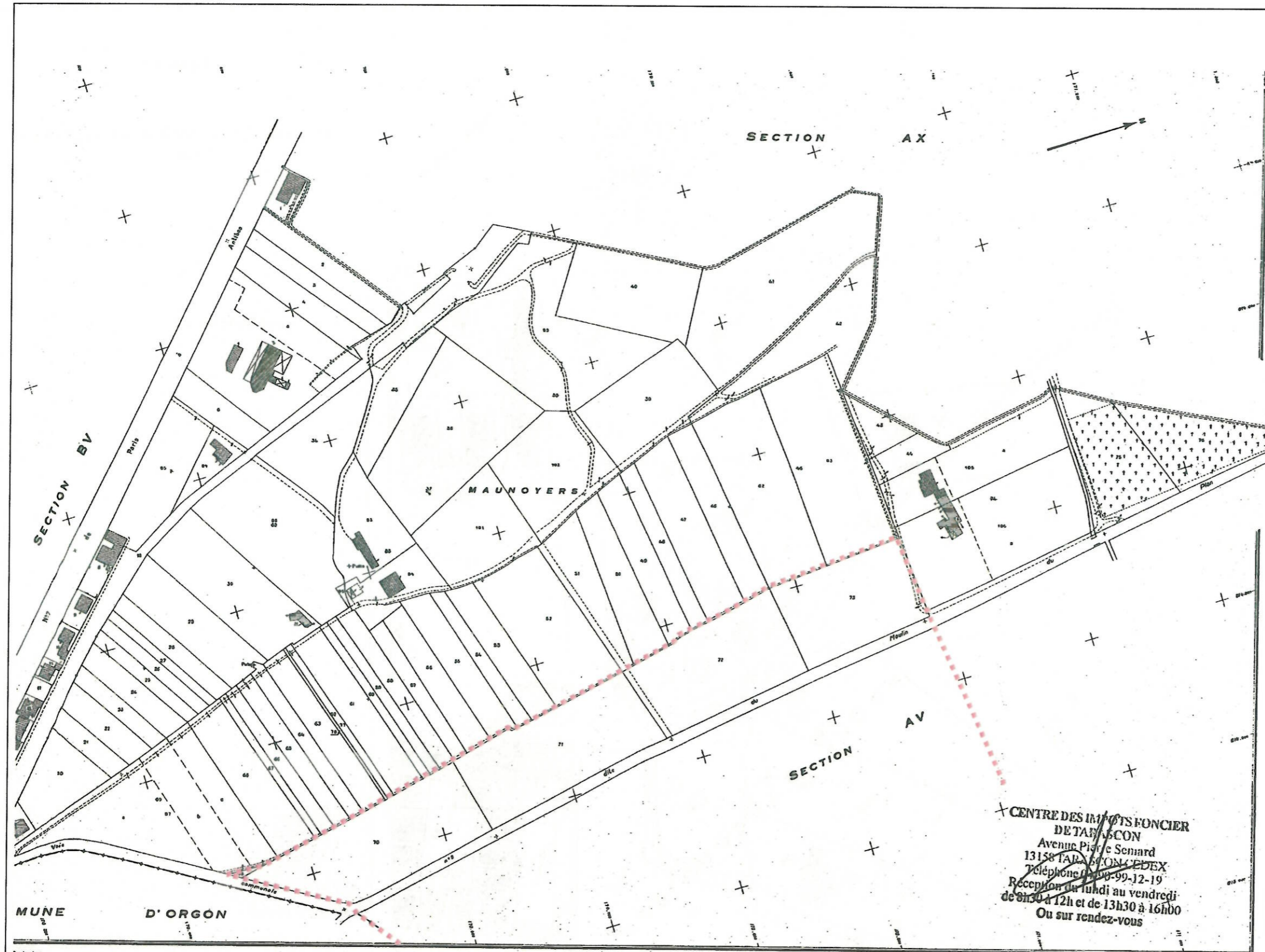


Figure 33a

Extrait du parcellaire cadastral de Plan d'Orgon  
Section AW

Echelle 1 / 2 000

----- Zone d'étude retenue

CENTRE DES IMMOBILITÉS FONCIÈRES  
DE TARNUSCON  
Avenue Pierre Semard  
13158 TARNUSCON CEDEX  
Téléphone 04 90 99 12 19  
Réception du lundi au vendredi  
de 8h30 à 12h et de 13h30 à 16h00  
Ou sur rendez-vous

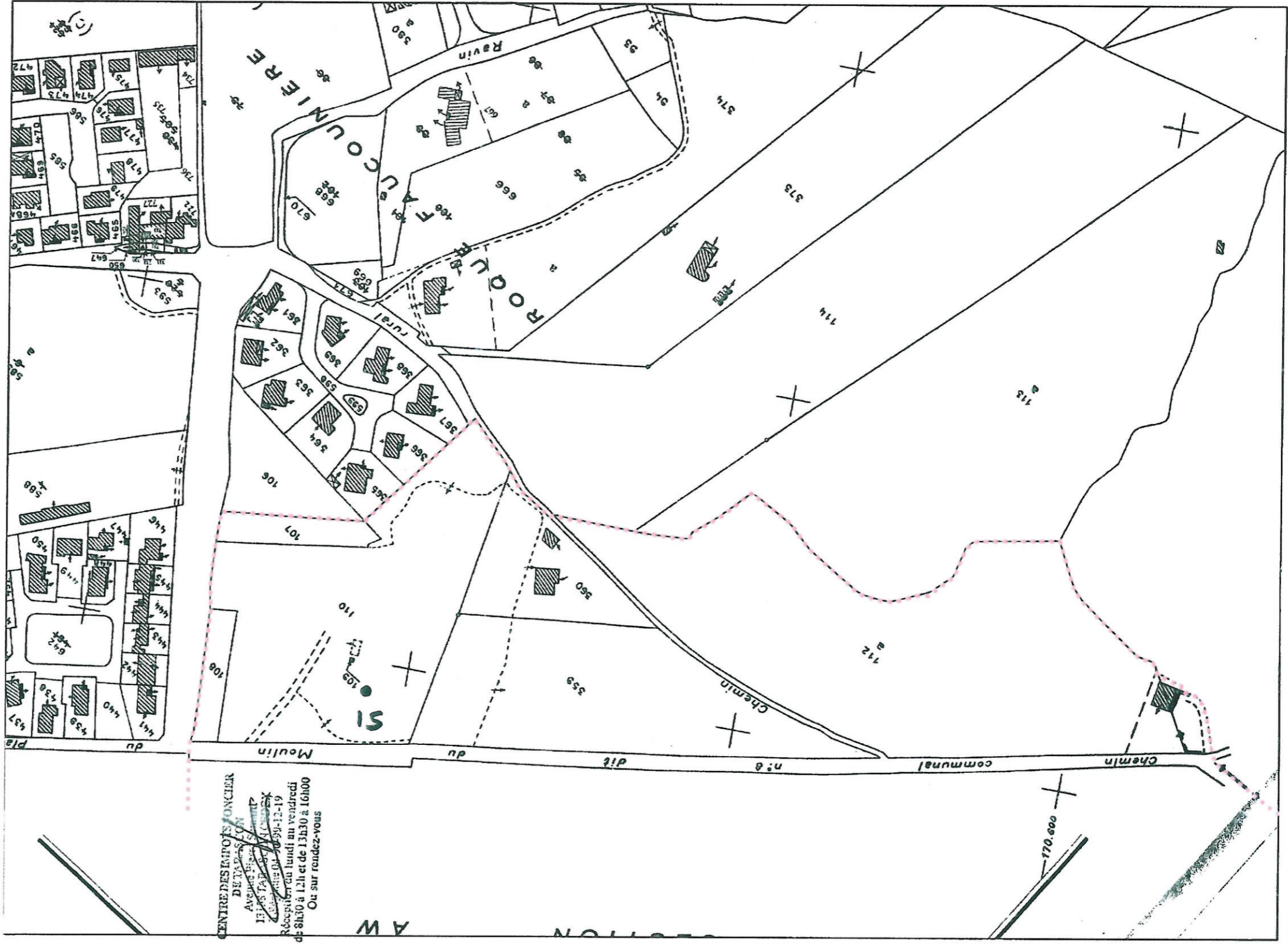


Cadastre  
INTERDITE

Echelle de 1/1000

Feuille renouvelée pour 1987  
Édition à jour pour 1987  
13 2 076 PLAN-D'ORGON AW

A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



**CENTRE DES BIENS FONCIERS DE TAPASOUC**  
 ANNEE 1983  
 13 005 TAPASOUC  
 Réception le lundi au vendredi de 8h30 à 12h et de 13h30 à 16h00  
 Ou sur rendez-vous

Zone d'étude retenue

Echelle 1 / 2 000

Extrait du parcelaire cadastral de Plan d'Orgon  
Section AV

Figure 33b



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

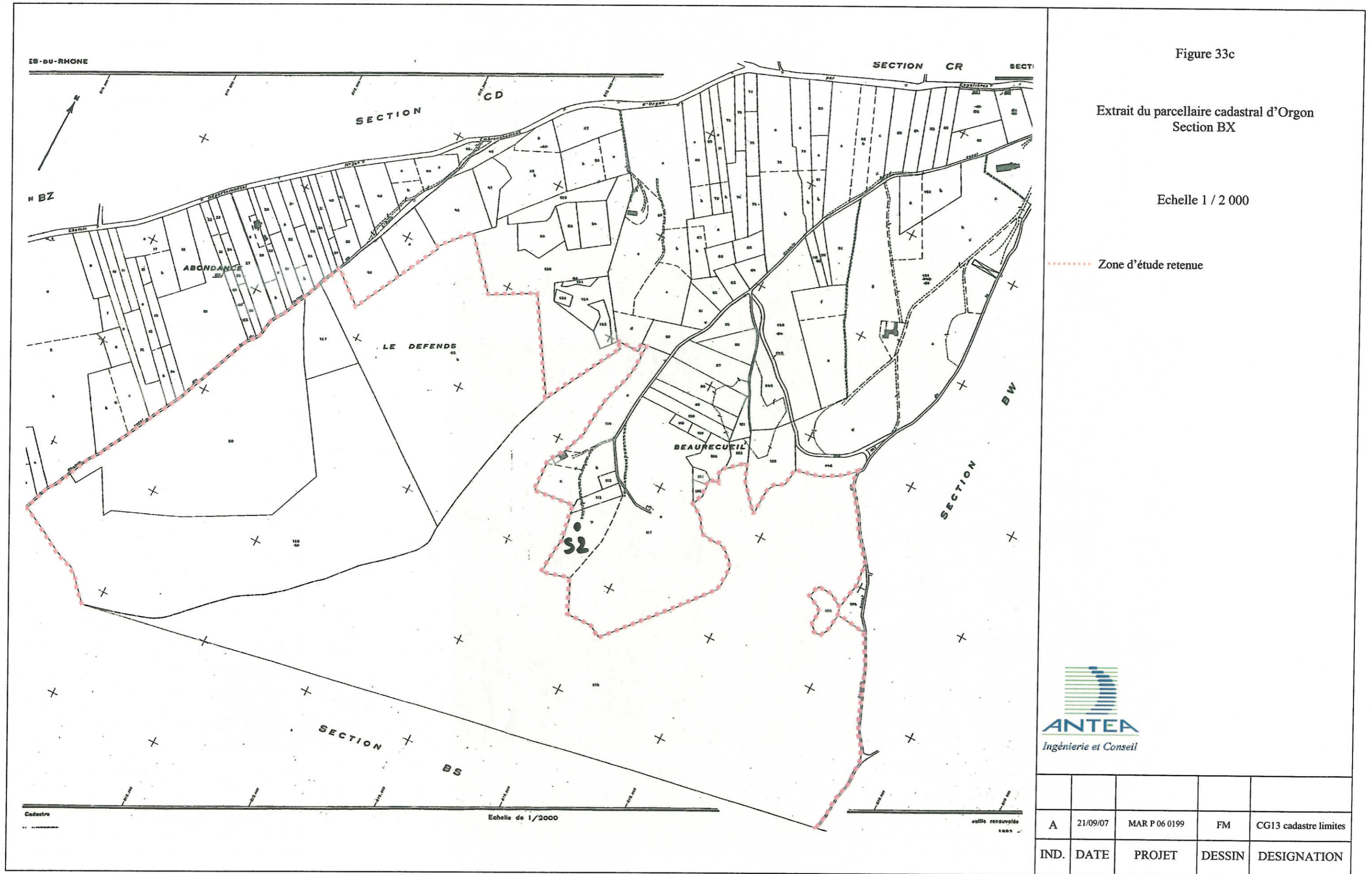


Figure 33c

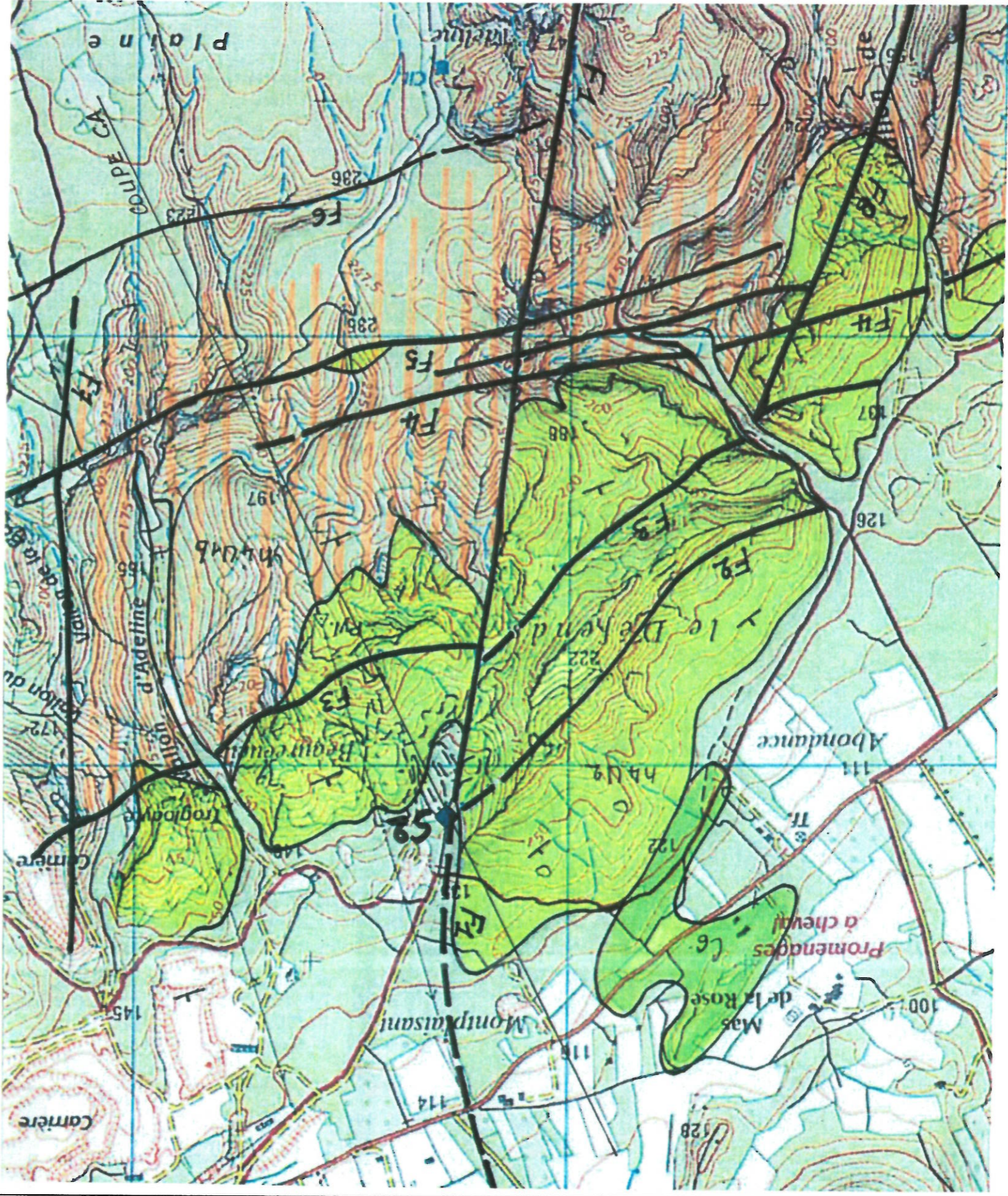
Extrait du parcellaire cadastral d'Orgon  
Section BX

Echelle 1 / 2 000

----- Zone d'étude retenue



A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Carte géologique du secteur d'Orgon

0 m  
500 m

Légende

C6 Valdo-fuvélien

m4U Urgonien



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

Figure 34

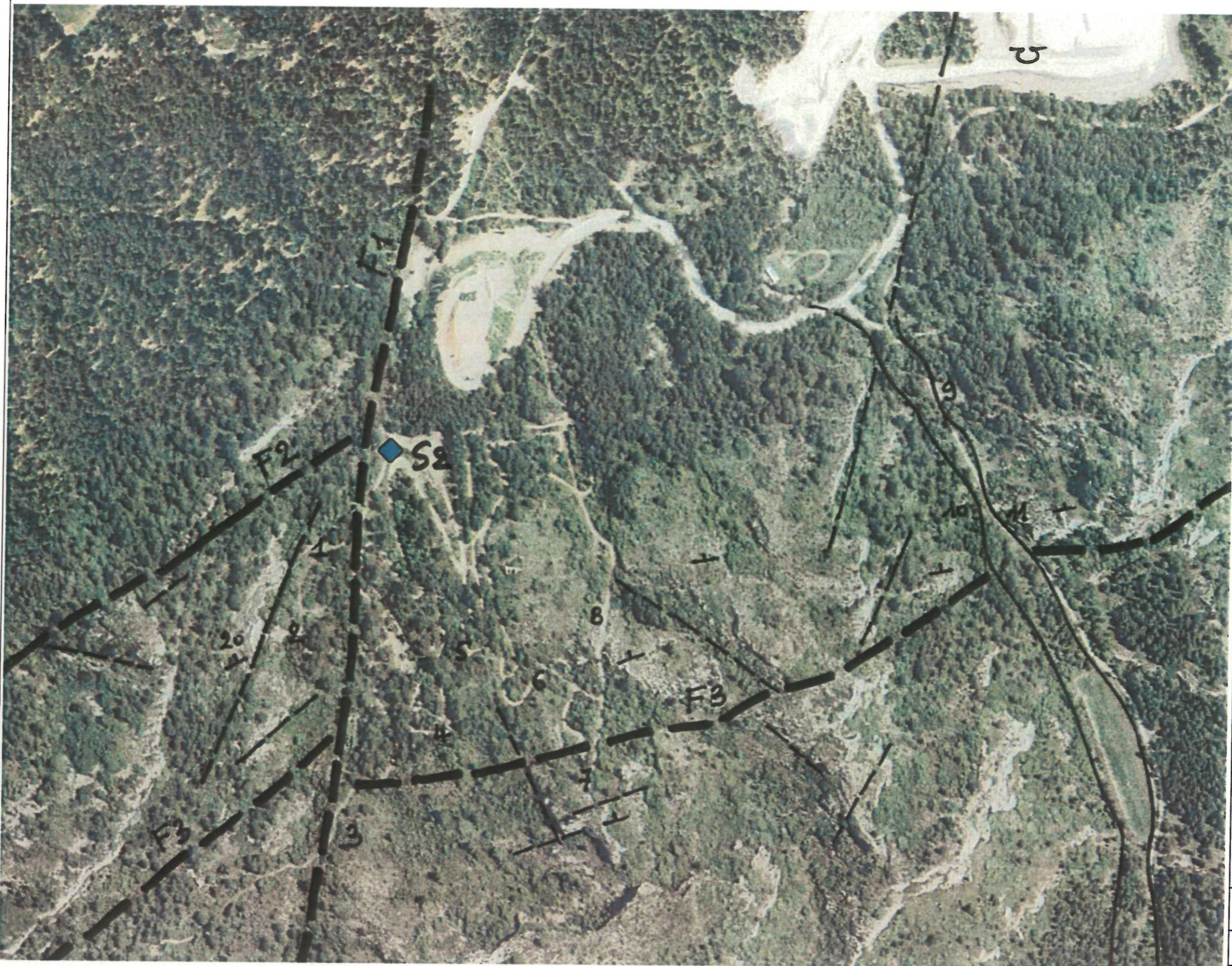


Figure 35

Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur d'Orgon

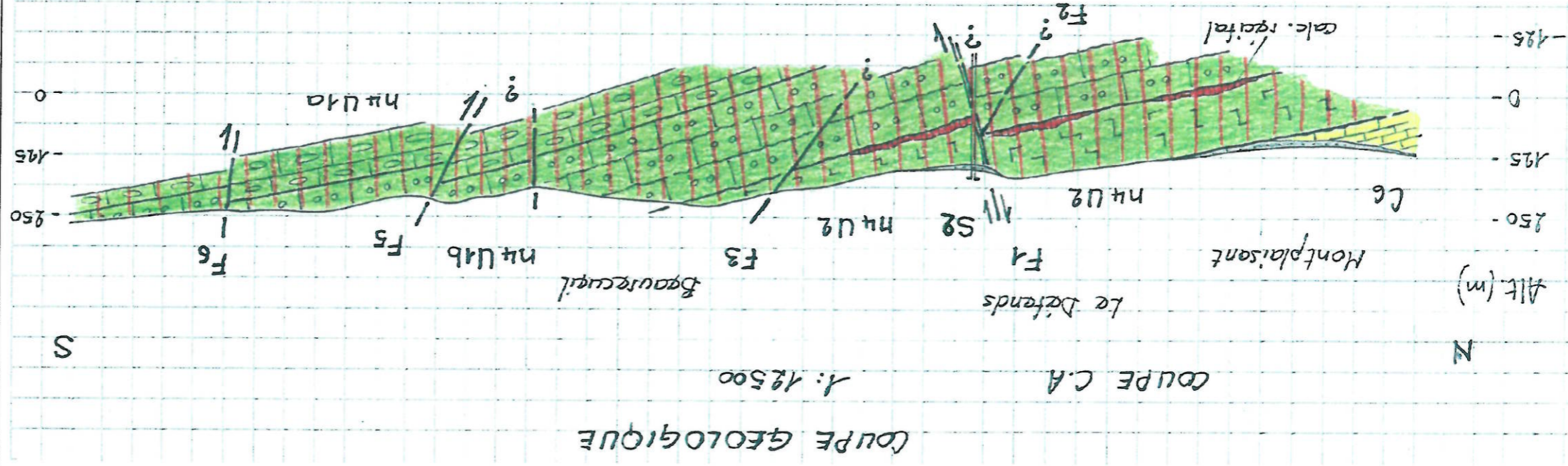


A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Figure 36

Coupe géologique structurale interprétative  
du secteur d'Orgon

Légende  
C6 Valdo-fuvélien  
n4U Urgonien



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

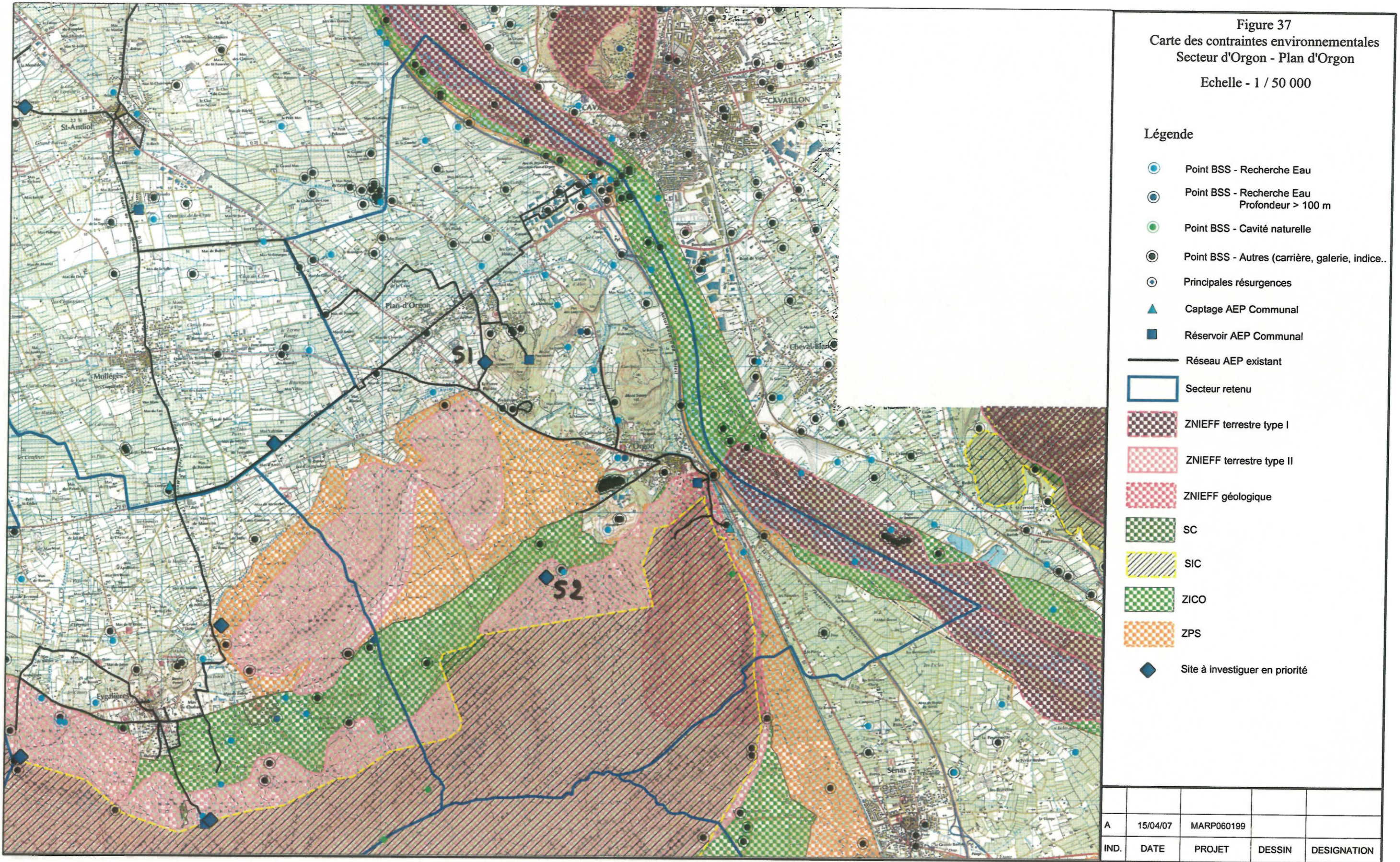


Figure 37  
Carte des contraintes environnementales  
Secteur d'Orgon - Plan d'Orgon  
Echelle - 1 / 50 000

- Légende**
- Point BSS - Recherche Eau
  - Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
  - Point BSS - Cavité naturelle
  - Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice..)
  - Principales résurgences
  - ▲ Captage AEP Communal
  - Réservoir AEP Communal
  - Réseau AEP existant
  - ▭ Secteur retenu
  - ZNIEFF terrestre type I
  - ZNIEFF terrestre type II
  - ZNIEFF géologique
  - SC
  - SIC
  - ZICO
  - ZPS
  - ◆ Site à investiguer en priorité

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Figure 38  
Carte de localisation  
du sondage de reconnaissance  
Secteur d'Orgon-Plan d'Orgon  
Echelle - 1 / 5 000  
Légende  
◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

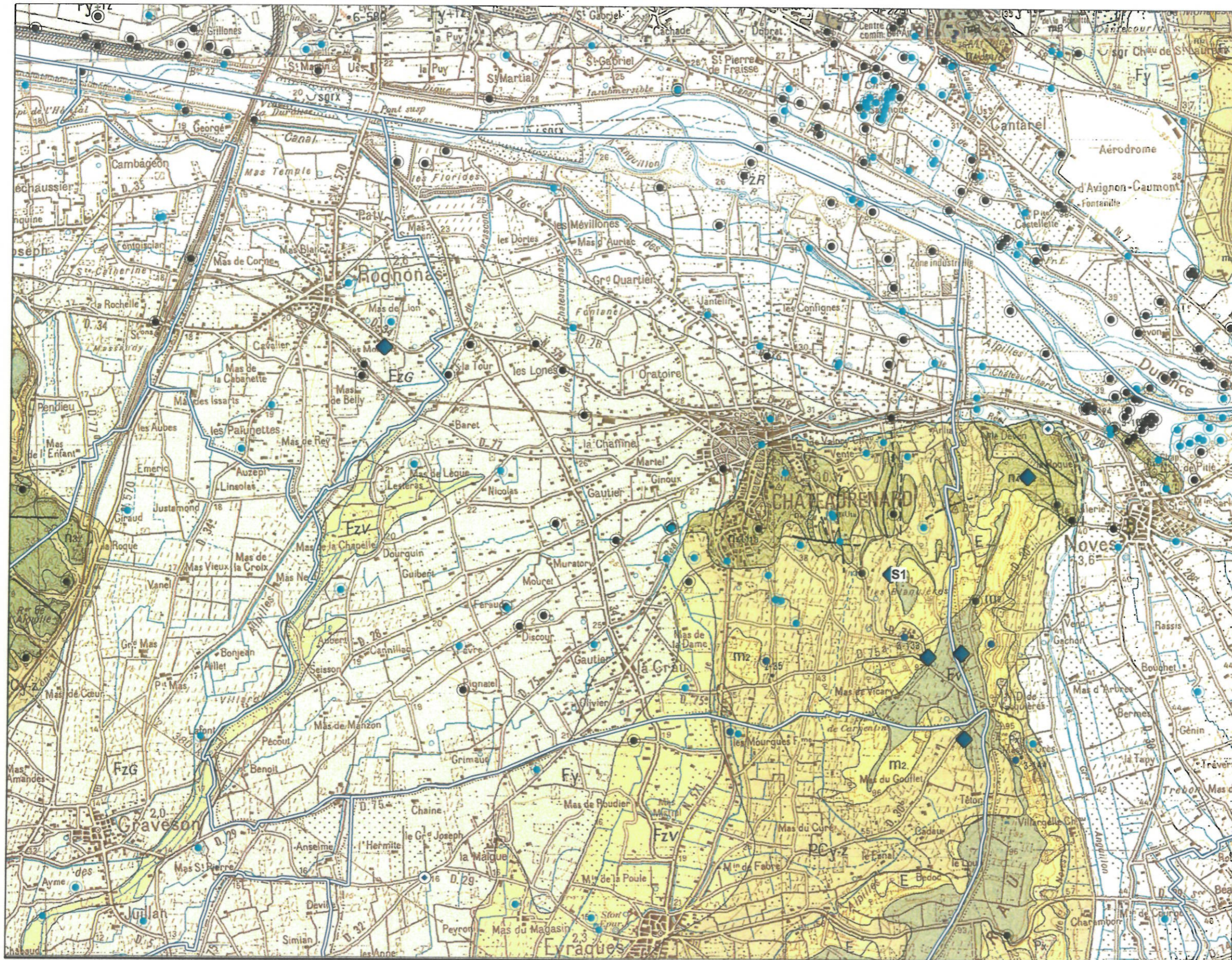


Figure 39  
Carte géologique  
Commune de Châteaurenard  
Echelle - 1 / 50 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice...)
- Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité

Voir légende de la carte géologique en annexe

Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARP060199		

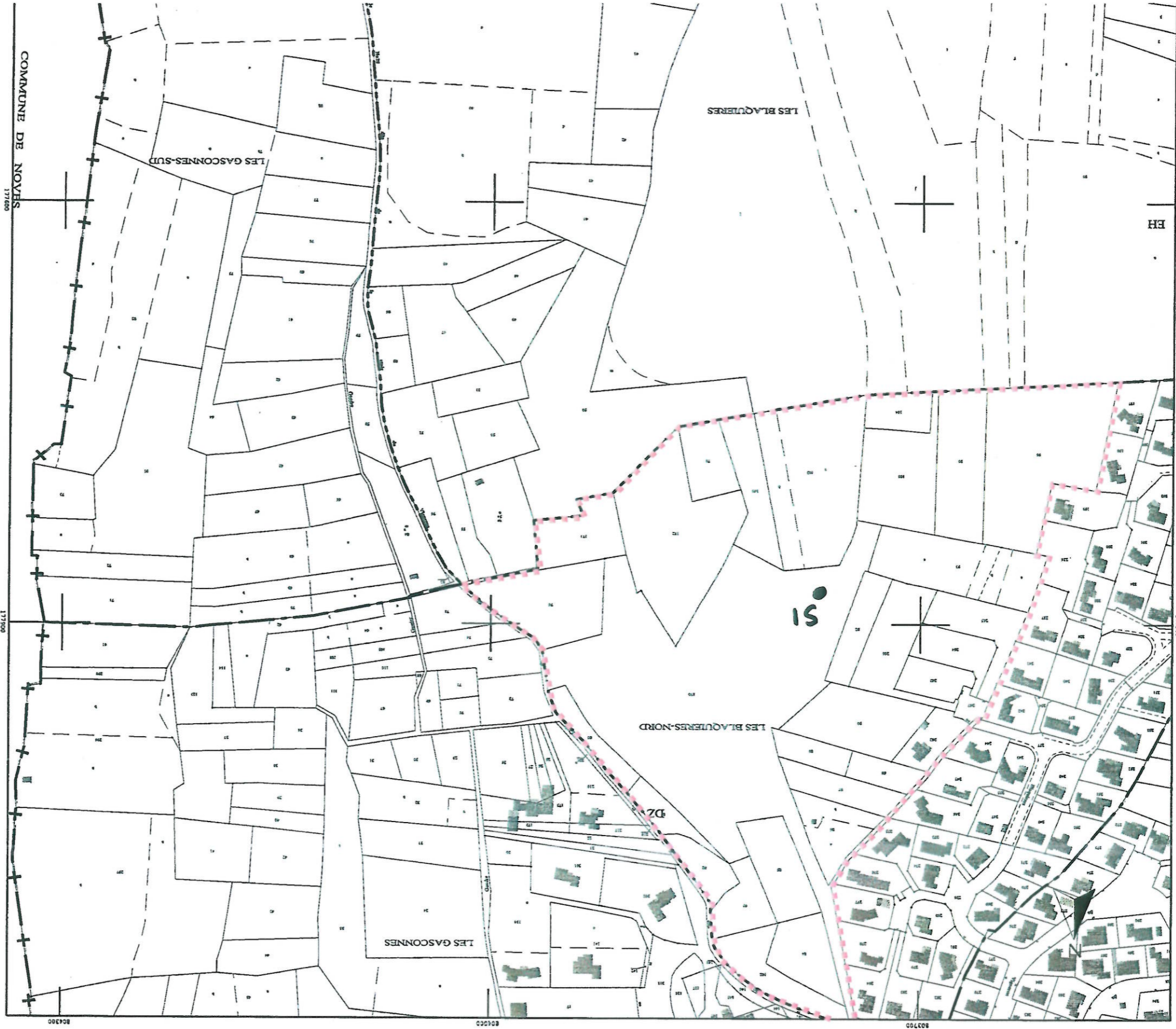


Figure 40

Extrait du parcellaire cadastral de Chateaurnard  
Section DZ

Echelle 1 / 3 000

Zone d'étude retenue



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

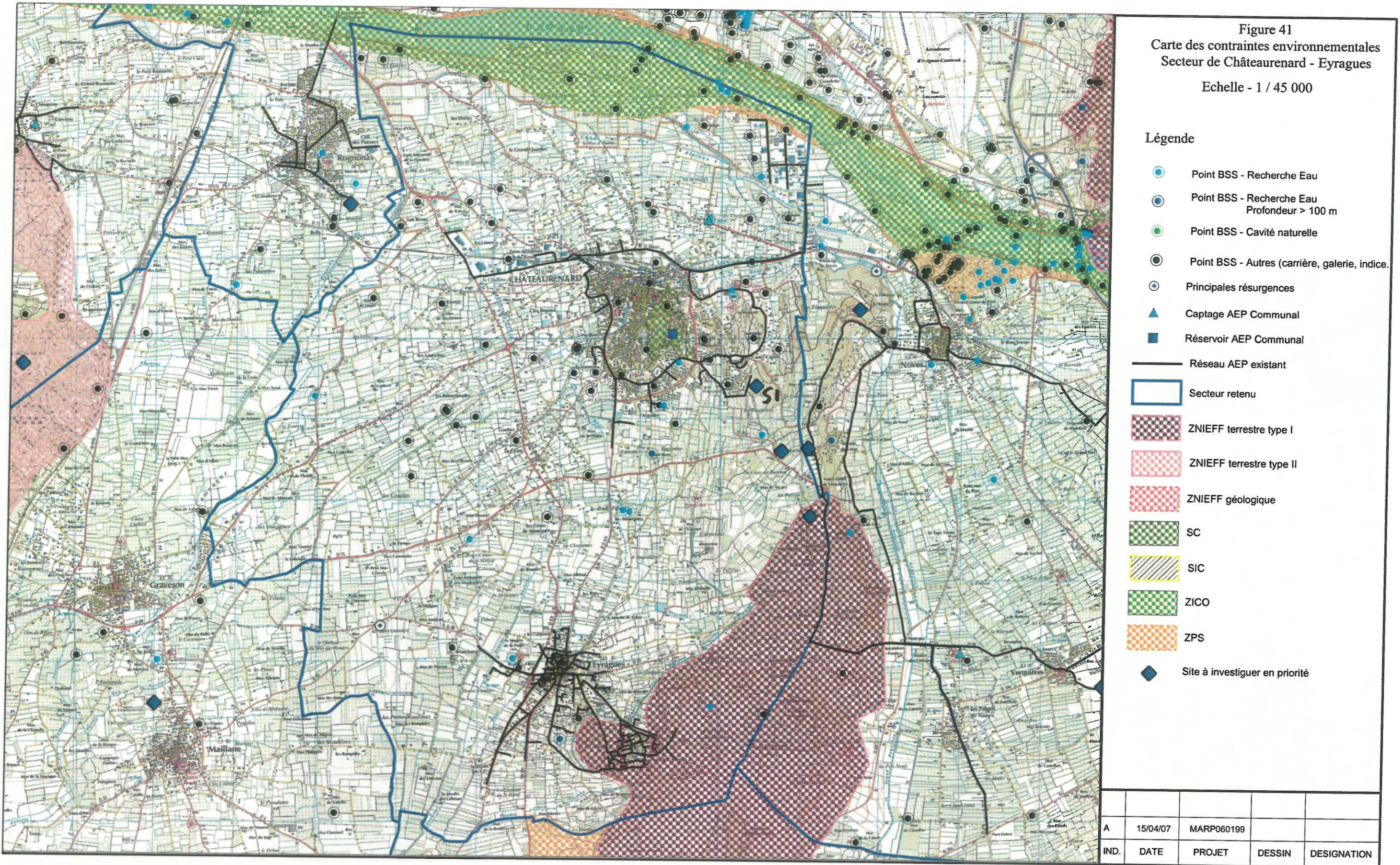




Figure 42  
Carte de localisation  
du sondage de reconnaissance  
Secteur de Chateaurnard  
Echelle - 1 / 2 000  
Légende  
◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



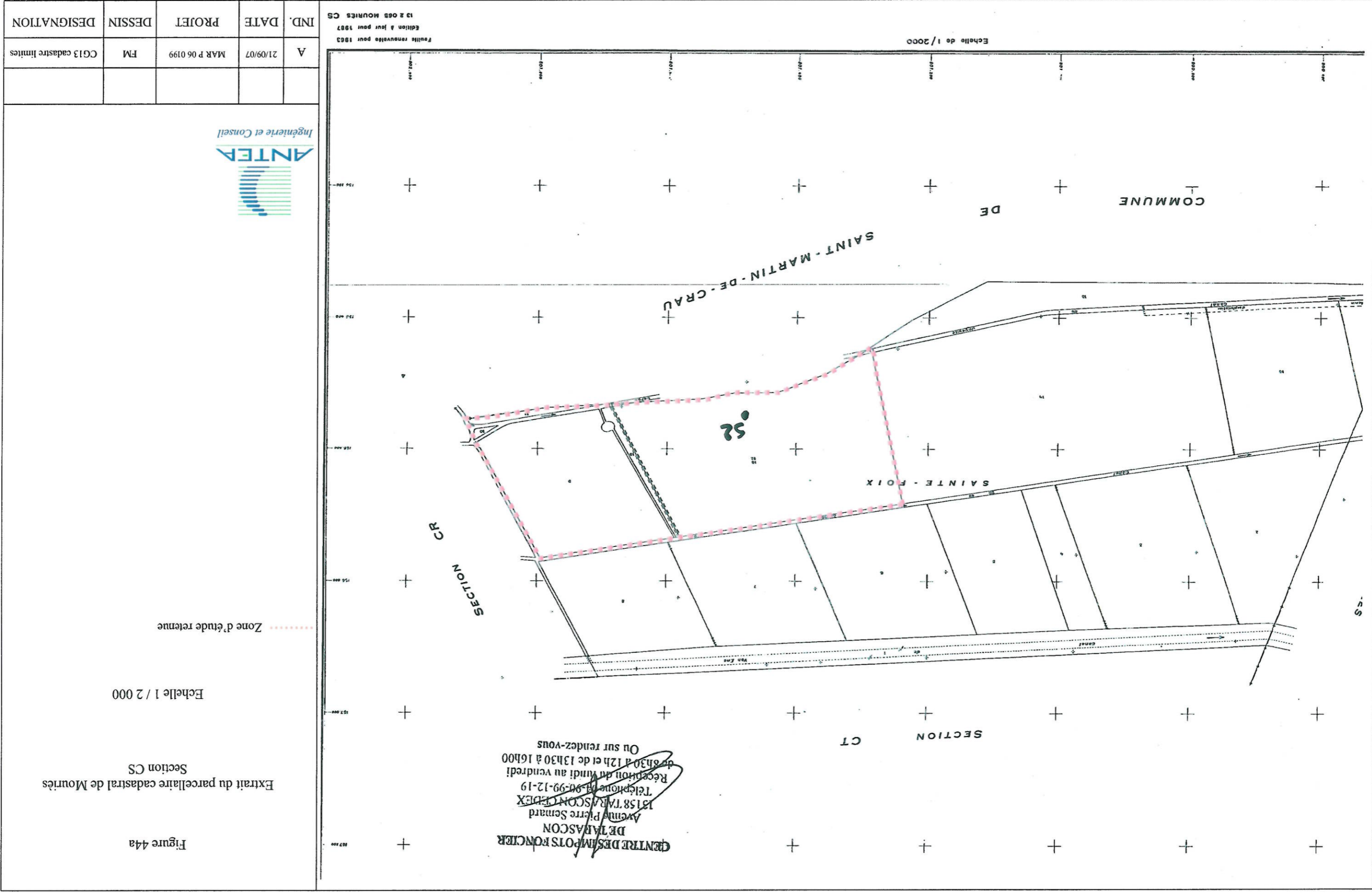
Figure 43  
Carte géologique  
Commune de Mouries  
Echelle - 1 / 40 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice...)
- Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



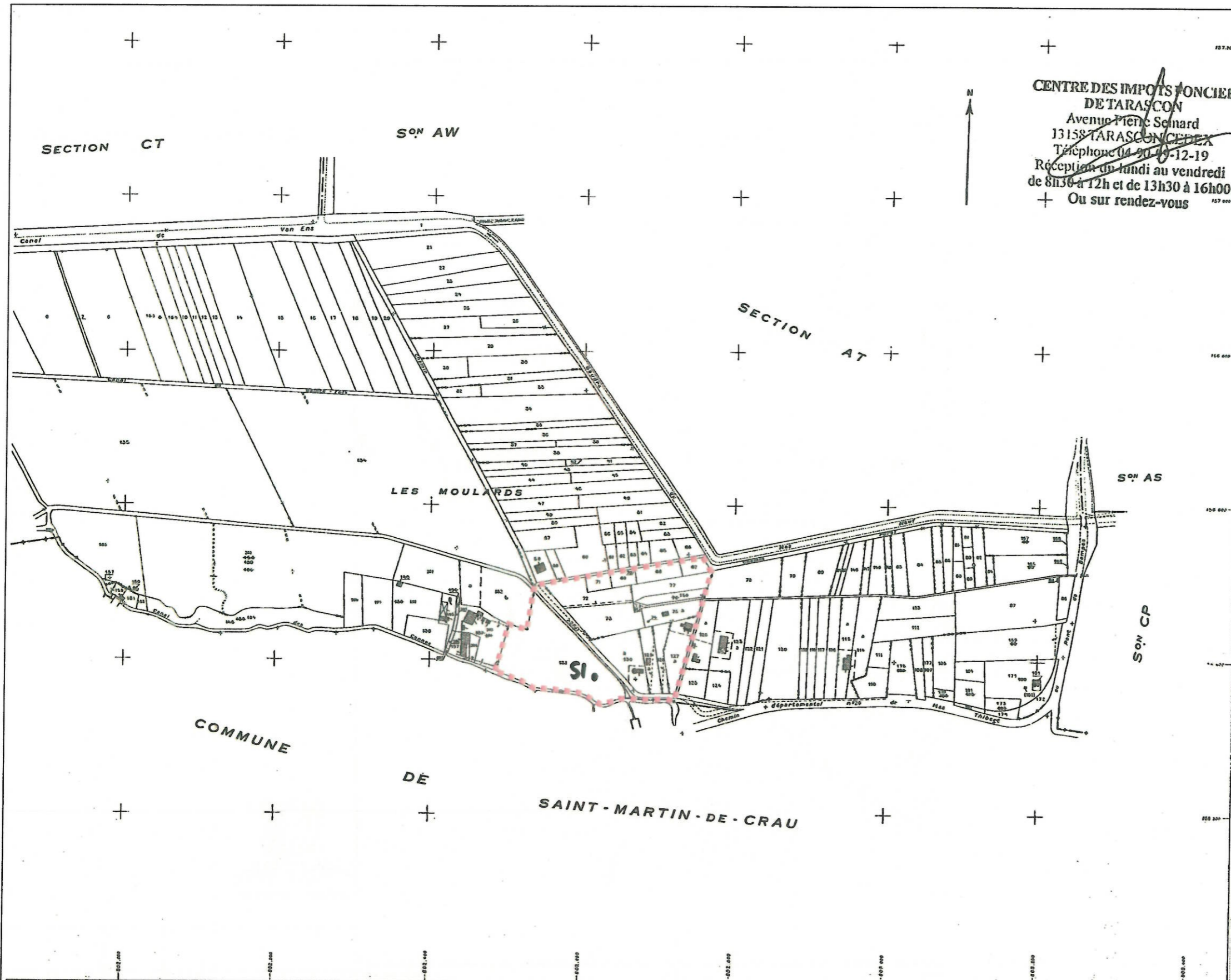


Figure 44b

Extrait du parcellaire cadastral de Mouries  
Section CR

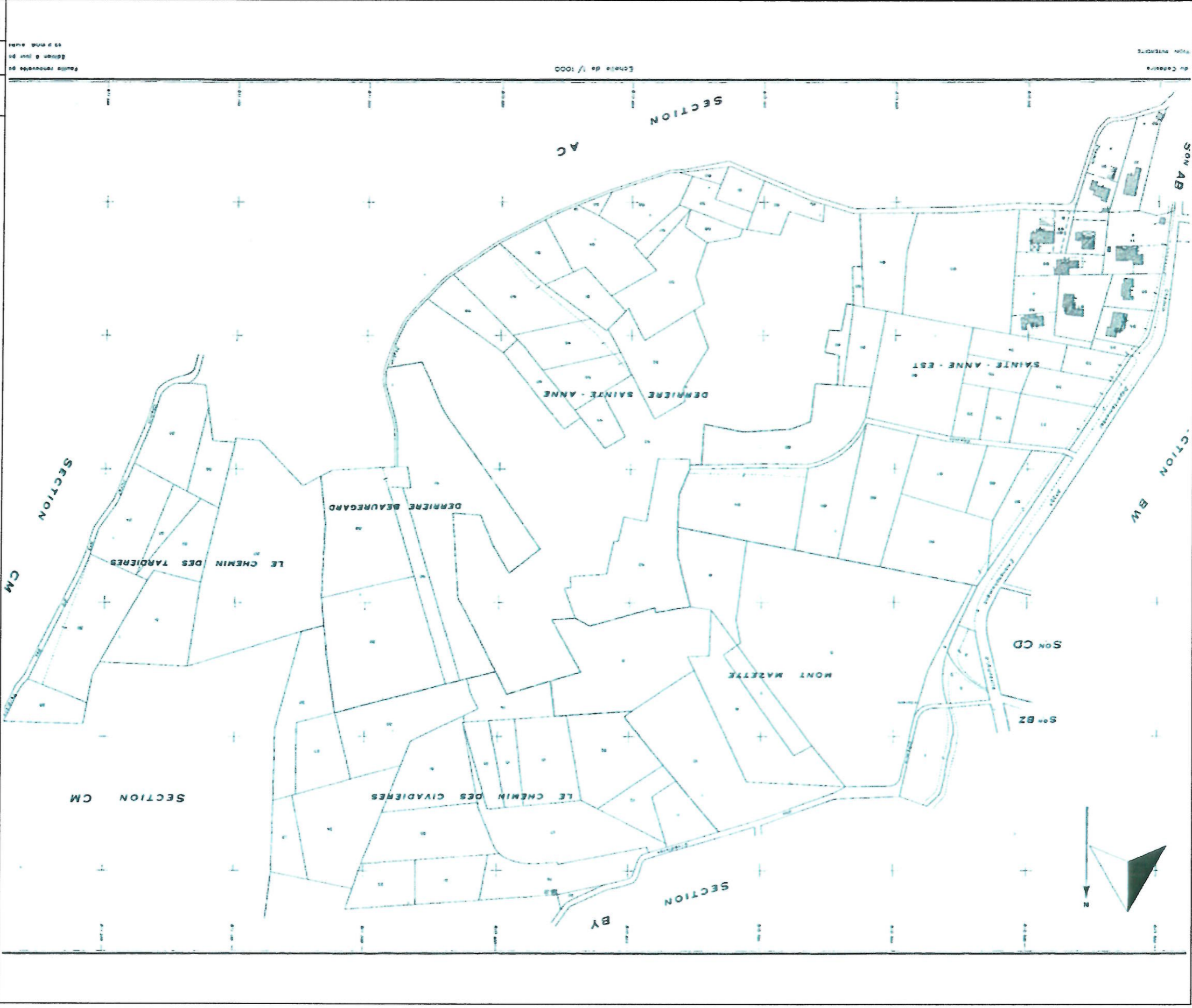
Echelle 1 / 2 000



Echelle de 1/2000

Feuille renouvelée pour 1983  
Edition à jour pour 1987  
13 2 085 MOURIES CR

A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

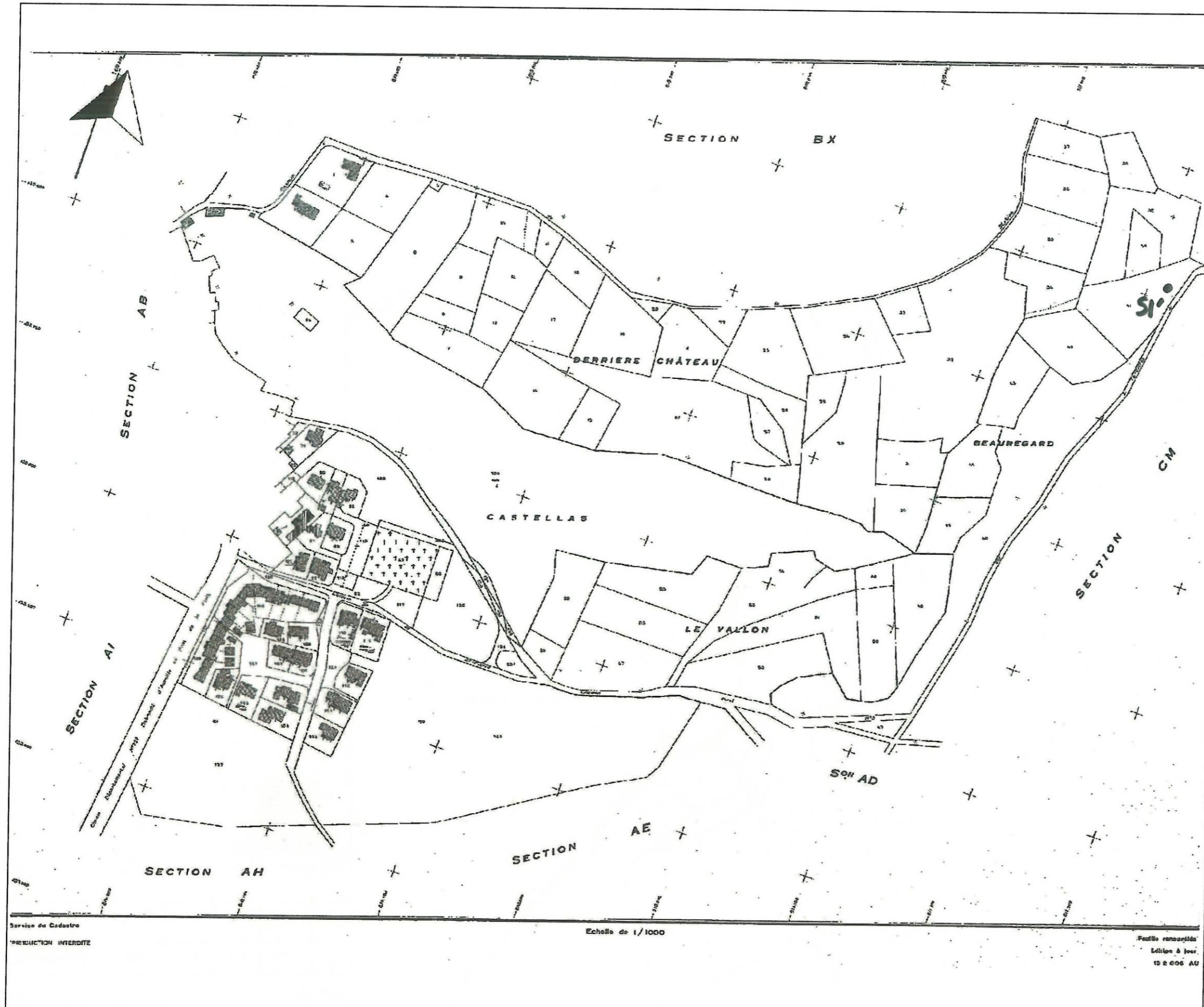


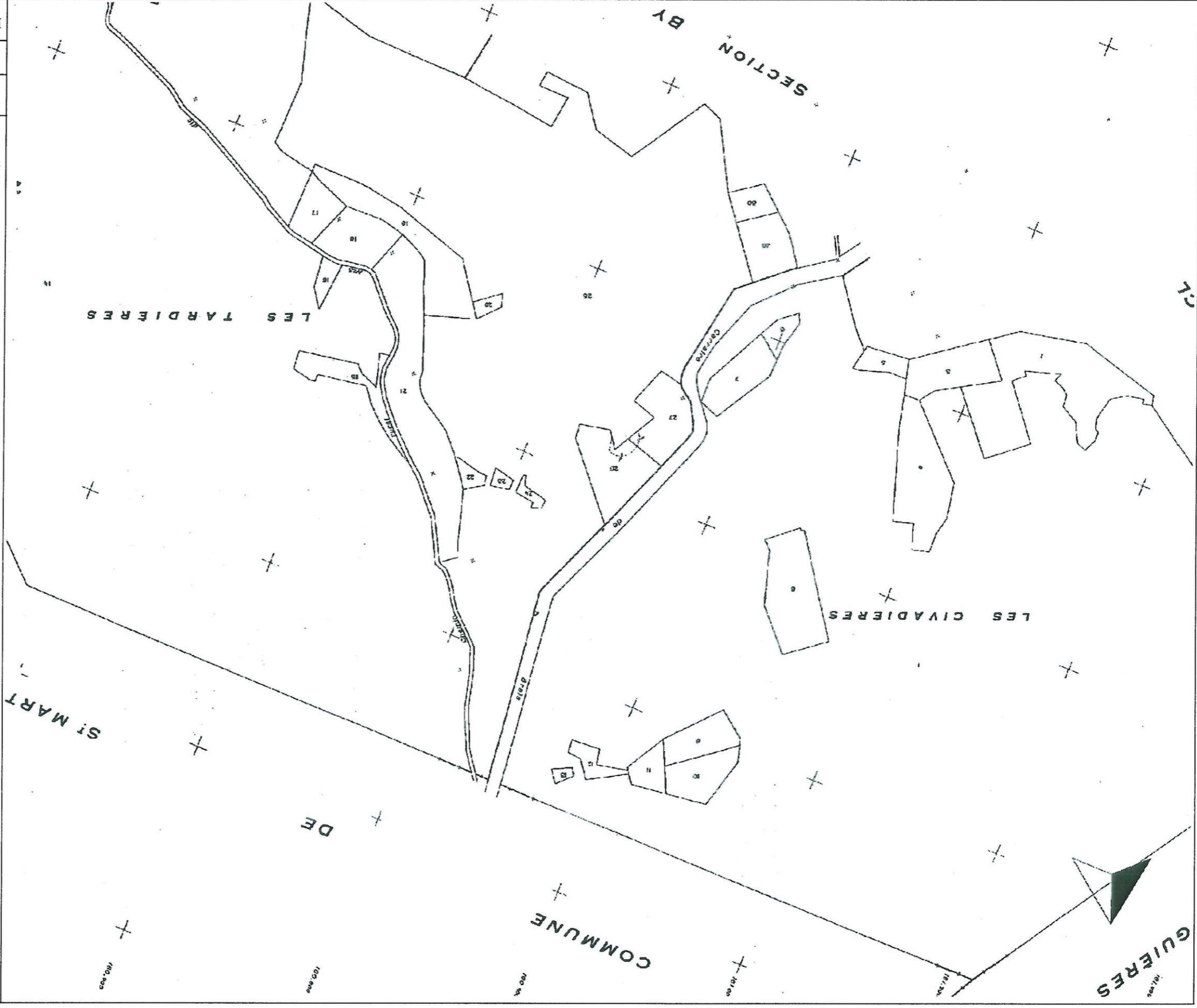
Figure 44d

Extrait du parcellaire cadastral d'Aureille  
Section AC

Echelle 1 / 1 000



A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

Figure 44e  
 Extrait du parcelaire cadastral d'Aureille  
 Section CM  
 Echelle 1 / 2 000

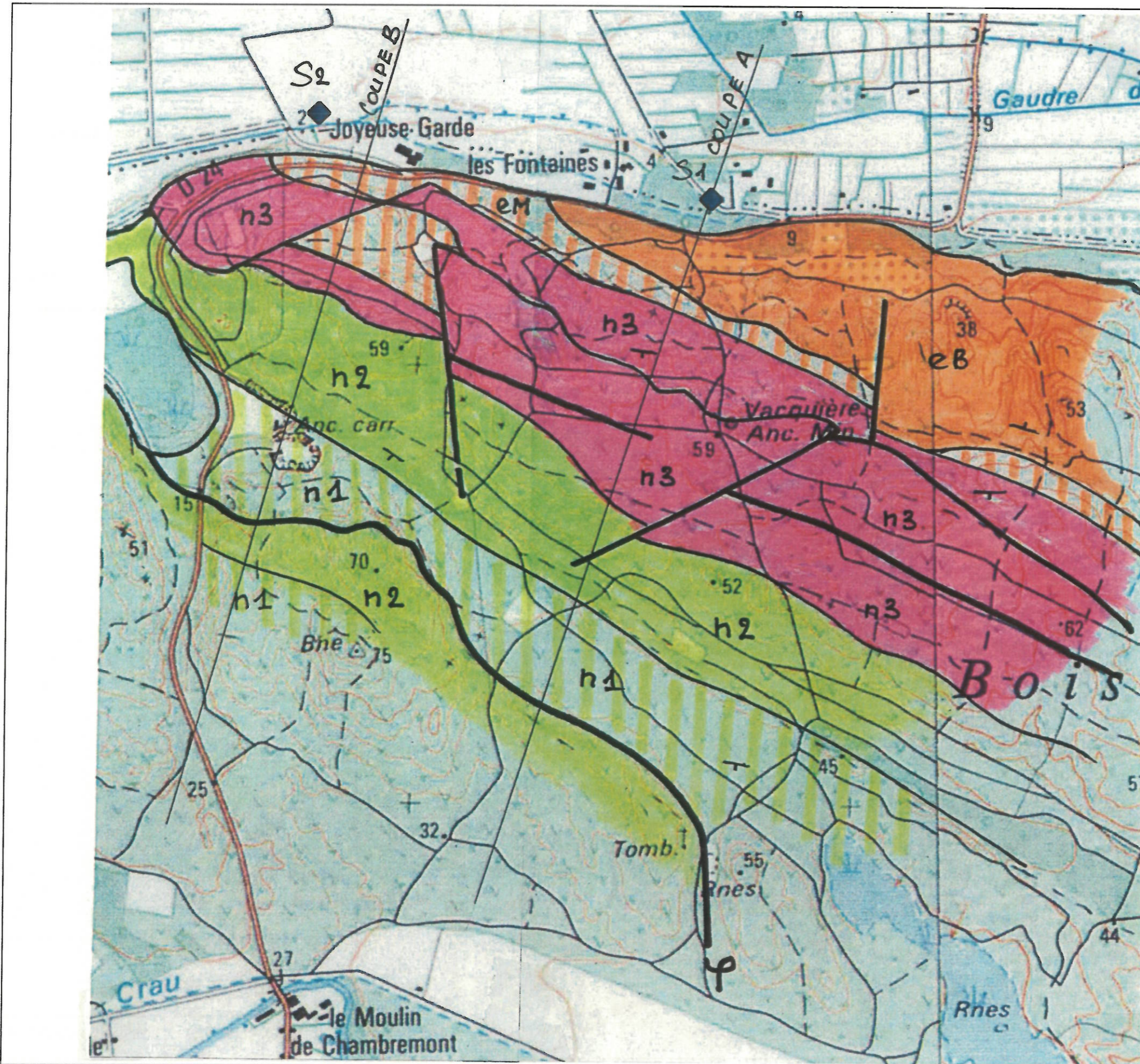


Figure 45a

Carte géologique du site de Mouries

0 m 500 m

Légende

- e Eocène
- n3 Hauterivien
- n2 Valanginien
- n1 Berriasien



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



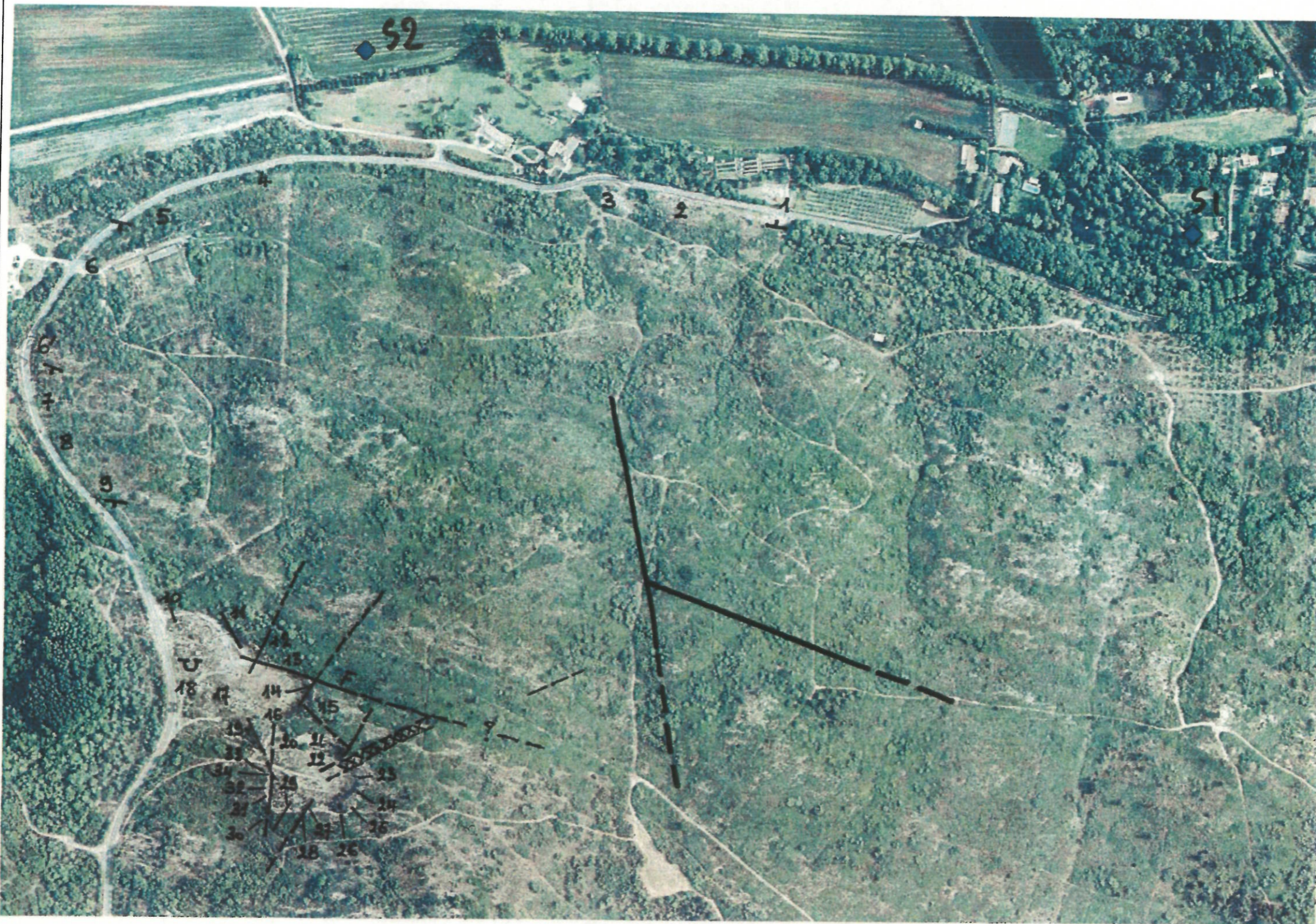


Figure 46a

Etude structurale sur photo aérienne  
du site de Mouriers



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



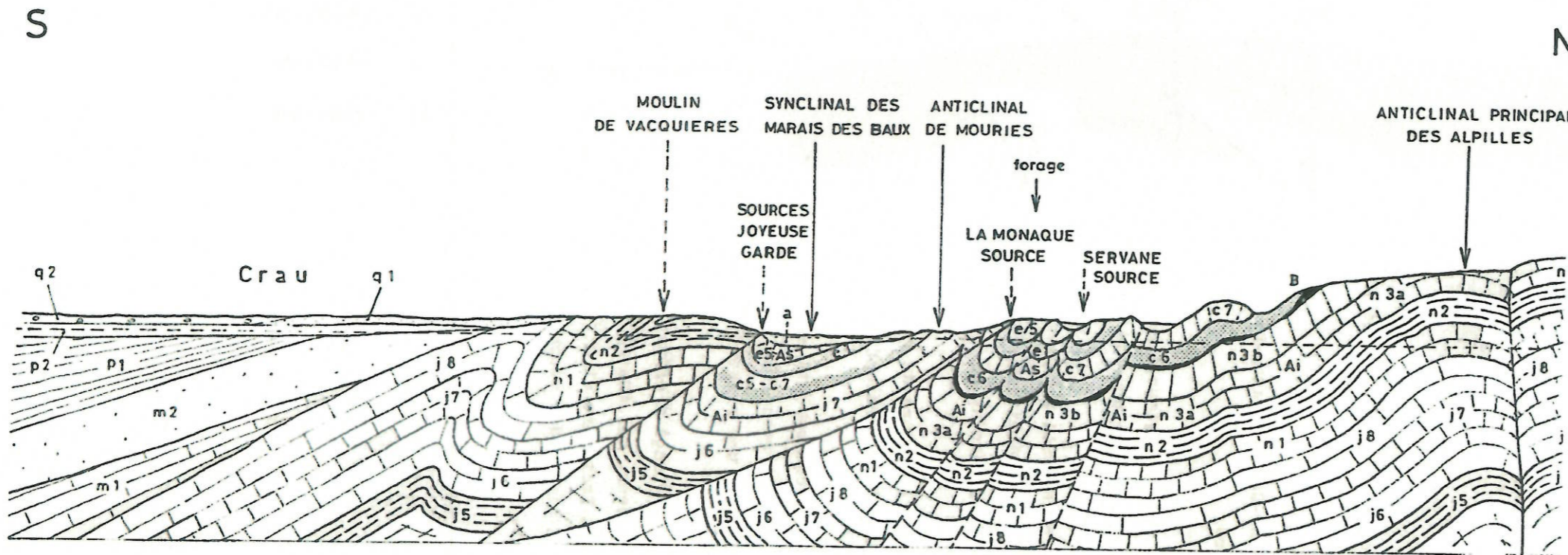
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

Etude structurale sur photo aérienne  
du site d'Aureille

Figure 46b

Figure 47a

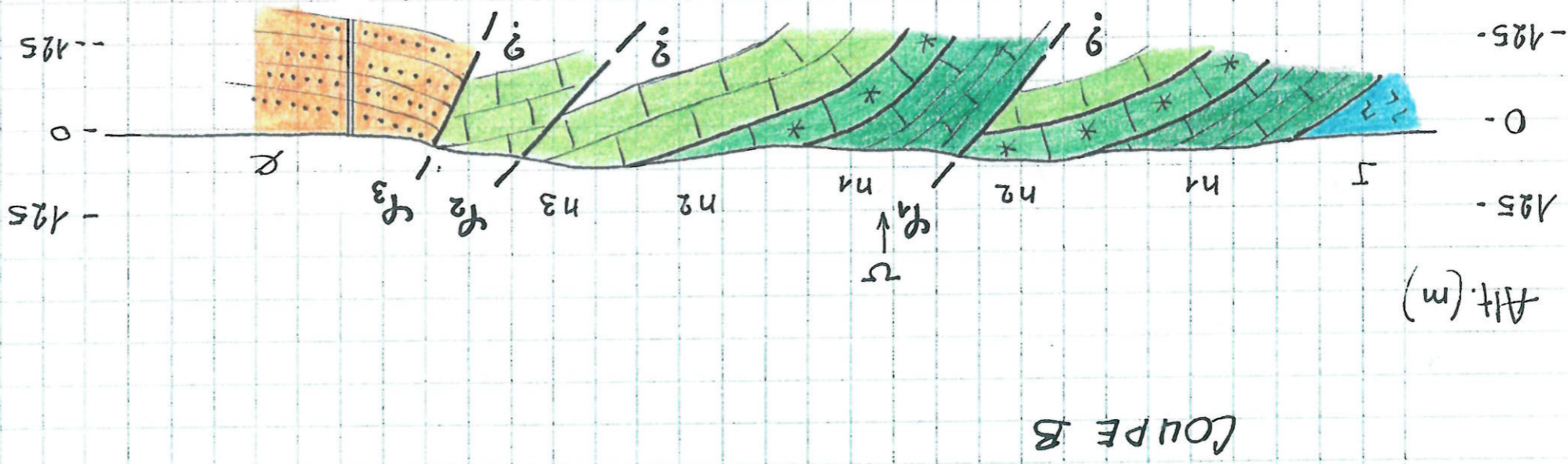
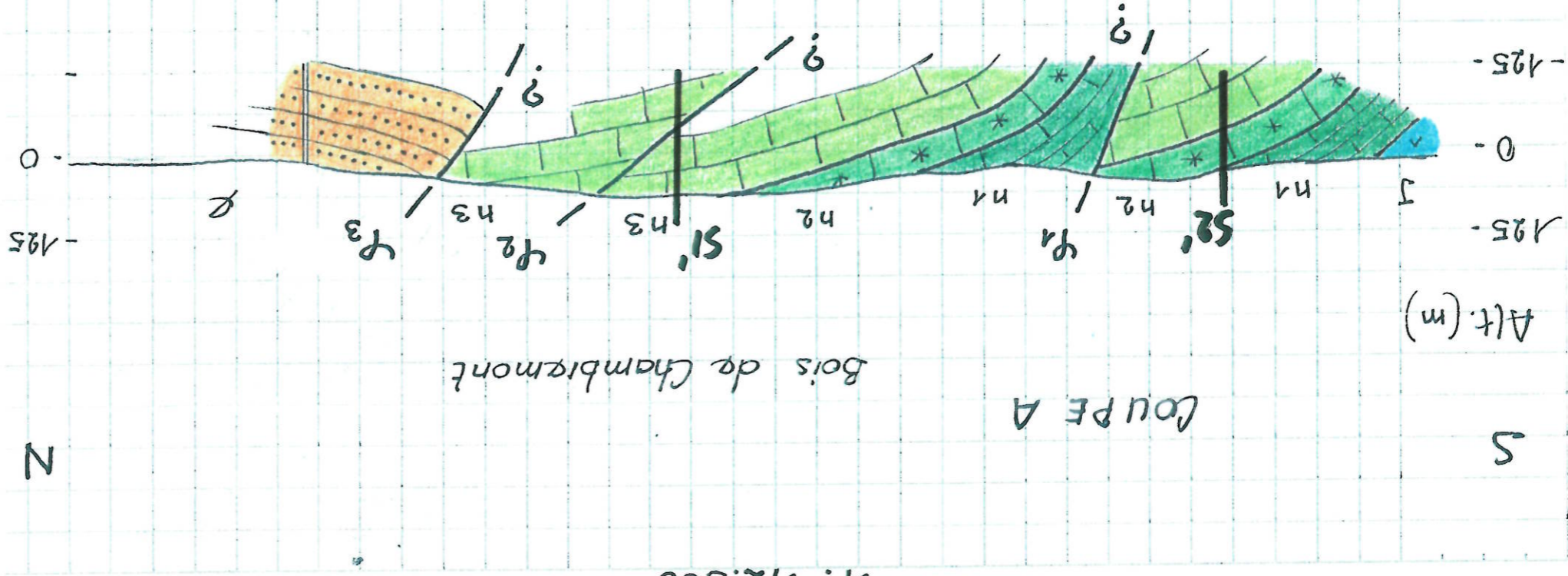
Coupe géologique structurale générale  
du secteur de Mouries



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

COUPES GÉOLOGIQUES

1 : 1/2.500



Légende

- n3 Hauterivien
- n2 Valanginien
- n1 Berrisien
- J Jurassique



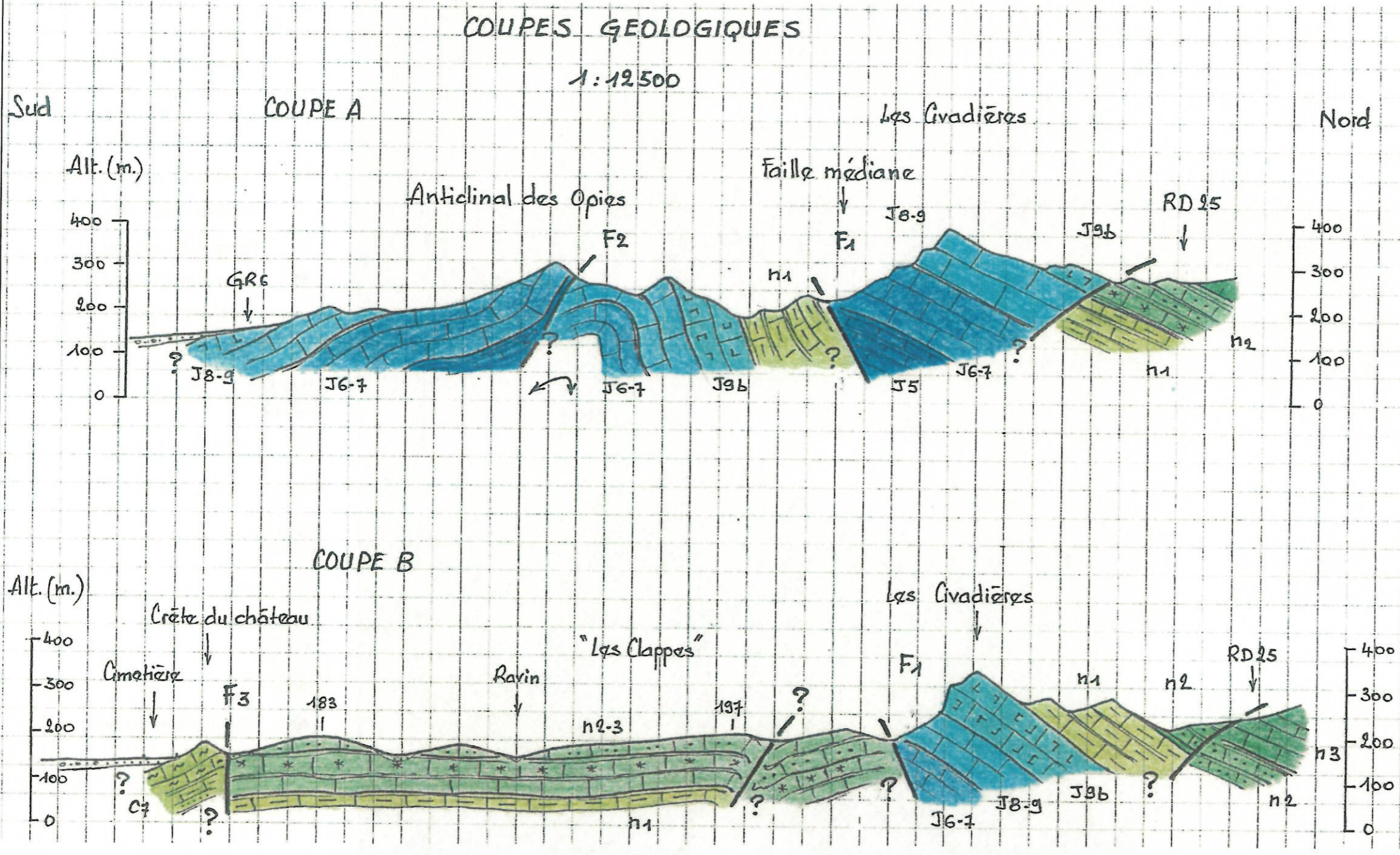
Figure 47b

Coupes géologiques structurales interprétatives  
du site de Mourès

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARPO60199		

Figure 47c

Coupes géologiques structurales interprétatives  
du site d'Aureille



Légende

- C7 Rognacien
- n3 Hauterivien
- n2 Valanginien
- n1 Berriasien
- J9b Portlandien
- J8-9 Kimméridgien
- J5-6-7 Oxfordien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

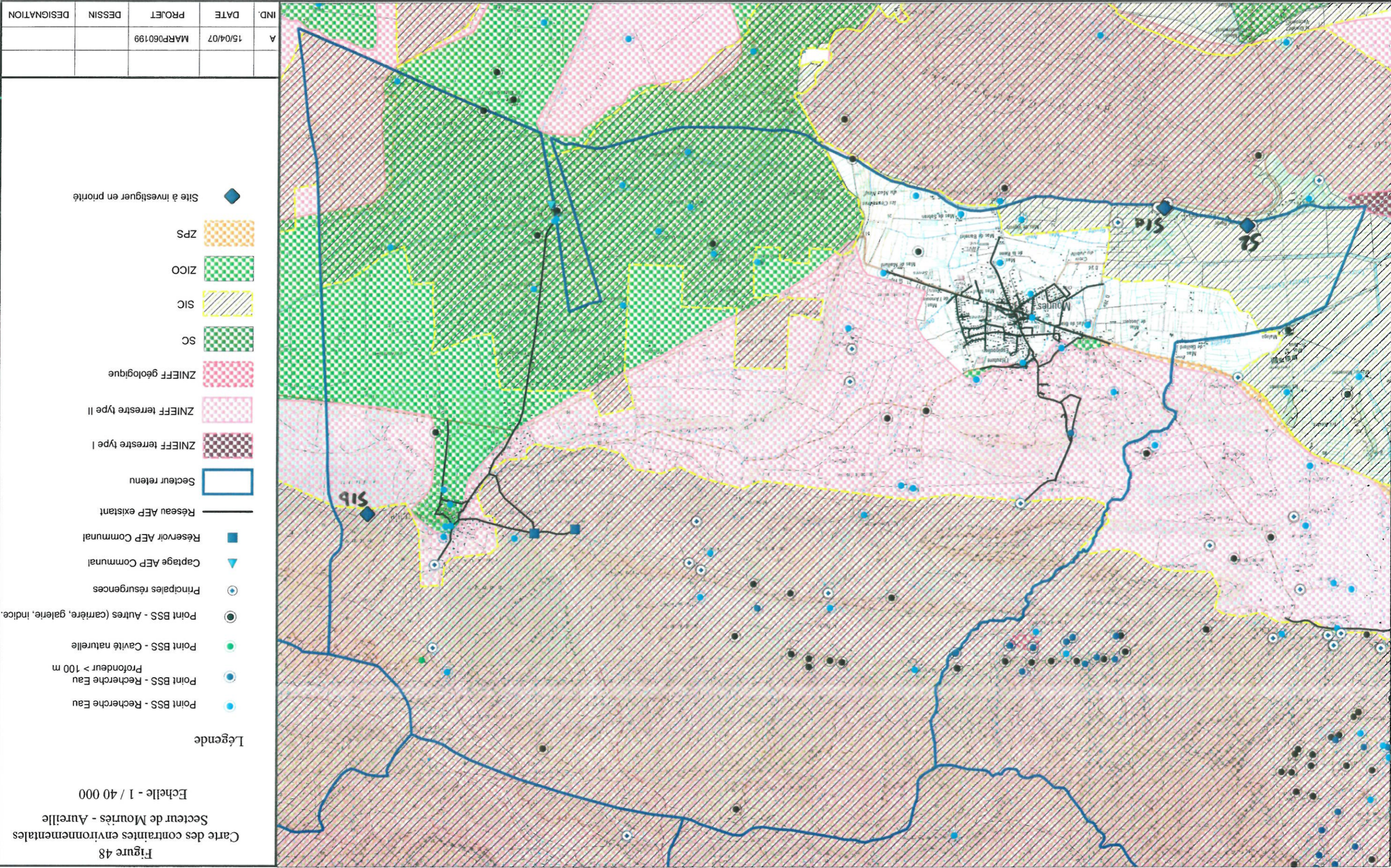


Figure 48  
Carte des contraintes environnementales  
Secteur de Mouriès - Aureille  
Echelle - 1 / 40 000

- Légende**
- Point BSS - Recherche Eau (Blue dot)
  - Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m (Green dot)
  - Point BSS - Cavité naturelle (Green dot)
  - Point BSS - Autres (carrère, galerie, indice) (Black dot)
  - Principales résurgences (Blue circle with dot)
  - Captage AEP Communal (Blue triangle)
  - Réservoir AEP Communal (Blue square)
  - Réseau AEP existant (Black line)
  - Secteur retenu (Blue outline)
  - ZNIEFF terrestre type I (Dark pink checkered)
  - ZNIEFF terrestre type II (Light pink checkered)
  - ZNIEFF géologique (Pink checkered)
  - SC (Green and white checkered)
  - SIC (Yellow diagonal hatching)
  - ZICO (Green checkered)
  - ZPS (Orange checkered)
  - Site à investiguer en priorité (Blue diamond)

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARP060199		



Figure 49a  
Carte de localisation  
du sondage de reconnaissance  
Site de Mourières

Echelle - 1 / 4 500

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Figure 49b  
 Carte de localisation  
 du sondage de reconnaissance  
 Site d'Aureille

Echelle - 1 / 4 500

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Figure 50  
Carte géologique  
Commune de Boulbon  
Echelle - 1 / 30 000

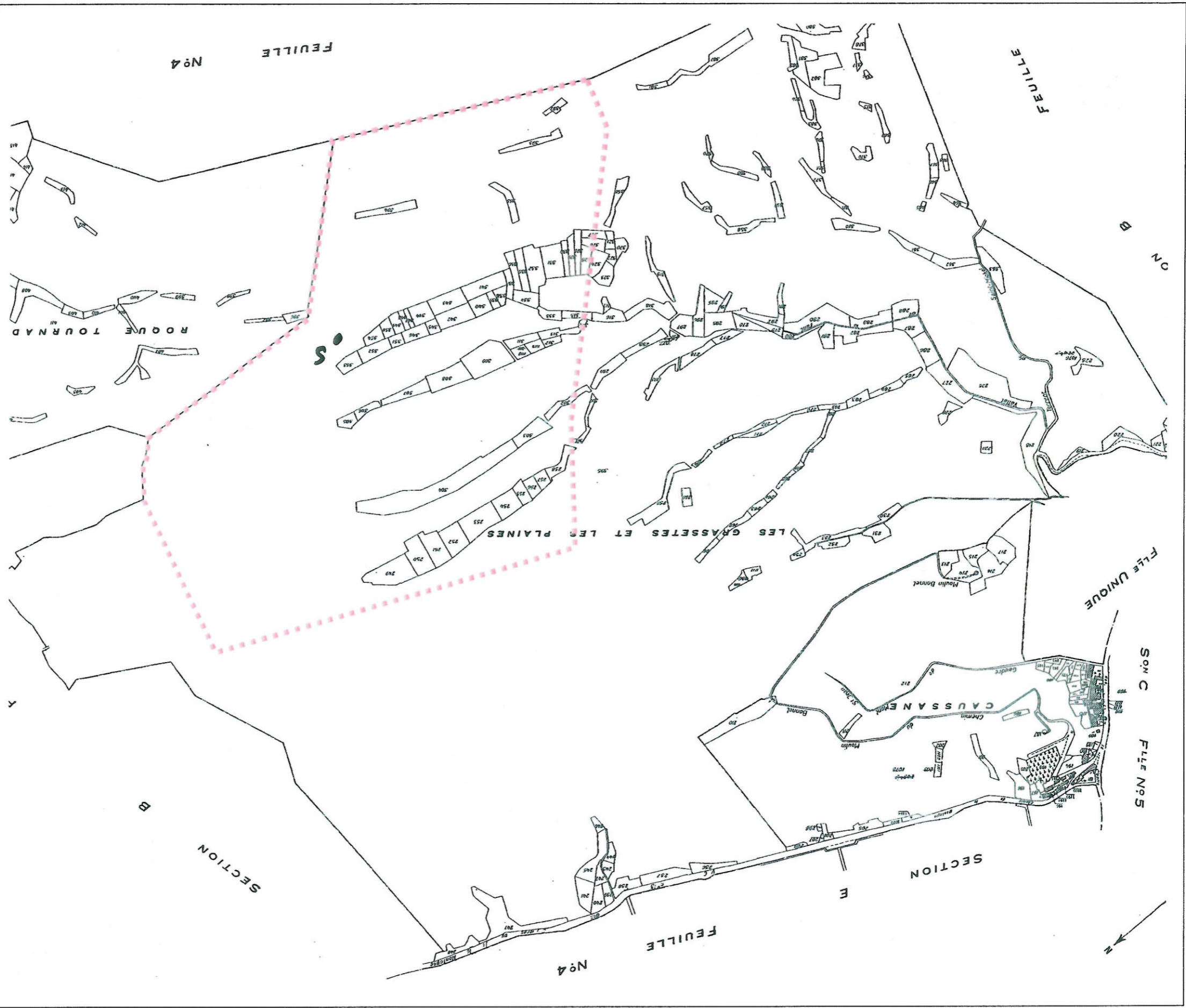
Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice...)
- Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/04/07	MARP060199		

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites



Zone d'étude retenue

Echelle 1 / 2 500

Extrait du parcellaire cadastral de Boulbon  
Section B

Figure 51

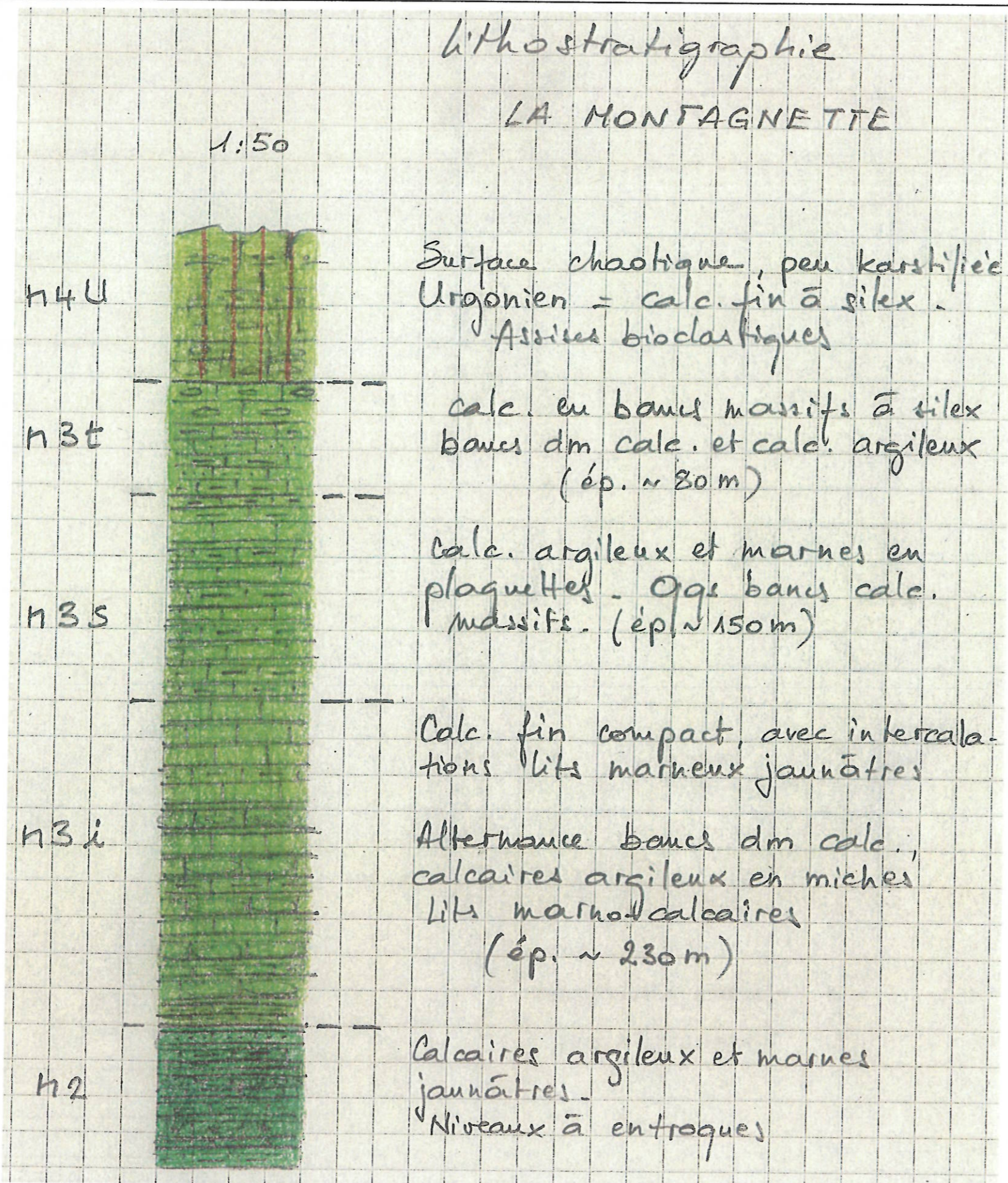
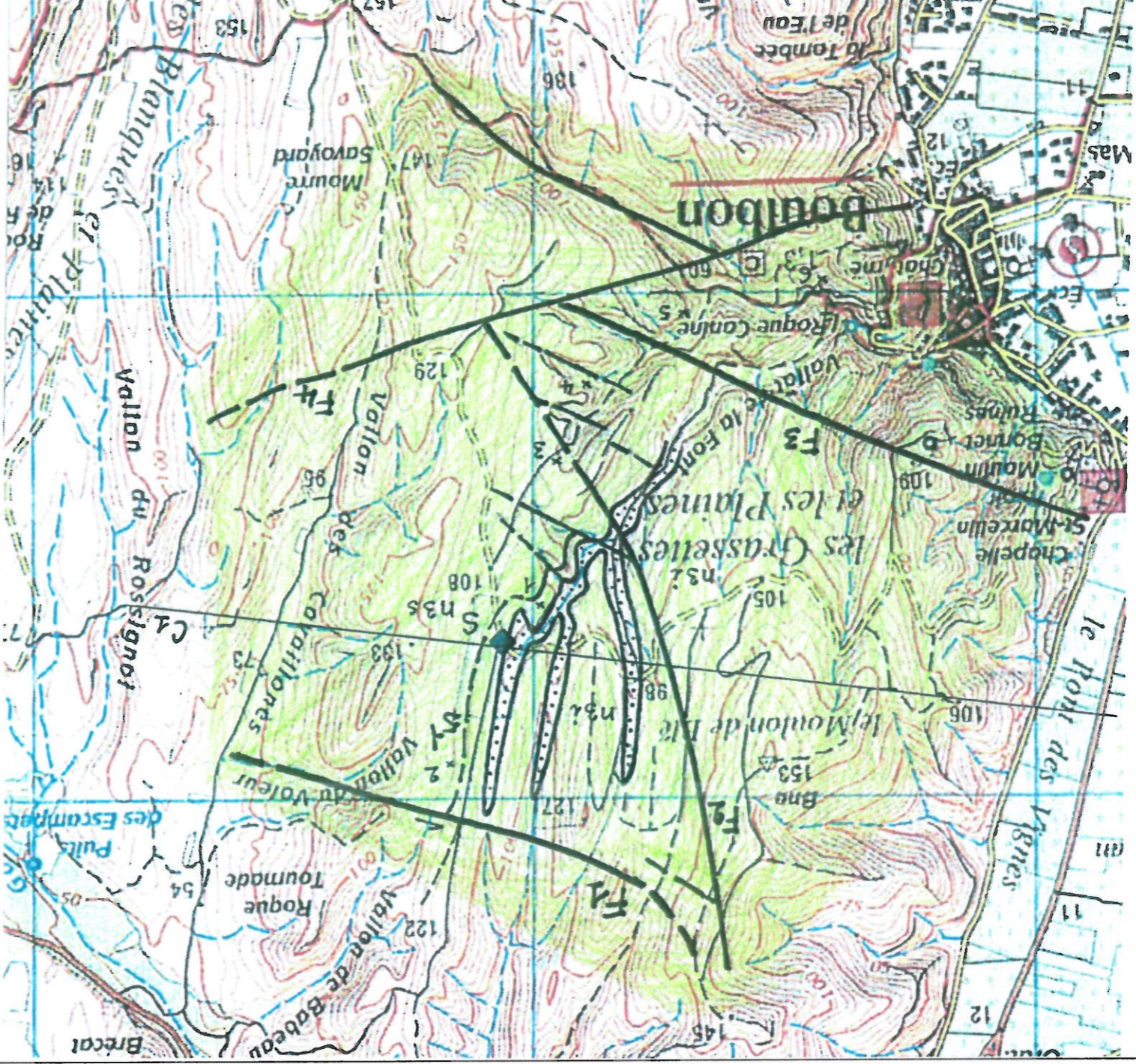


Figure 52

Coupe lithostratigraphique  
du secteur de la Montagnette



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



n3s Hauteur sup.  
n3i Hauteur inf.  
Quaternaire  
F1 faille cartographique  
- - - faille supposée  
x 1/100 Mesures structurales  
C1 coupe géologique

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



0 m  
500 m

Carte géologique du secteur de Boulbon

Figure 53



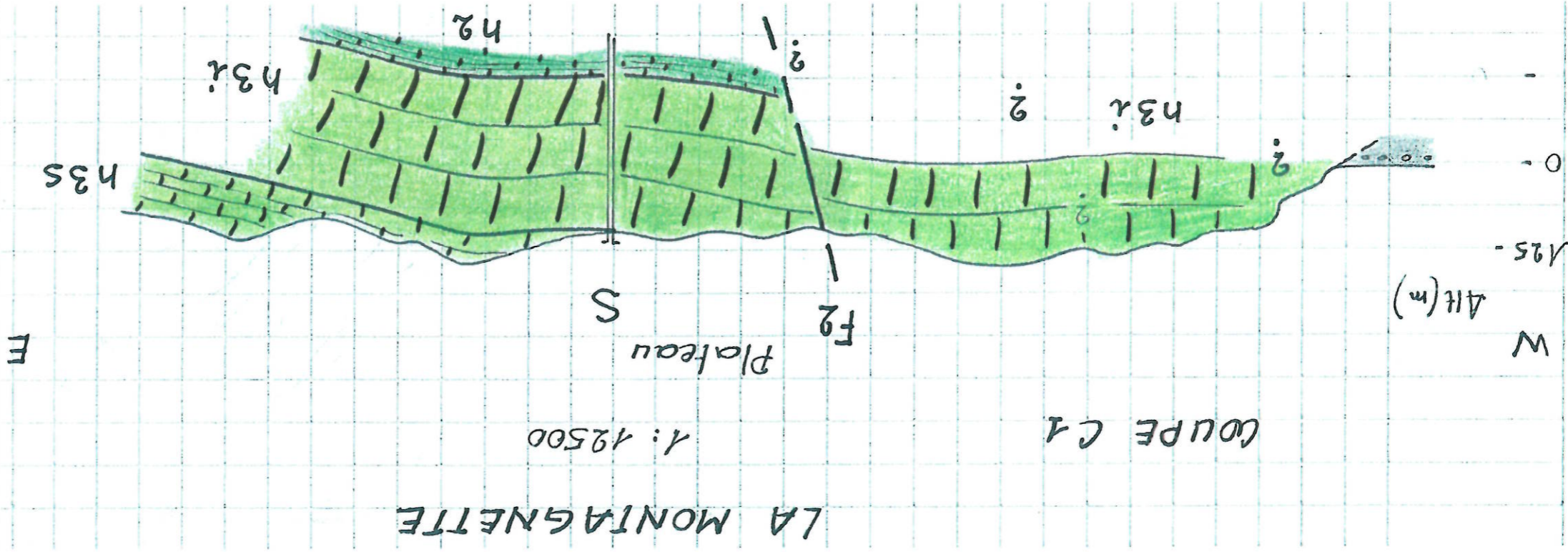
Figure 54

Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur de Boulbon



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MAR060199		



Légende  
 n3 Hauterivien  
 n2 Valanginien

Coupe géologique structurale interprétative  
 du secteur de Boulbon

Figure 55

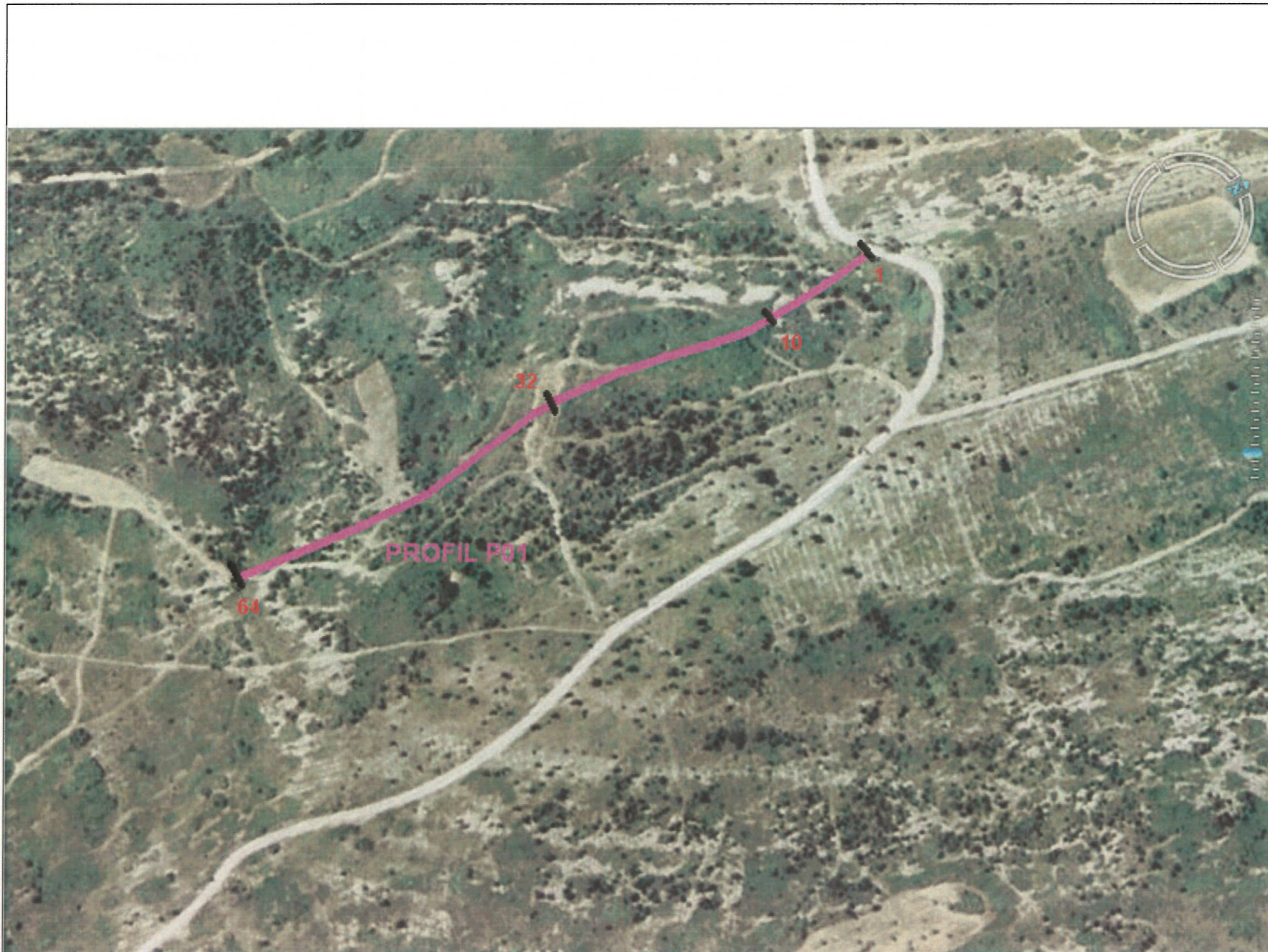


Figure 56

Carte d'implantation du profil géophysique P1  
sur le secteur de Boulbon



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Figure 57

Carte d'implantation du profil géophysique P2  
sur le secteur de Boulbon



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

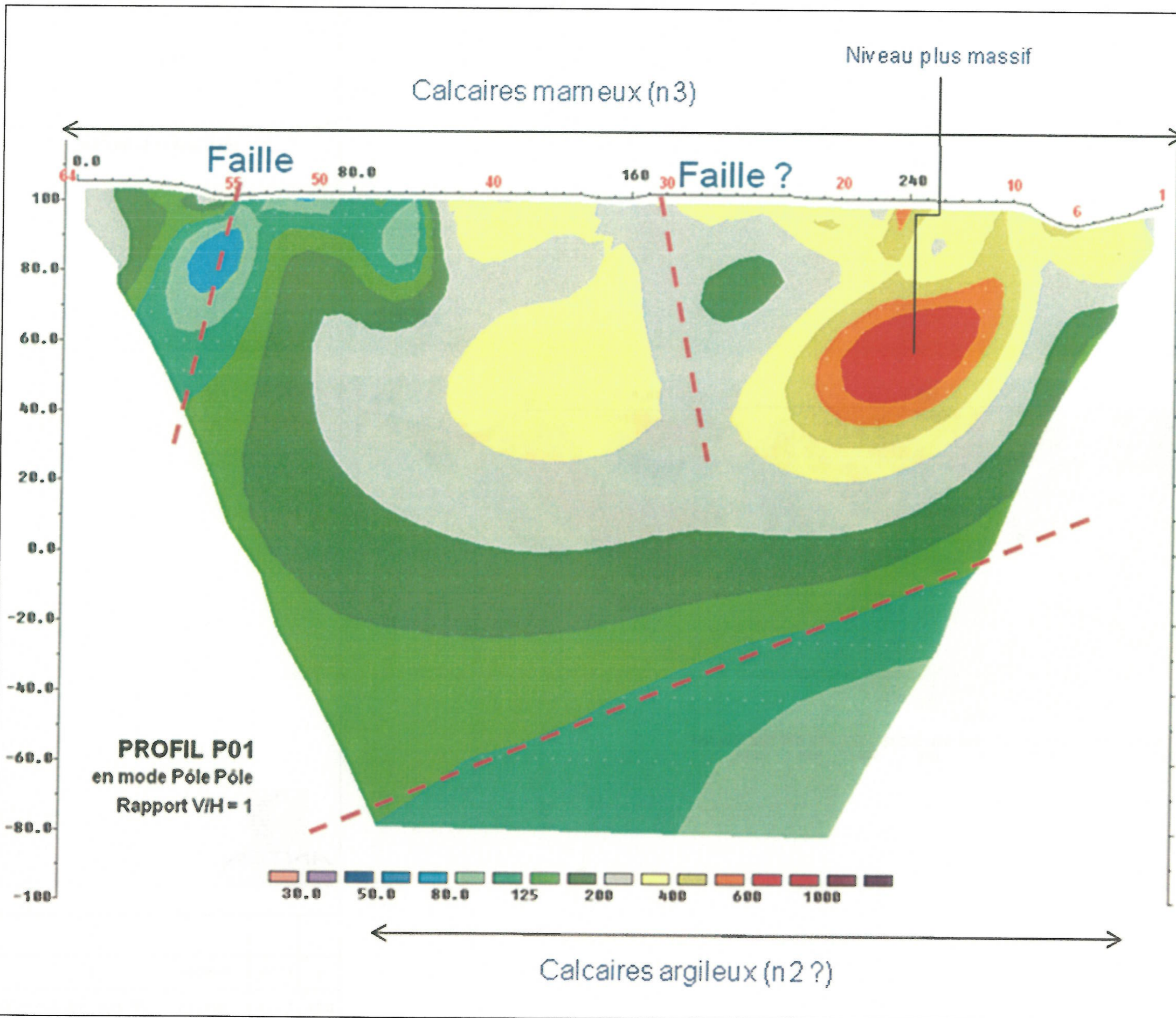


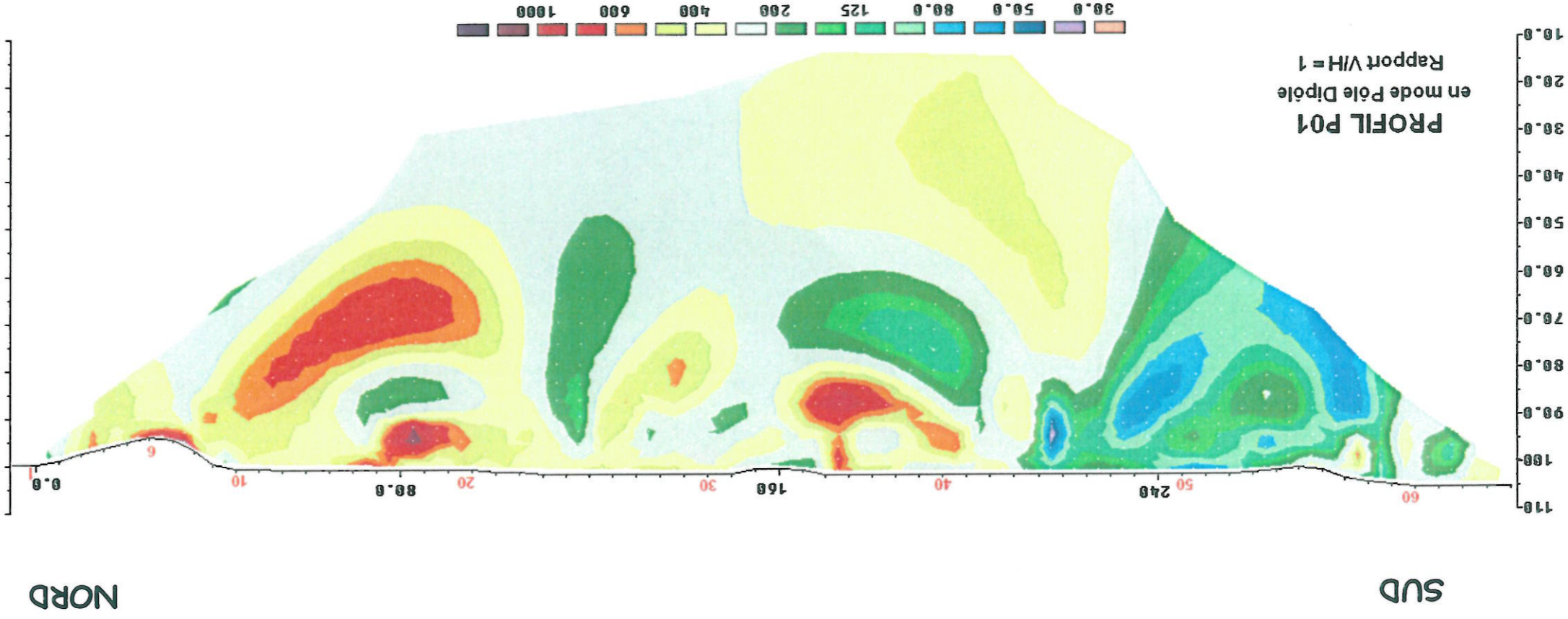
Figure 58

Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Boulbon



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle  
sur le secteur de Boulbon

Figure 59

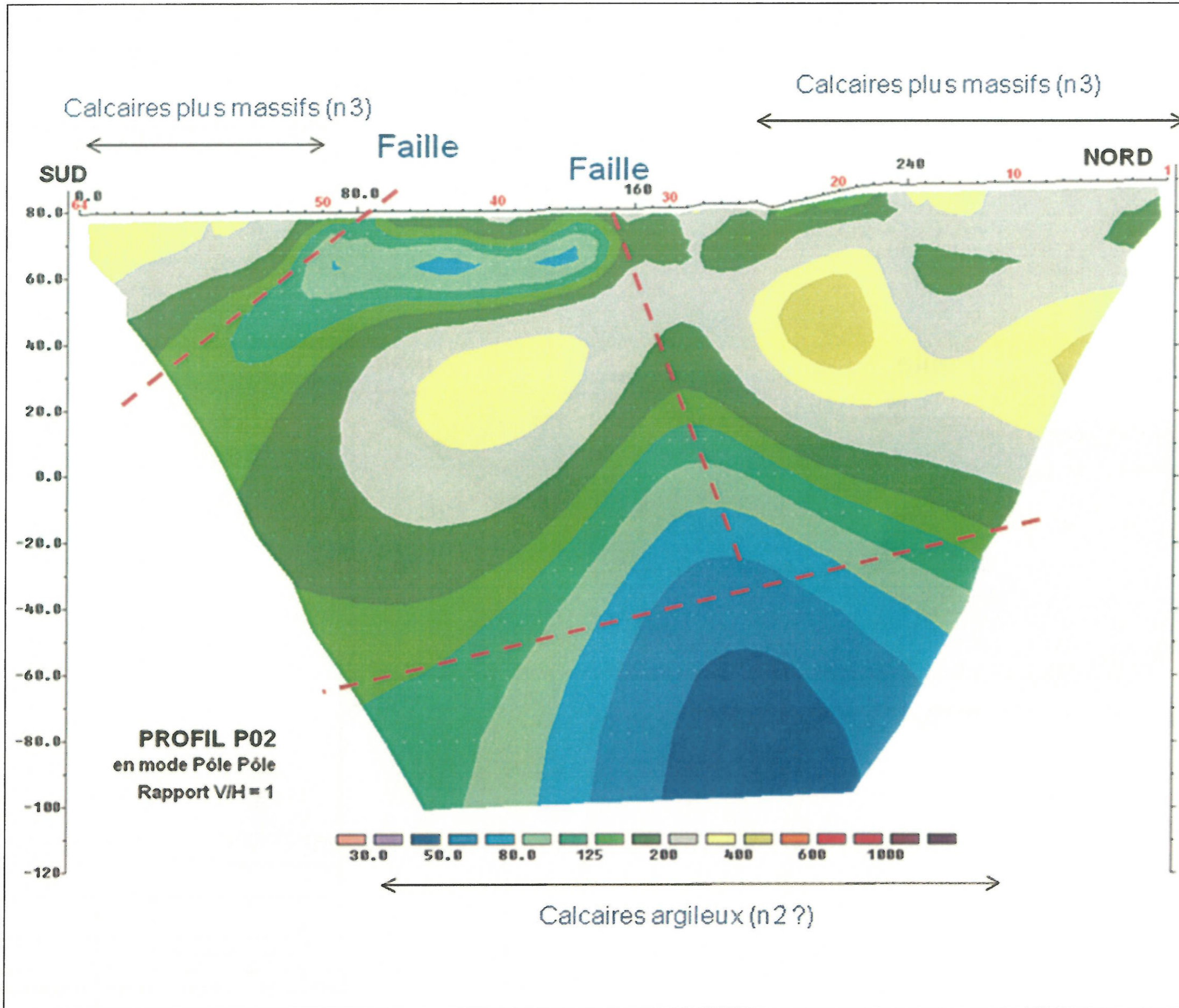


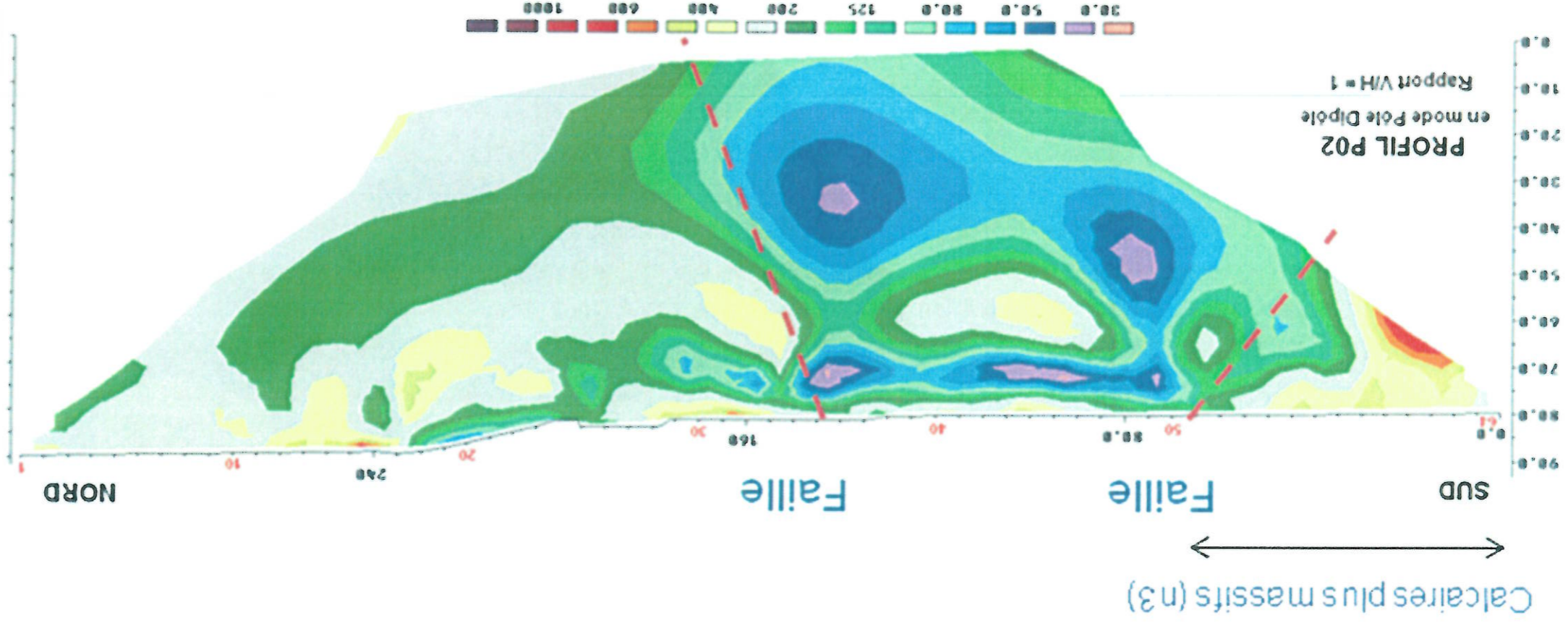
Figure 60

Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Boulbon



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Boulbon

Figure 61

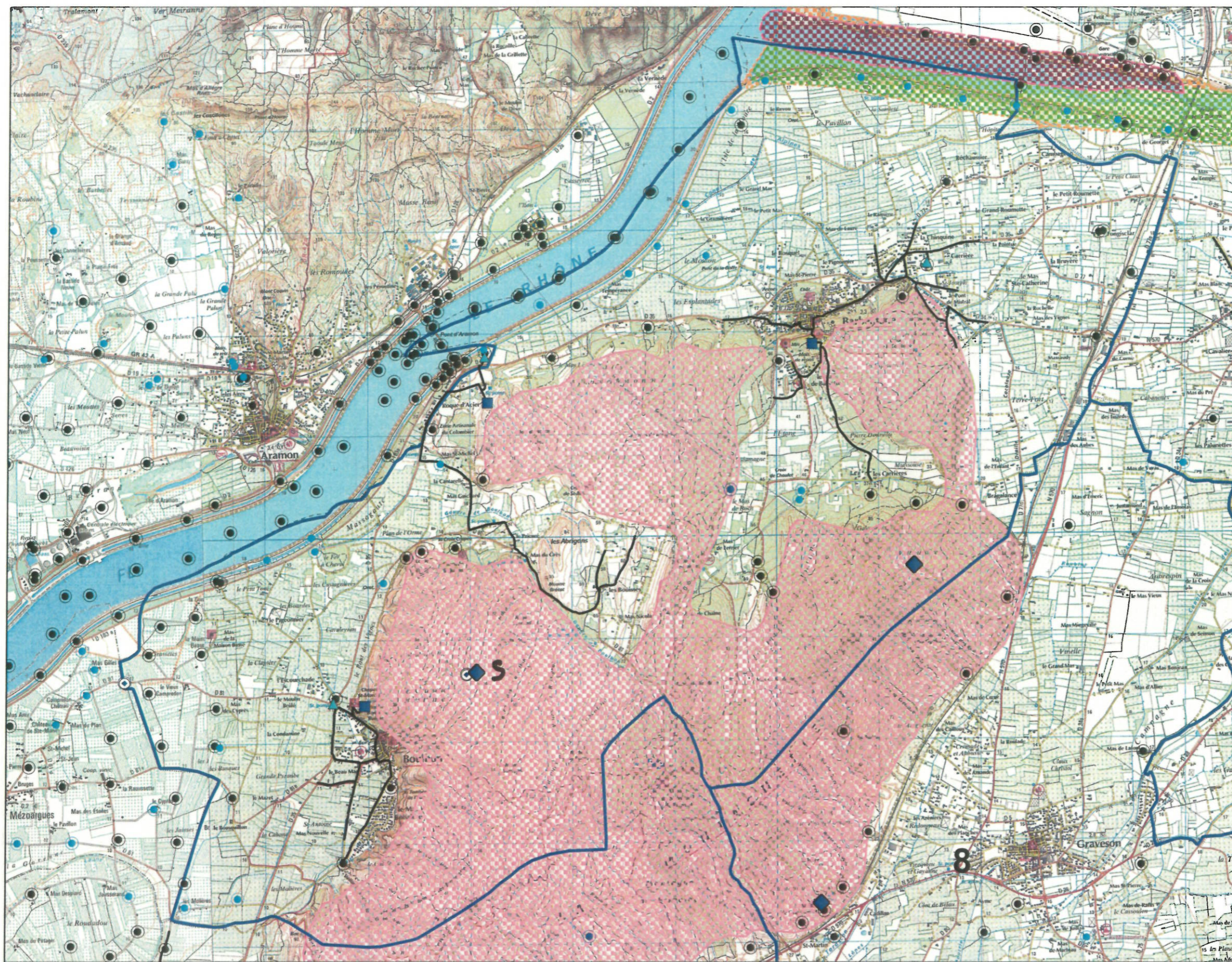


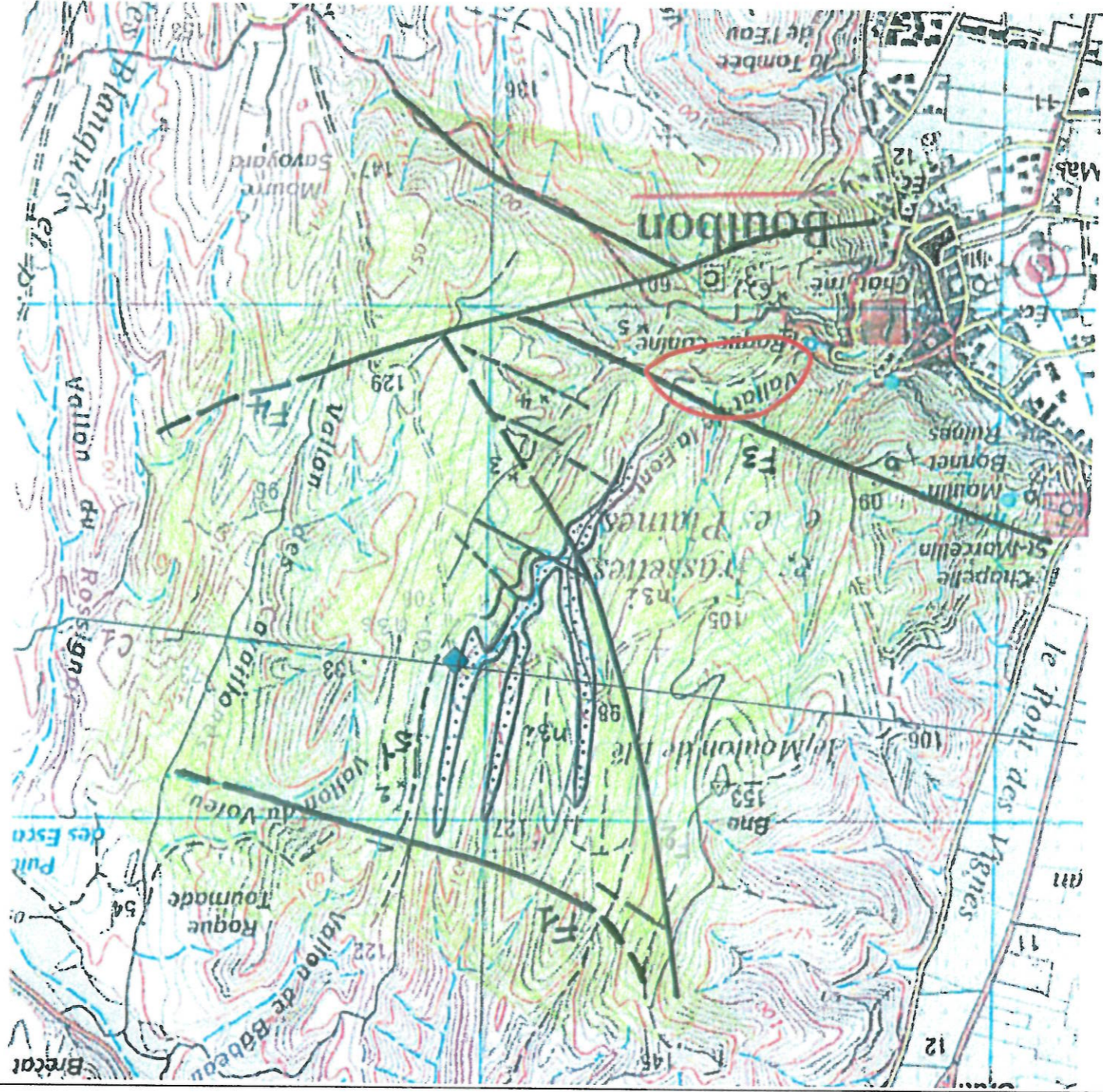
Figure 62  
Carte des contraintes environnementales  
Secteur de Barbantane - Boulbon

Echelle - 1 / 40 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavité naturelle
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice)
- Principales résurgences
- Captage AEP Communal
- Réservoir AEP Communal
- Réseau AEP existant
- Secteur retenu
- ZNIEFF terrestre type I
- ZNIEFF terrestre type II
- ZNIEFF géologique
- SC
- SIC
- ZICO
- ZPS
- Site à investiguer en priorité

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



- n3s Hauterivien sup.
  - n3i Hauterivien inf.
  - Quaternaire
  - f1 faille cartographique
  - - - faille supposée
- \* 1/4 Mesures structurales  
C1 coupe géologique
- Zone à investiguer

Carte de localisation de la zone restant à investiguer dans le secteur de Bouillon

Figure 63



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARPO60199		



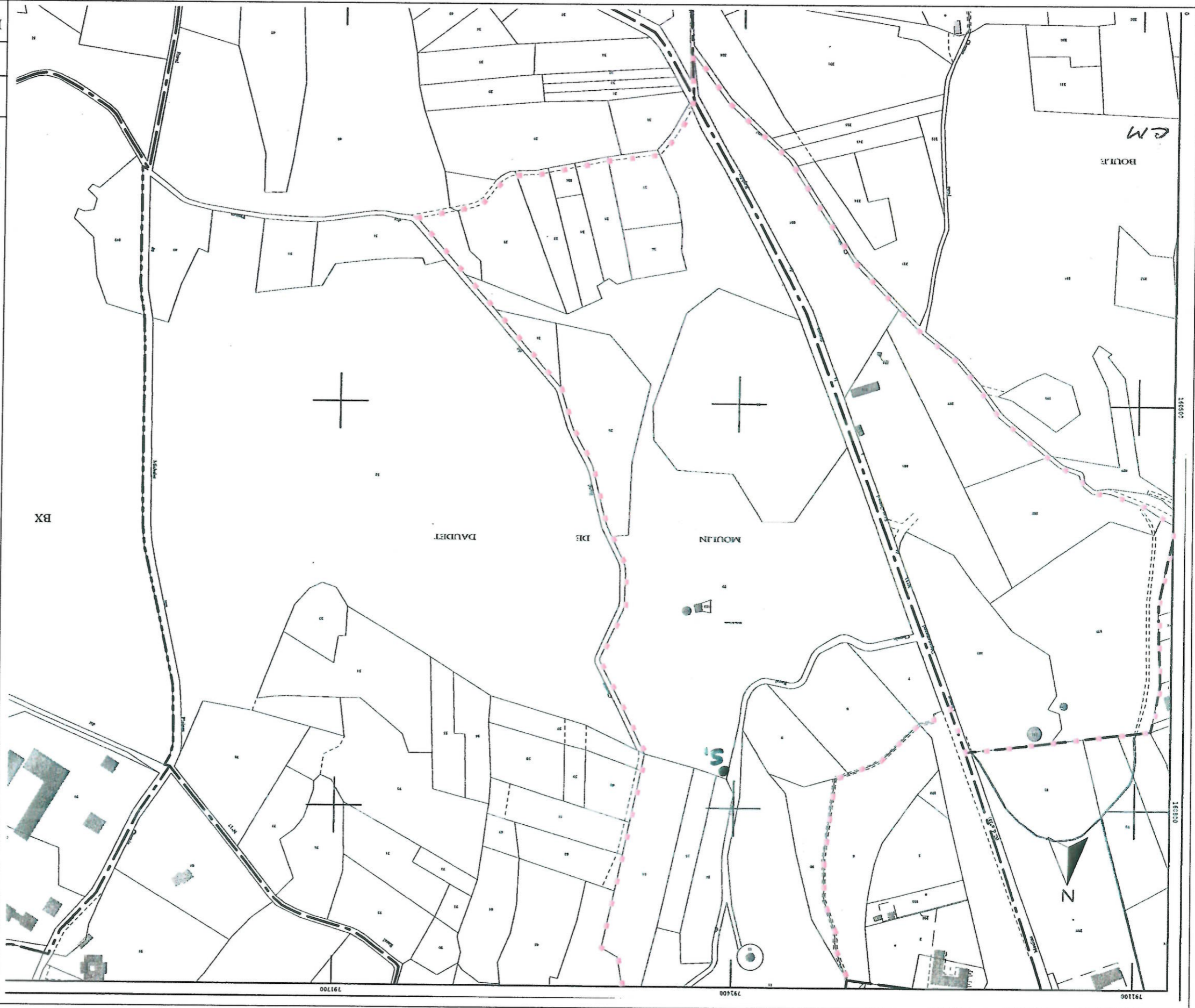
Figure 64  
Carte géologique  
Commune de Fontvieille  
Echelle - 1 / 35 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice...)
- Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Zone d'étude retenue

Echelle 1 / 3 000

Extrait du parcellaire cadastral de Fontvieille

Figure 65



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites

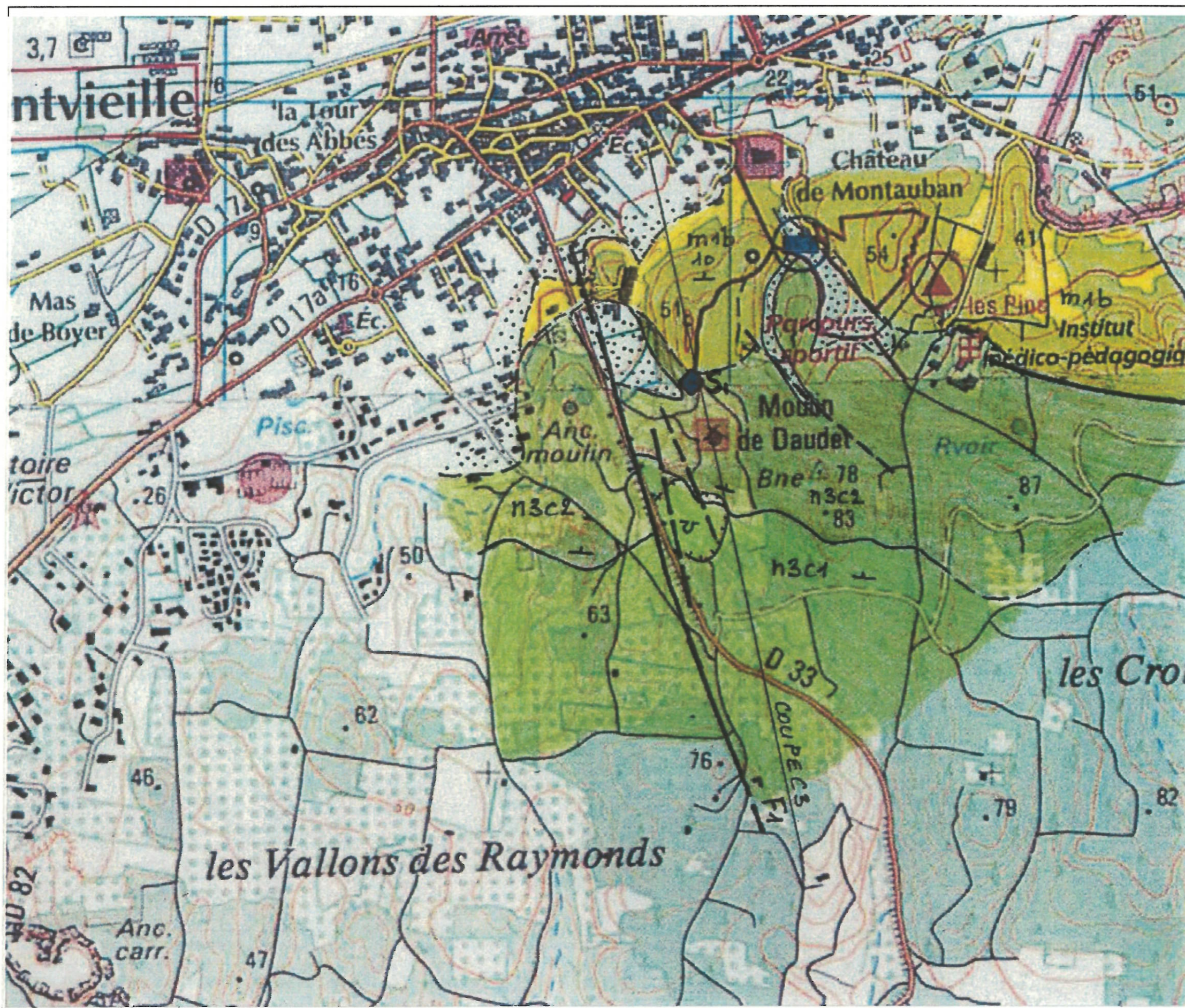


Figure 66

Carte géologique du secteur de Fontvieille

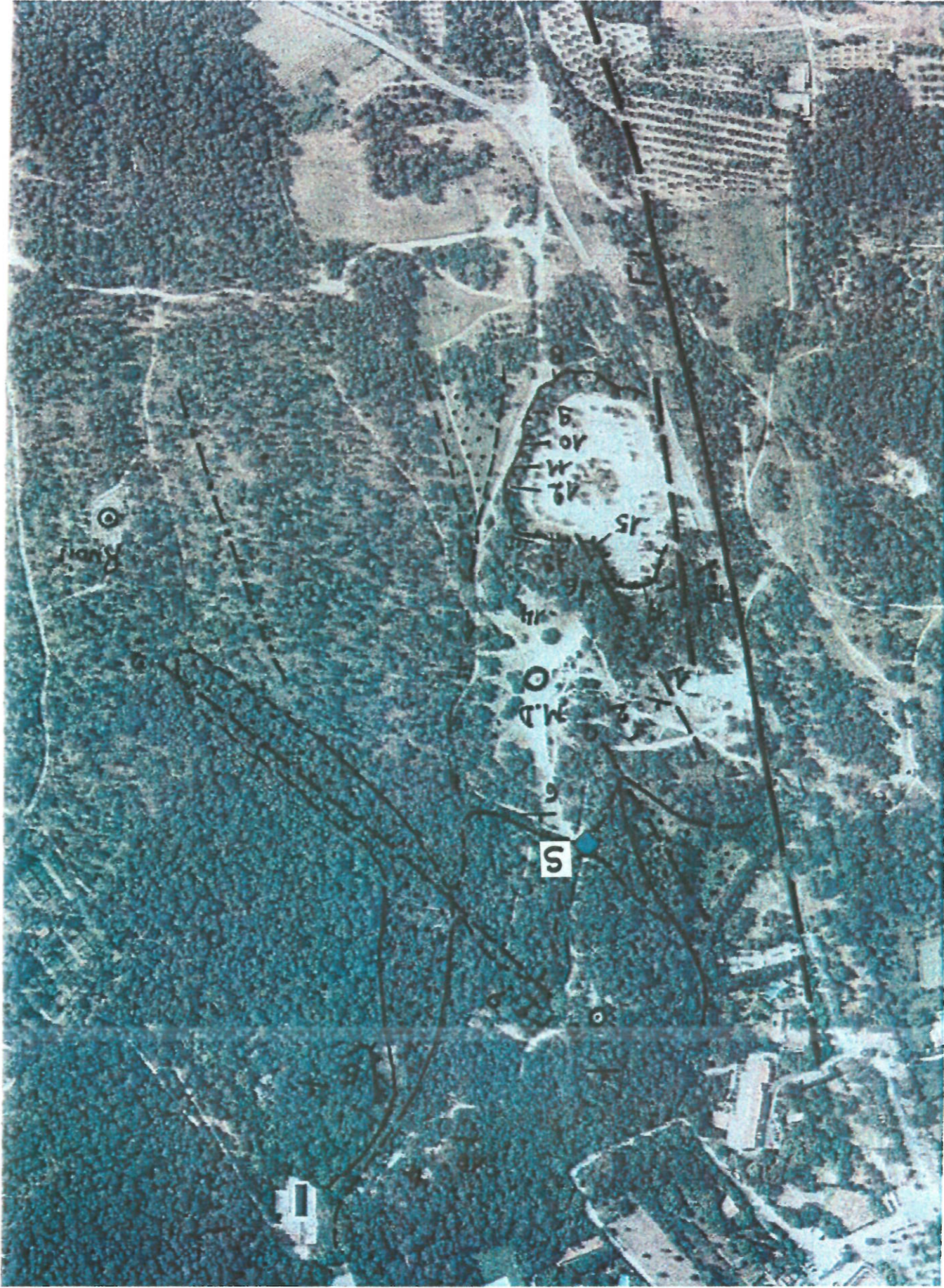
0 m 500 m

Légende

- m1 Burdigalien
- n3 Hauterivien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur de Fontvieille

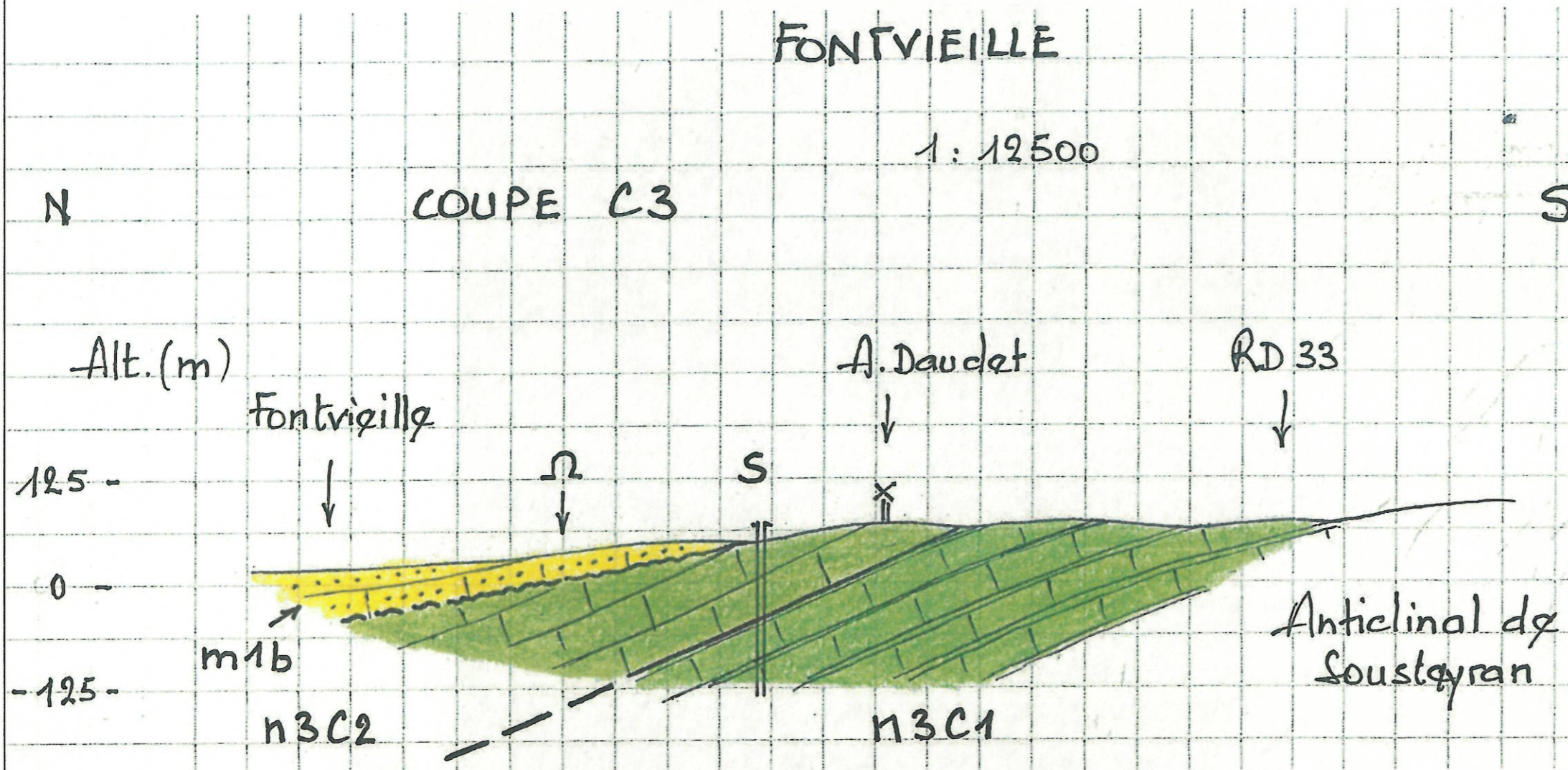
Figure 67



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARPO60199		

Figure 68

Coupe géologique structurale interprétative  
du secteur de Fontvieille



Légende

m1 Burdigalien

n3 Hauterivien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Figure 69  
Carte d'implantation des profils géophysiques P1 et P2 sur le secteur de Fontvieille

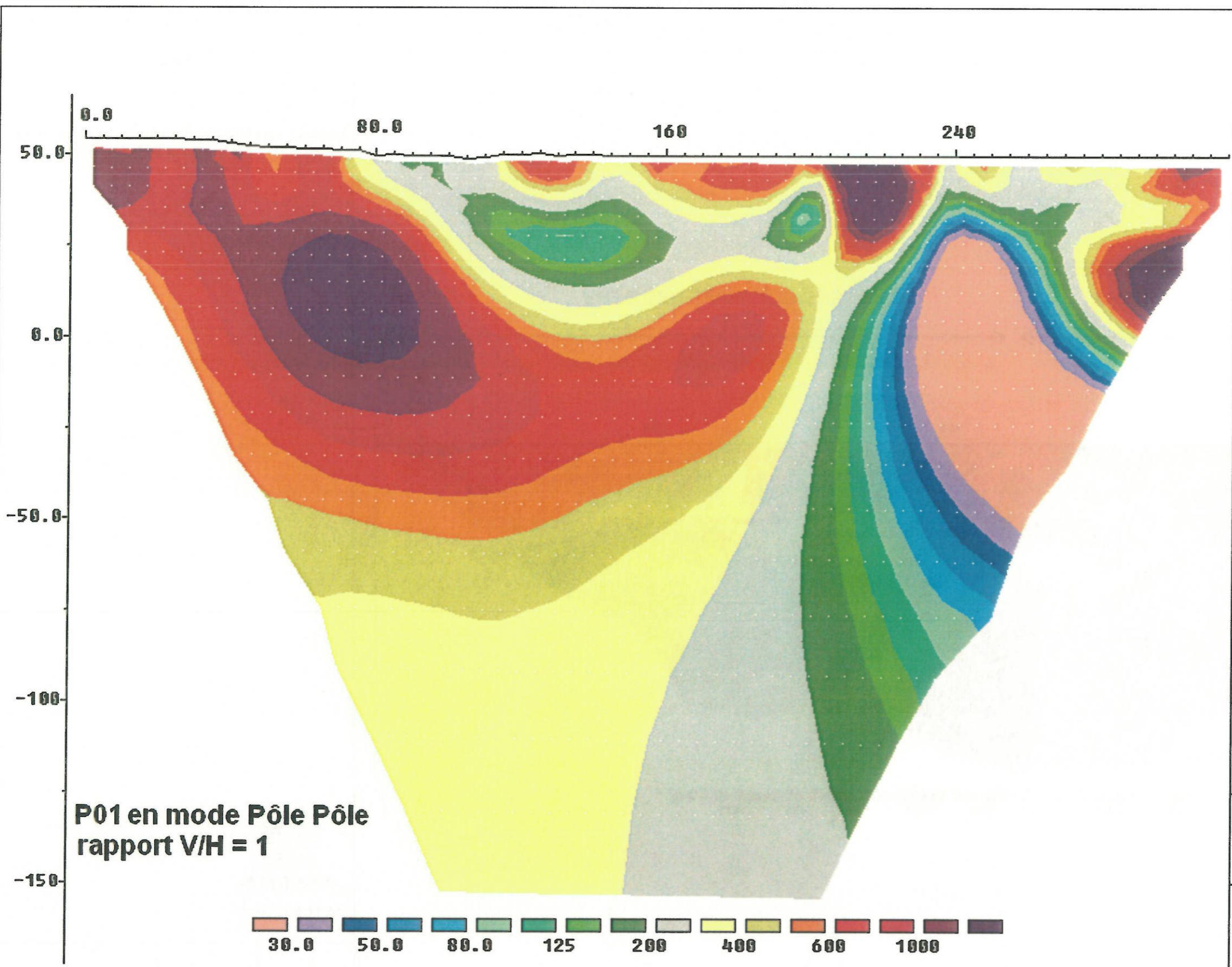


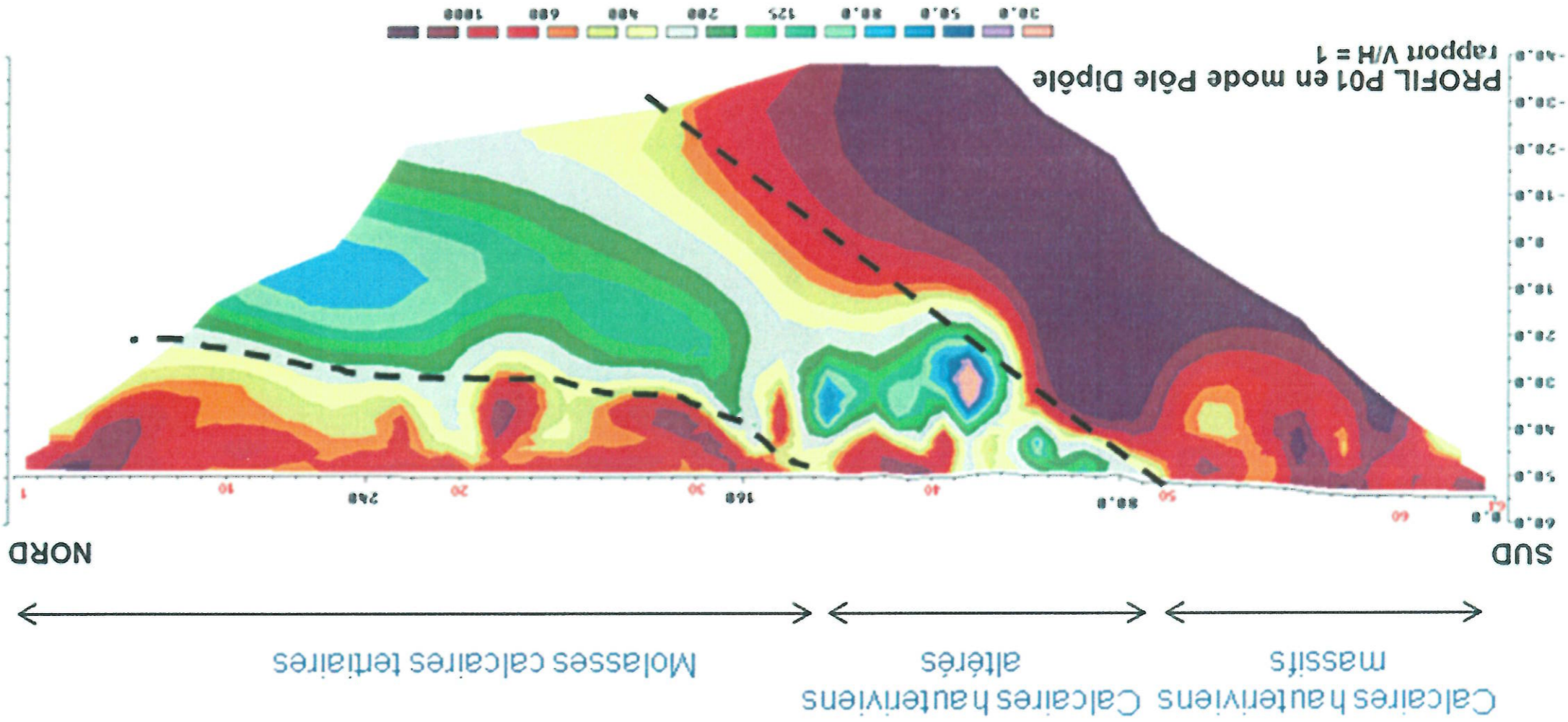
Figure 70

Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-pôle sur le secteur de Fontvieille



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

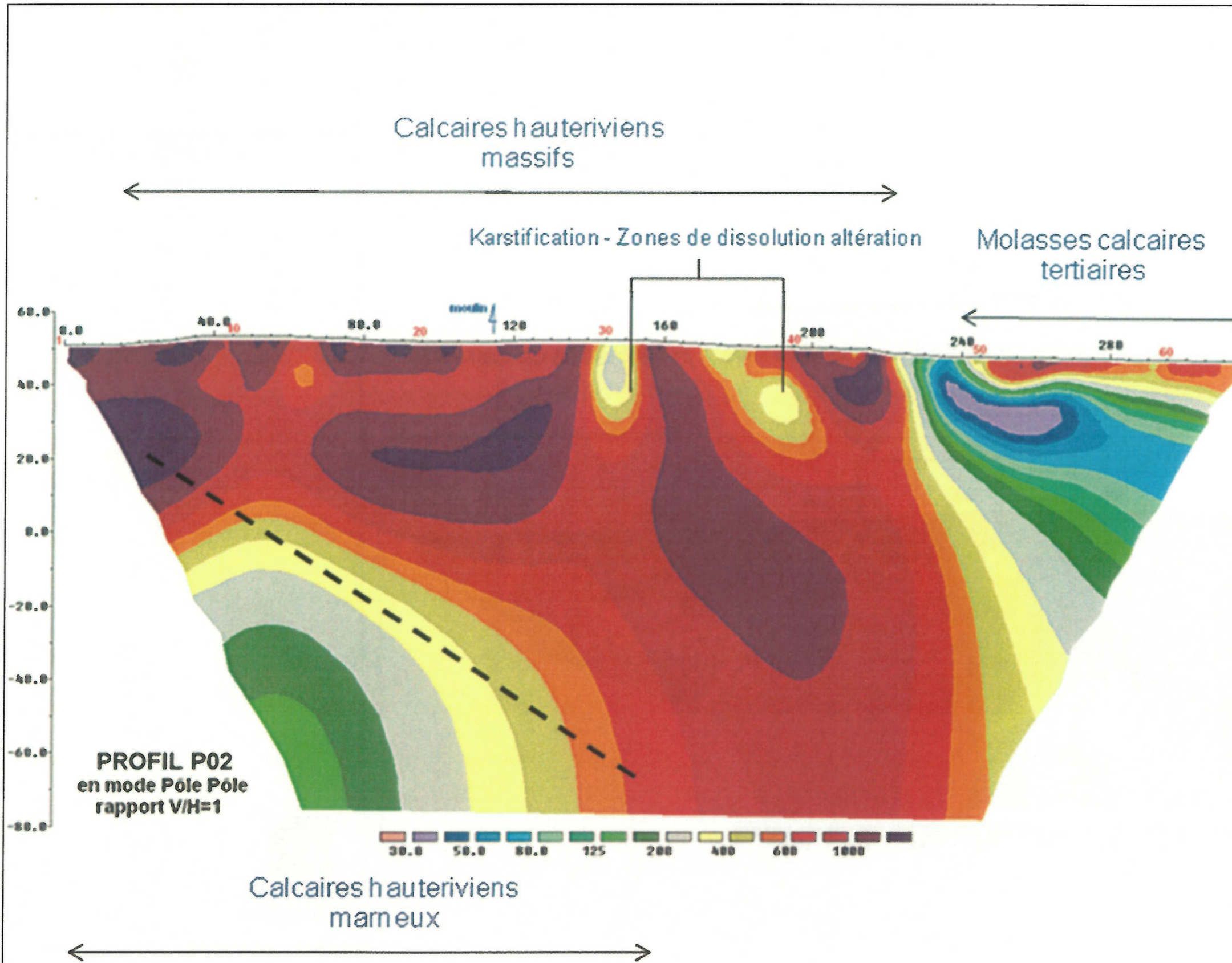


Résultats du profil géophysique P1 en mode pôle-dipôle  
sur le secteur de Fontvieille

Figure 71

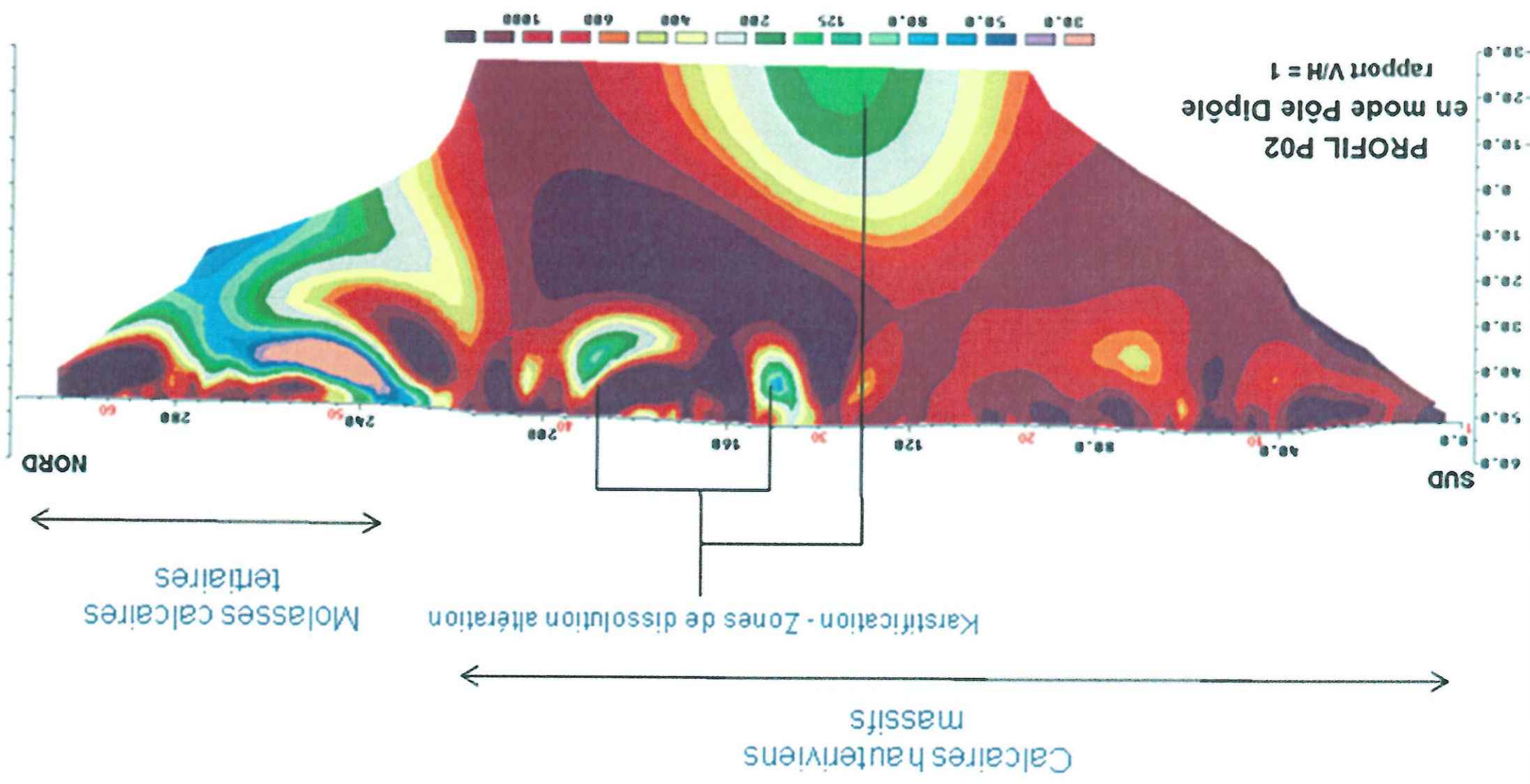
Figure 72

Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-pôle sur le secteur de Fontvieille



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		



Résultats du profil géophysique P2 en mode pôle-dipôle sur le secteur de Fontvieille

Figure 73

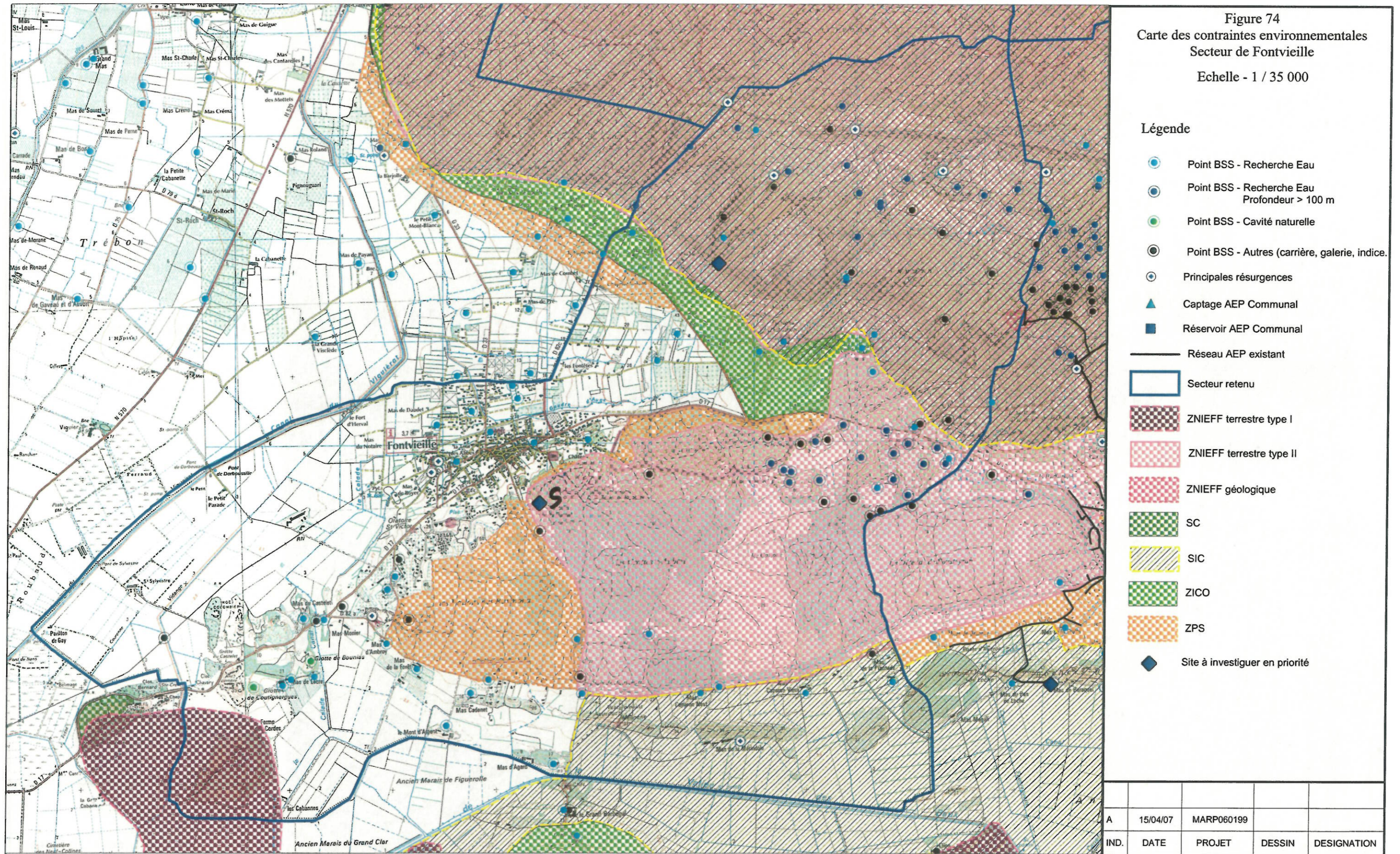


Figure 74  
Carte des contraintes environnementales  
Secteur de Fontvieille  
Echelle - 1 / 35 000

- Légende**
- Point BSS - Recherche Eau
  - Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
  - Point BSS - Cavité naturelle
  - Point BSS - Autres (carrière, galerie, indice)
  - Principales résurgences
  - Captage AEP Communal
  - Réservoir AEP Communal
  - Réseau AEP existant
  - Secteur retenu
  - ZNIEFF terrestre type I
  - ZNIEFF terrestre type II
  - ZNIEFF géologique
  - SC
  - SIC
  - ZICO
  - ZPS
  - Site à investiguer en priorité

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



Figure 75  
 Carte de localisation  
 des sondages de reconnaissance  
 Secteur de Fontvieille  
 Echelle - 1 / 2 500  
 Légende  
 ◆ Sondage de reconnaissance

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

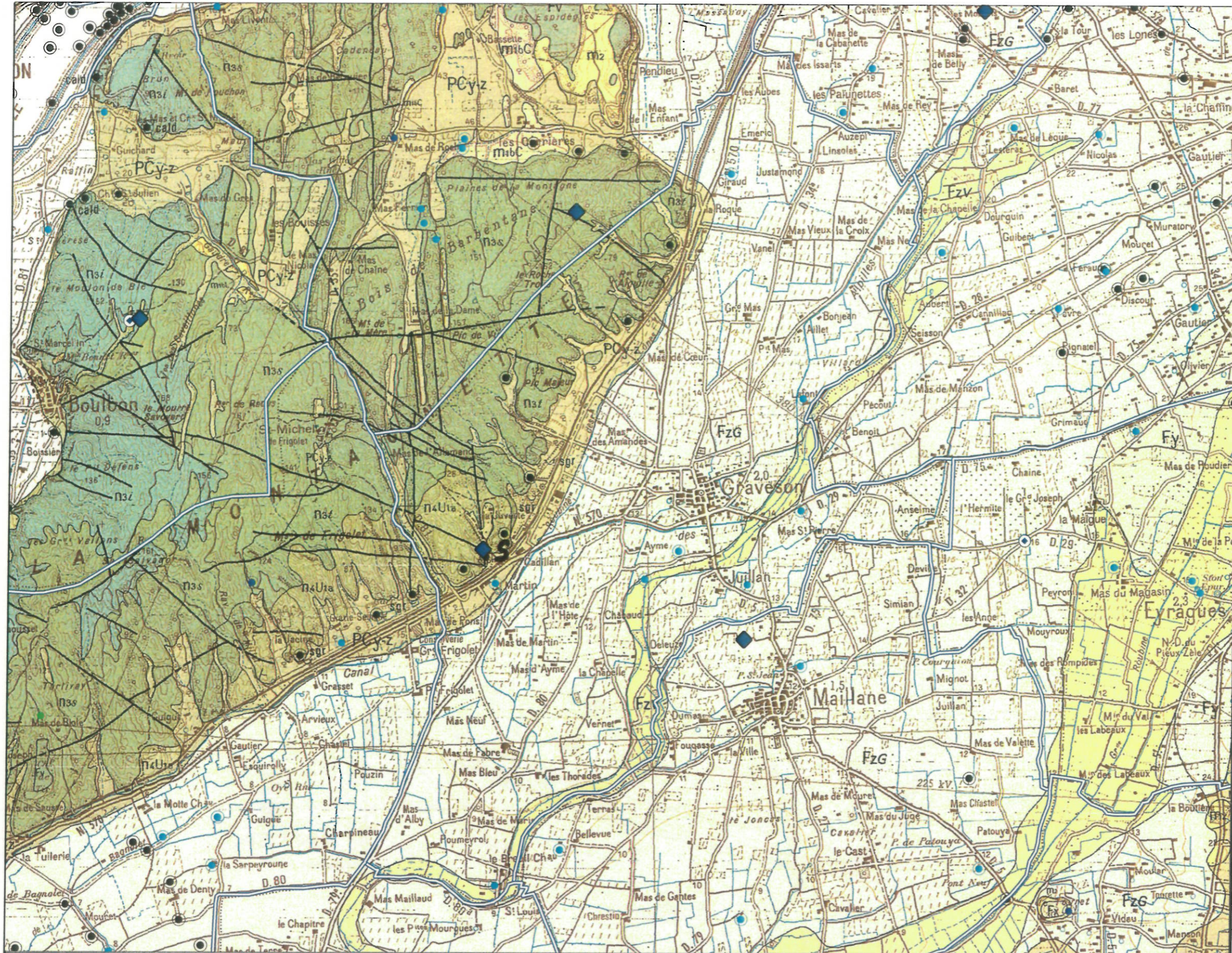


Figure 76  
Carte géologique  
Commune de Graveson  
Echelle - 1 / 40 000

Légende

- Point BSS - Recherche Eau
- Point BSS - Recherche Eau Profondeur > 100 m
- Point BSS - Cavités naturelles
- Point BSS - Autres (carrère, galerie, indice...)
- Principales résurgences
- ◆ Site à investiguer en priorité
- Limite communale

Voir légende de la carte géologique en annexe

A	15/04/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

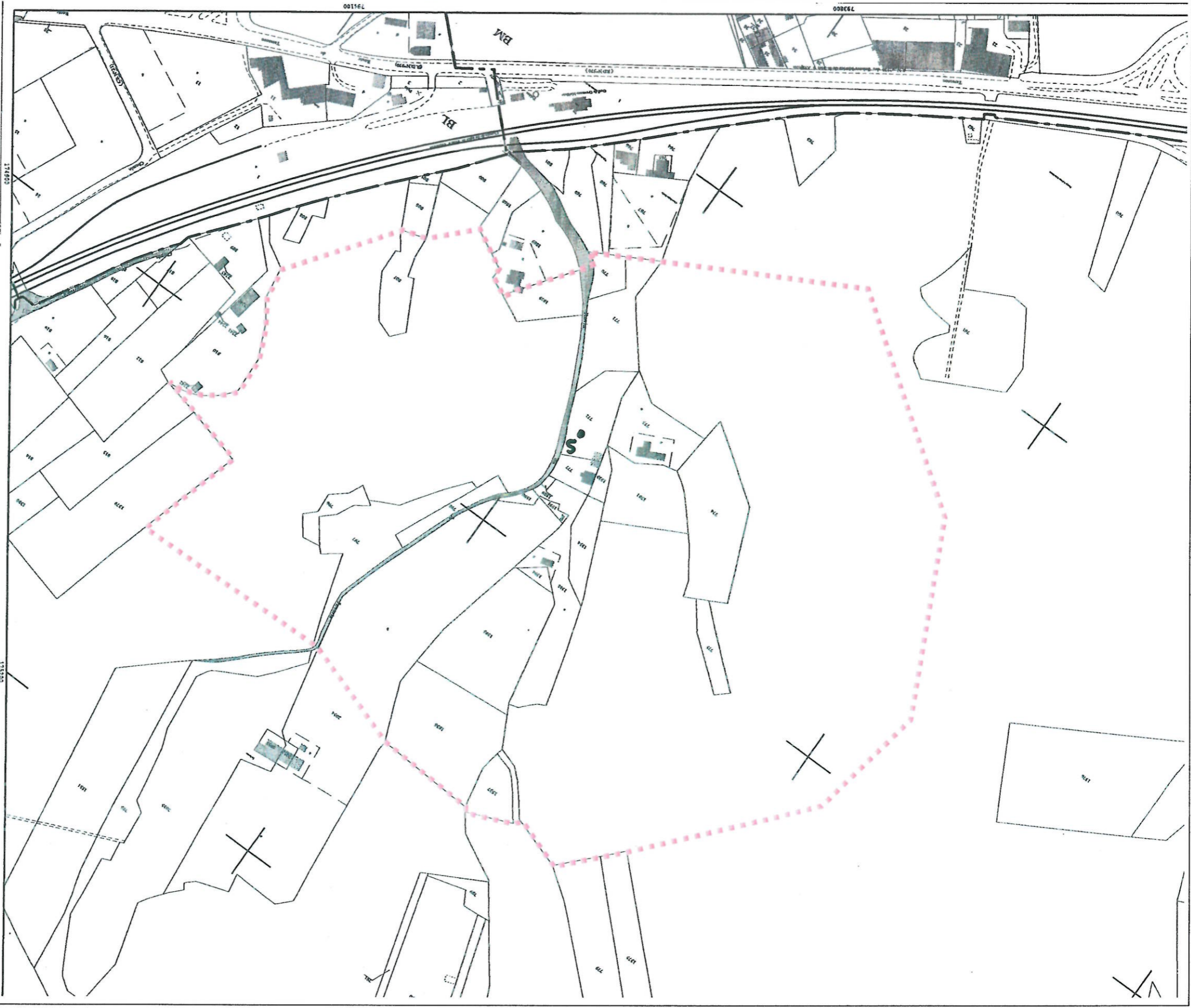


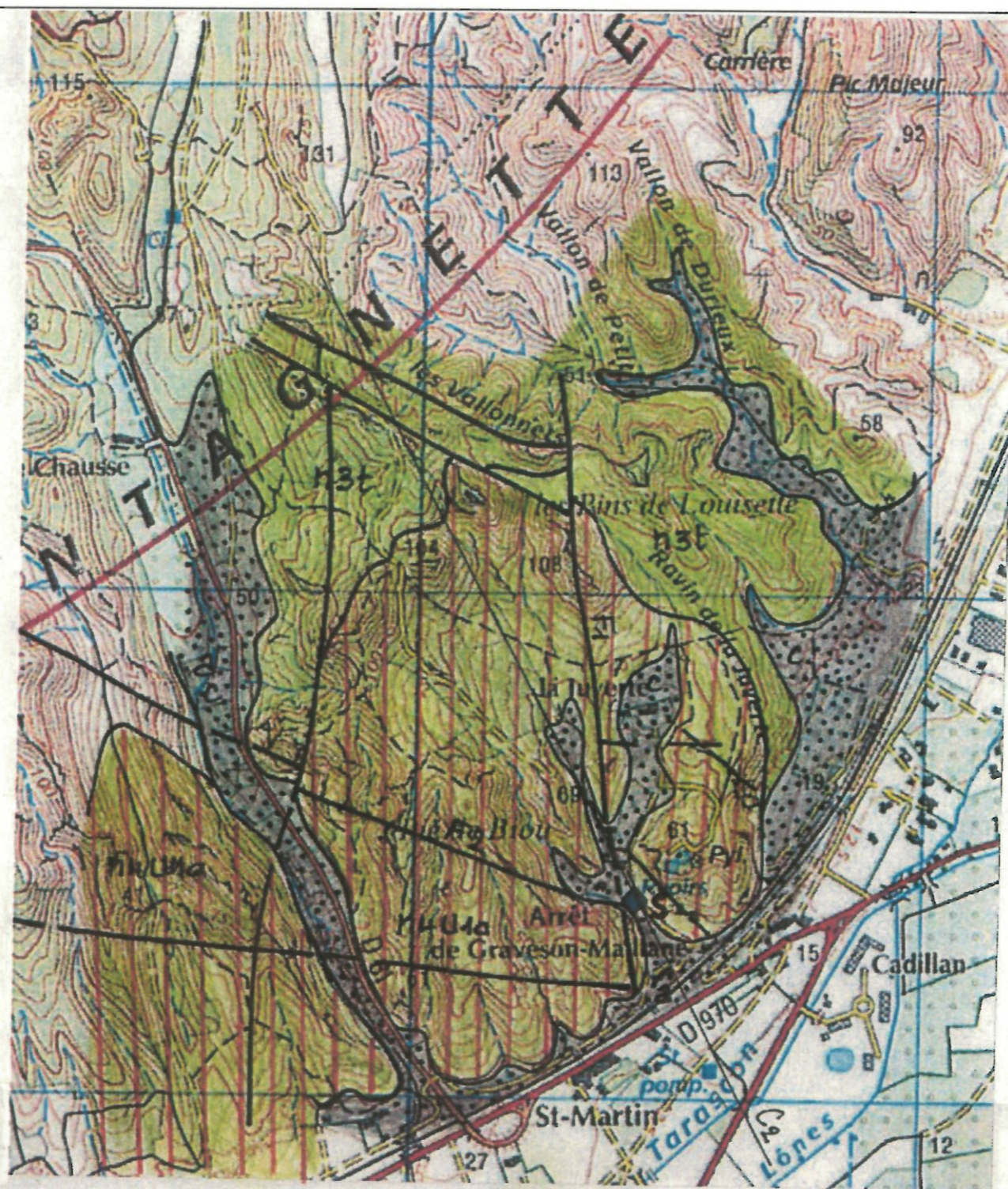
Figure 77

Extrait du parcelaire cadastral de Gravason  
Section D

Echelle 1 / 3 000

Zone d'étude retenue

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	21/09/07	MAR P 06 0199	FM	CG13 cadastre limites



NH41a Urganien (Bar.) C2 Coupe géologique  
 n3t Hauterivien terminal  
 ☺ Quaternaire  
 / F1 Faille cartographique

Figure 78

Carte géologique du secteur de Graveson

0 m 500 m



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MARP060199		

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	15/10/07	MAR060199		



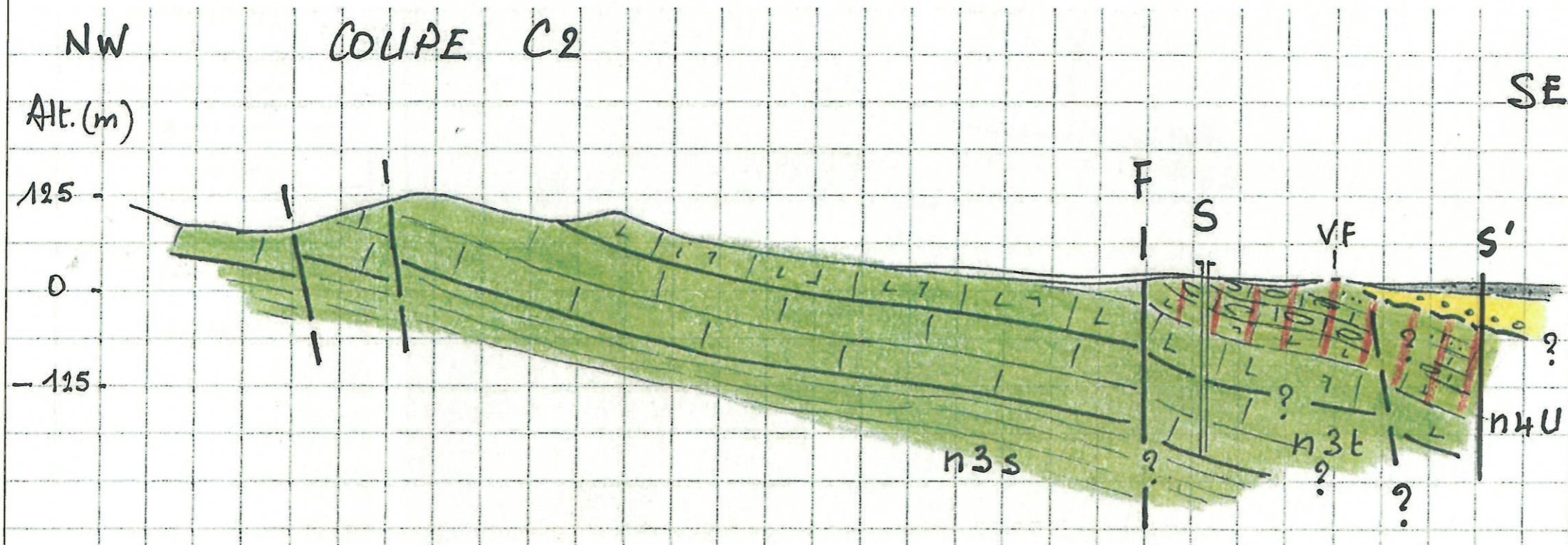
Etude structurale sur photo aérienne  
du secteur de Graveson

Figure 79



Figure 80

Coupe géologique structurale interprétative  
du secteur de Graveson



Légende

n4U Urgonien

n3 Hauterivien



A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

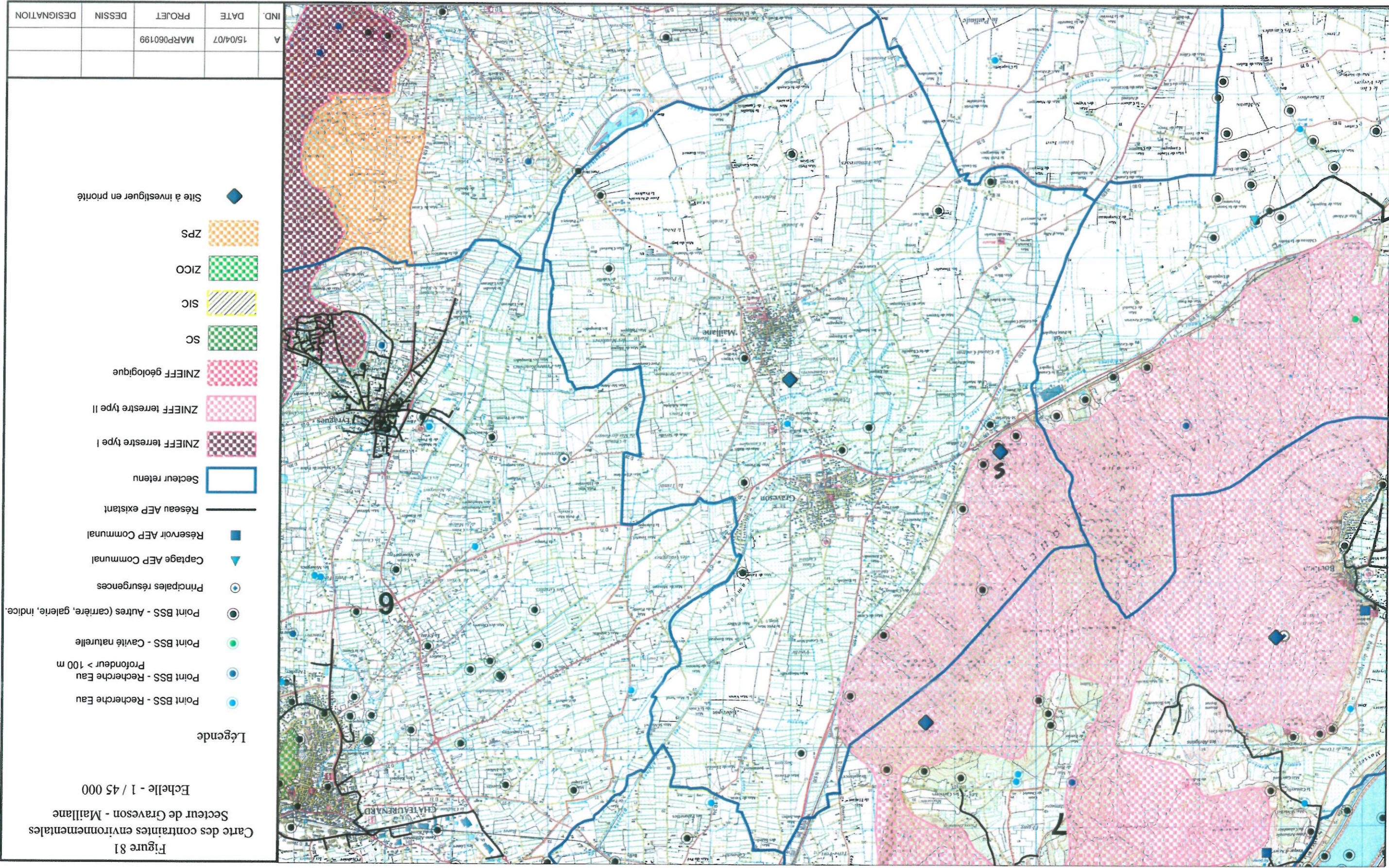




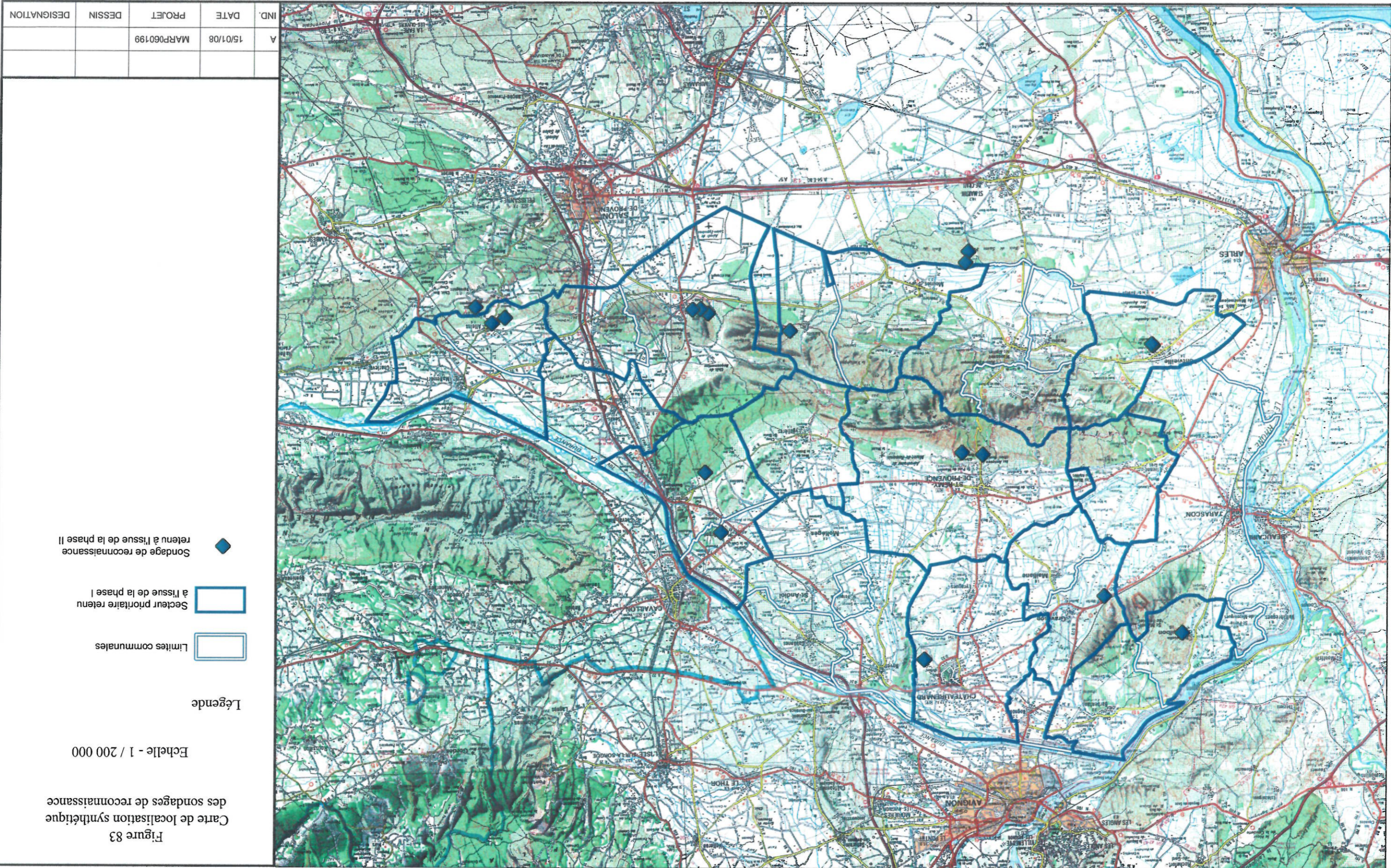
Figure 82  
Carte de localisation  
du sondage de reconnaissance  
Secteur de Graveson

Echelle - 1 / 4 000

Légende

◆ Sondage de reconnaissance

A	15/10/07	MARP060199		
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



## **Annexes**

## **Annexe 1**

### Méthodologie de l'Imagerie Electrique

(8 pages)

## METHODOLOGIE

### 1 - Imagerie Electrique

La méthode par Imagerie électrique n'est pas nouvelle. Elle fait partie des techniques connues sous l'appellation plus générale des 'panneaux électriques'. Ce qui rend cette technique plus attractive actuellement c'est la combinaison des moyens matériels d'acquisition très sophistiqués et des moyens de traitement.

Cela en fait une méthode assez rapide malgré le grand nombre de mesures nécessaires pour obtenir une bonne "image" des variations de la résistivité.

### 2 - Rappel des principes de base

Cette technique fait appel à la mesure de la *résistivité électrique* pour caractériser une formation du sous-sol. La résistivité est en effet très sensible à la nature minéralogique du milieu et à sa teneur en eau. On peut par conséquent distinguer les milieux les plus divers pourvu que le contraste des résistivités soit assez fort.

Dans un terrain homogène et isotrope lorsqu'on injecte un courant électrique les lignes de flux  $\vec{I}$  et les surfaces d'équipotentiels peuvent être schématiquement représentées de la manière suivante (voir la figure E1 ci-dessous)

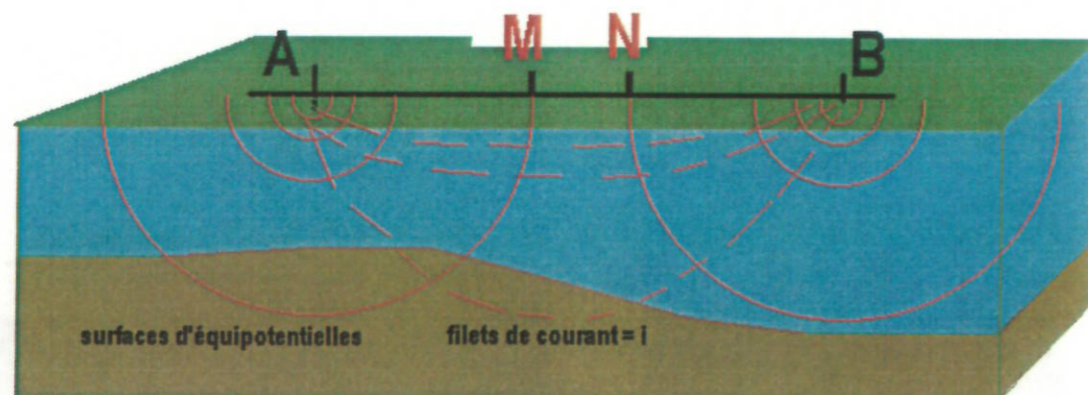


Figure N° E1

Lorsque les couches ne sont pas homogènes on note des distorsions des lignes de courant et des surfaces d'équipotentiels le long de ces hétérogénéités.

Le principe des mesures est le suivant : on injecte un courant en A et B et on mesure la différence de potentiel existant sur les électrodes M et N.

Connaissant I et U on peut en déduire la valeur de la résistivité du sol, c'est l'application de la Loi d'Ohm généralisée telle que:

$$\Rightarrow U = R \times I \times k$$

avec:

U correspond au potentiel mesuré entre 'M' et 'N', exprimé en volts;

R correspond à la résistivité, exprimée en  $\Omega m$

I correspond à l'intensité du courant qui traverse les terrains et s'exprime

en

Ampères

k est le coefficient lié à la géométrie du système utilisé.

Si on répète la mesure pour des écartements variables entre A et B, ainsi qu'entre M et N, on réalise ce que l'on nomme un « Sondage Electrique Vertical » (ou S.E.V)

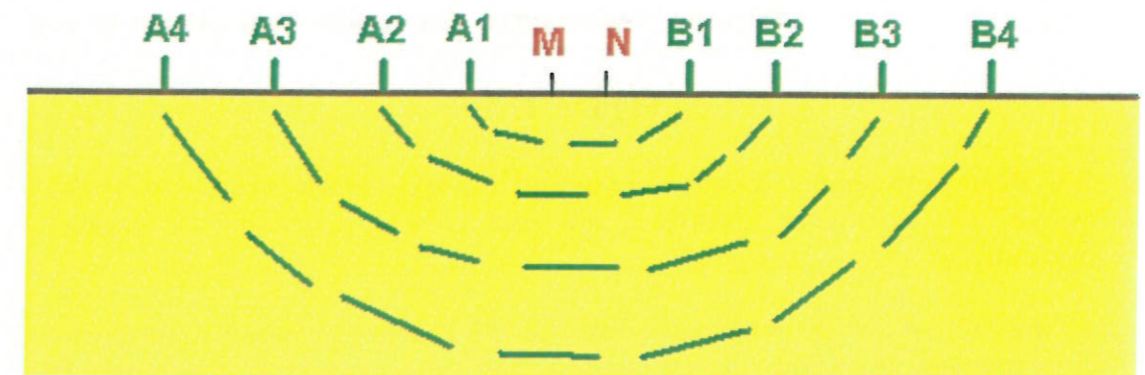


Figure E 2

En effet plus l'écartement entre les électrodes A et B est grand et plus les lignes de courant pénètrent profondément dans le sol. La mesure du potentiel en M et N qui est directement fonction des couches de surface lorsque A et B sont proches, devient de plus en plus influencée par les couches profondes au fur et mesure que A et B s'éloignent. C'est le principe du sondage électrique classique.

La résistivité que l'on mesure ainsi est dite apparente car elle est fonction des différentes couches rencontrées depuis la surface. Il faut ensuite interpréter et traiter ces mesures pour passer des valeurs apparentes aux résistivités vraies.

Dans le cas de l'imagerie électrique nous reprenons ce principe de base mais nous l'appliquons avec un quadripôle qui se déplace le long d'un profil.

Nous avons sur un câble 64 électrodes disponibles. Les mesures vont se faire en prenant par exemple un quadripôle simple AMNB de longueur fixe qui va simplement se déplacer le long du profil.

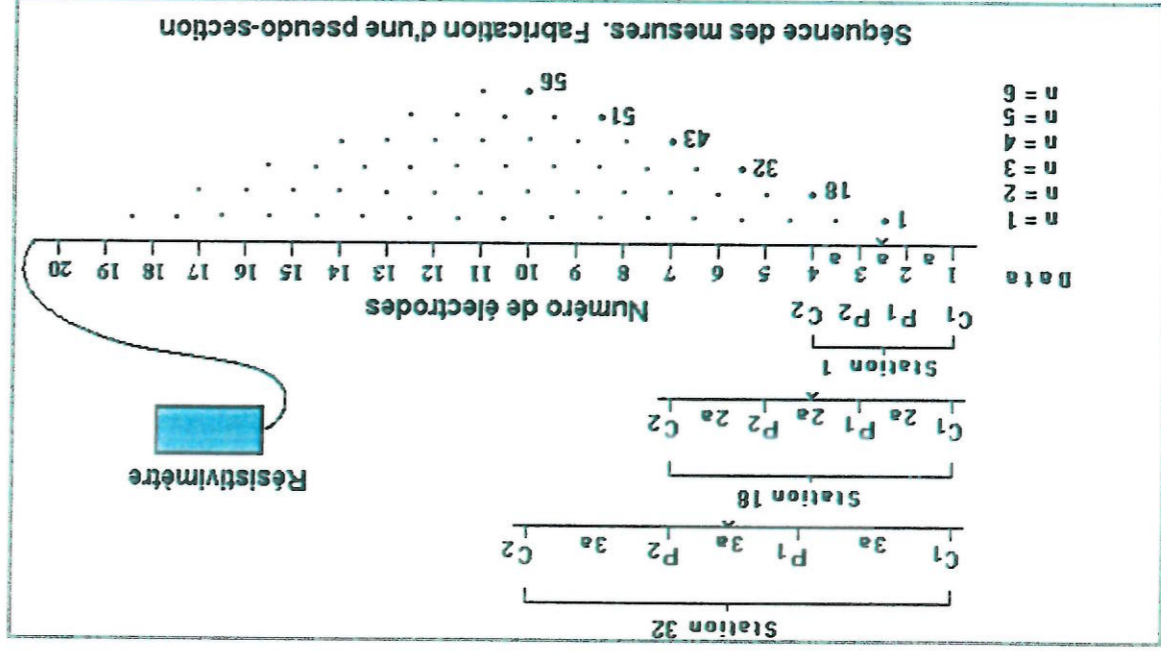


Figure E 3

Ce système nous permet de construire ce que l'on appelle une pseudo-section des mesures des résistivités apparentes qui sera ensuite traitée par un logiciel spécifique.

Les mesures se font de manière séquentielle et à chacun des niveaux correspond un écartement particulier des électrodes. Plus cet écartement grandit plus la profondeur d'investigation croît. On poursuit les mesures avec des quadripôles de plus en plus larges jusqu'à épuisement des combinaisons possibles. Dans la pratique toutes les combinaisons ne sont pas mesurées.

La pseudo section est donc construite pas à pas. L'espacement inter-électrode joue également sur la précision que l'on souhaite obtenir en terme de « zonage planimétrique des anomalies ». Plus cet espacement sera réduit et meilleur sera la définition des anomalies et surtout leur volume. Il va de soit que l'on doit trouver le meilleur compromis entre cette valeur de l'espacement inter-électrode et la profondeur d'investigation souhaitée. C'est pourquoi les objectifs doivent être parfaitement énoncés lors de la définition de la mission.

Il existe de multiples configurations de mesures comme par exemple :

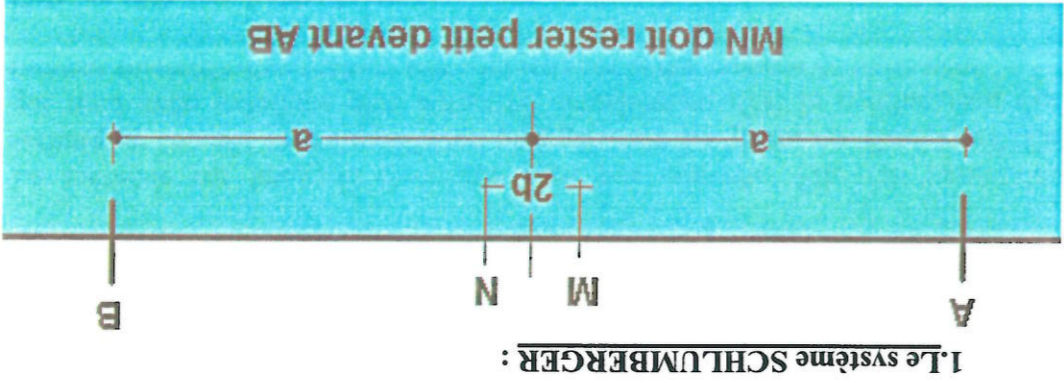


Figure E 4

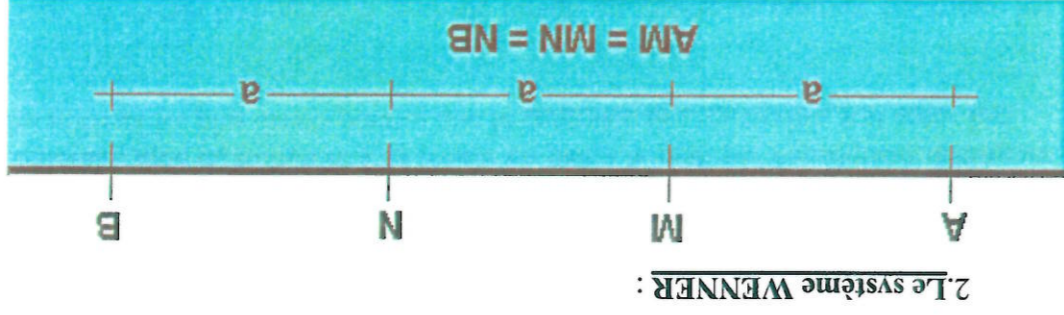


Figure E 5

Ces systèmes sont classés dans les systèmes dits symétriques car les électrodes A, B, M et N sont symétriques par rapport au centre du dispositif.

3. Les systèmes dissymétriques :

a. Pôle-Dipôle: avec une électrode rejetée à l'infini

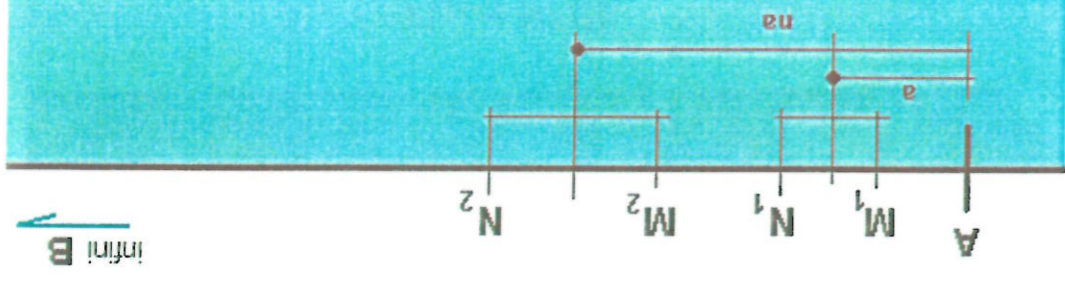


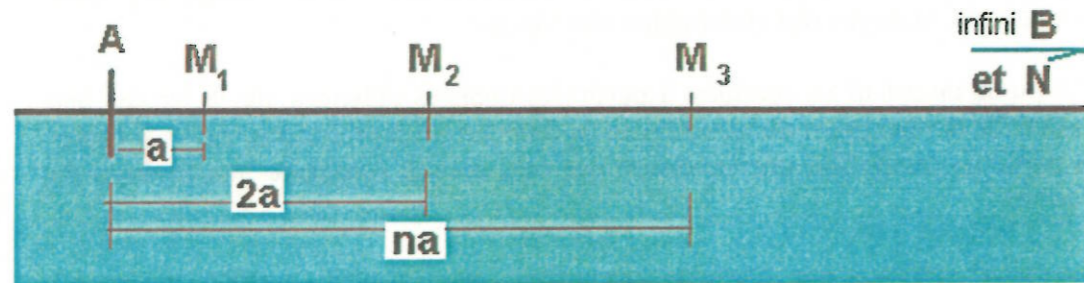
Figure E 6

Dans cette configuration nous avons toujours le même quadripôle de référence mais l'électrode 'B' d'injection est rejetée vers l'infini. Il ne reste sur le câble de mesure que 3 électrodes.

Les mesures seront alors faites en utilisant le maximum de configuration possible entre A, M et N avec des écartements variables de A à M-N et également entre M et N.

Cela nous donne un nombre théorique de mesures très important mais dans la pratique nous réduisons ce nombre en n'effectuant que les mesures réellement nécessaires en conservant par exemple un écartement A à M suffisamment grand pour avoir une profondeur d'investigation importante et avoir des grandeurs de potentiel mesurables.

#### **b. Pôle- Pôle: avec 2 électrodes rejetées à l'infini**



**Figure E 7**

Dans le cas du Pôle-Pôle on a 2 électrodes à l'infini. Les mesures se font avec seulement A et M sur le câble. L'écartement maximum entre A et M conditionne la profondeur d'investigation.

#### **Les Profondeurs d'investigations :**

Selon les dispositifs que l'on utilise, les profondeurs d'investigations varient de manière très sensible. Nous allons donner quelques valeurs pour un système à 64 électrodes avec espacement tous les 5 m soit un câble de 315 m de long :

- Avec un quadripôle du type Schlumberger ou Wenner les profondeurs d'investigation sont de l'ordre de 25 m.
- Avec un dispositif du type Pôle Dipôle : (avec une électrode à l'infini) nous pouvons obtenir de 40 à 50 m en moyenne. Le maximum pouvant atteindre 100 m avec certaines précautions lors de la mise en place.
- Avec un dispositif du type Pôle-Pôle on peut obtenir couramment 75-80 m et jusqu'à 150 m en prenant quelques précautions de mise en place.

#### **Les Avantages et Inconvénients des systèmes :**

Chaque système présente ses avantages et ses inconvénients. On peut dire qu'en fonction de l'objectif de la recherche et des terrains en présence on choisira telle ou telle configuration. On peut cependant d'une manière générale considérer que :

1. Les dispositifs du type Schlumberger ou Wenner donnent une bonne image des terrains de surface avec une bonne précision. On les emploie souvent dans les cas de recherche en milieu sédimentaire et alluvial.
2. Les dispositifs du type Pôle Dipôle sont à prendre en considération si on veut avoir à la fois une bonne définition de surface (la géométrie des couches) et une certaine profondeur d'investigation.
3. Le Pôle-Pôle est utilisé dans les cas de recherche en profondeur et pour une recherche plus spécifiquement liée à la fracturation en milieu sédimentaire ou cristallin.

#### **3 - Le matériel et sa mise en oeuvre:**

L'équipement utilisé est du type 'LUND'. Le matériel mis en œuvre sur le terrain est d'origine suédoise, et fabriqué par la firme ABEM.



**Figure E 8 : Ensemble de mesure**

Le système se compose d'un automate permettant la sélection physique des électrodes de mesure selon la configuration choisie. Puis d'un ensemble pour la mesure proprement dit, comprenant le contrôle de l'injection du courant et de la mesure du potentiel. La technique d'injection alternative à faible fréquence du

courant permet de contrebalancer les effets perturbateurs de la P.S. (polarisation spontanée) sur la mesure du potentiel.

Les électrodes de type acier inoxydable sont plantées dans le sol puis sont reliées physiquement par un câble multi-conducteurs à l'automate, lui-même connecté à l'unité centrale de mesure. Cet ensemble est piloté via le SAS 1000 par un logiciel spécifique.



Figure E 9 : SAS 1000 -

Le logiciel est paramétrable et permet de choisir la configuration désirée WENNER, SCHLUMBERGER, pôle-dipôle, pôle-pôle ou en rectangle par exemple pour ne citer que les plus couramment utilisées.

#### 4 - Le Traitement

Ce type de mesures n'offre d'intérêt véritable que si le traitement permet de modéliser une structure. Grâce à l'utilisation du logiciel 'RES2DINV' et 'RES3DINV' mis au point par M. LOKE, il est désormais possible d'obtenir assez rapidement un modèle en '2D' et ou '3D' des variations de la résistivité du milieu en fonction de la profondeur.

En effet les coupes en échelle de pseudo-profondeur avec les valeurs des résistivités apparentes ne permettraient pas de rendre compte des variations en profondeur surtout lorsque les anomalies superficielles perturbent trop fortement les résistivités apparentes en profondeur.

La réalisation d'un modèle se fait par la résolution d'un système, par éléments finis, qui permet de recalculer les résistivités en surface (résistivités apparentes), auquel s'ajoute une technique d'optimisation basée sur l'utilisation d'un système de résolution non linéaire de la méthode des moindres carrés. (selon De GROOT-HEDLIN et CONSTABLE en 1990, puis LOKE et BAKER en 1996).

La fonction d'optimisation basée sur la résolution de la méthode des moindres carrés est la suivante:

$$(JJ+\mu F) d = J g - \mu F r$$

dans laquelle  $F = Fx * Fz + Fz * Fz$

- $Fx$  = filtre pour les structures horizontales
- $Fz$  = filtre pour les structures verticales
- $J$  = matrice pour les dérivées partielles
- $\mu$  = facteur d'atténuation
- $d$  = facteur d'hétérogénéité du modèle
- $g$  = facteur de variation.

La paramétrage du logiciel permet, en adaptant les filtres (verticaux et horizontaux) et en jouant sur les coefficients d'atténuation et d'hétérogénéité, de se rapprocher au mieux des étalonnages par forages.

Le mode de calcul va produire à partir des données obtenues sur le terrain, une image de la répartition des résistivités en fonction de la profondeur puis recalculer à partir de ce modèle une inversion qui sera ensuite comparée aux mesures du terrain.

Le calcul s'effectue par itérations successives (que l'on peut contrôler également) et lorsque l'inversion calculée donne une image la plus proche possible de celle obtenue sur le terrain on admet le modèle comme plausible.

En outre, différentes méthodes de calcul sont disponibles pour résoudre le modèle, dont la méthode par éléments finis que nous avons employé afin notamment d'améliorer la définition et la qualité du modèle. Cette technique qui est très gourmande en temps de calcul, demande un matériel informatique très performant si l'on veut diminuer les temps de traitement.

Une option intéressante est également disponible pour améliorer le résultat. Il est possible d'effectuer une correction des effets induits par la topographie surtout lorsque celle-ci est très forte. Cette correction utilise la méthode développée par SPIEGEL et al en 1980, selon la technique de la transformée de Schwarz - Christoffel.

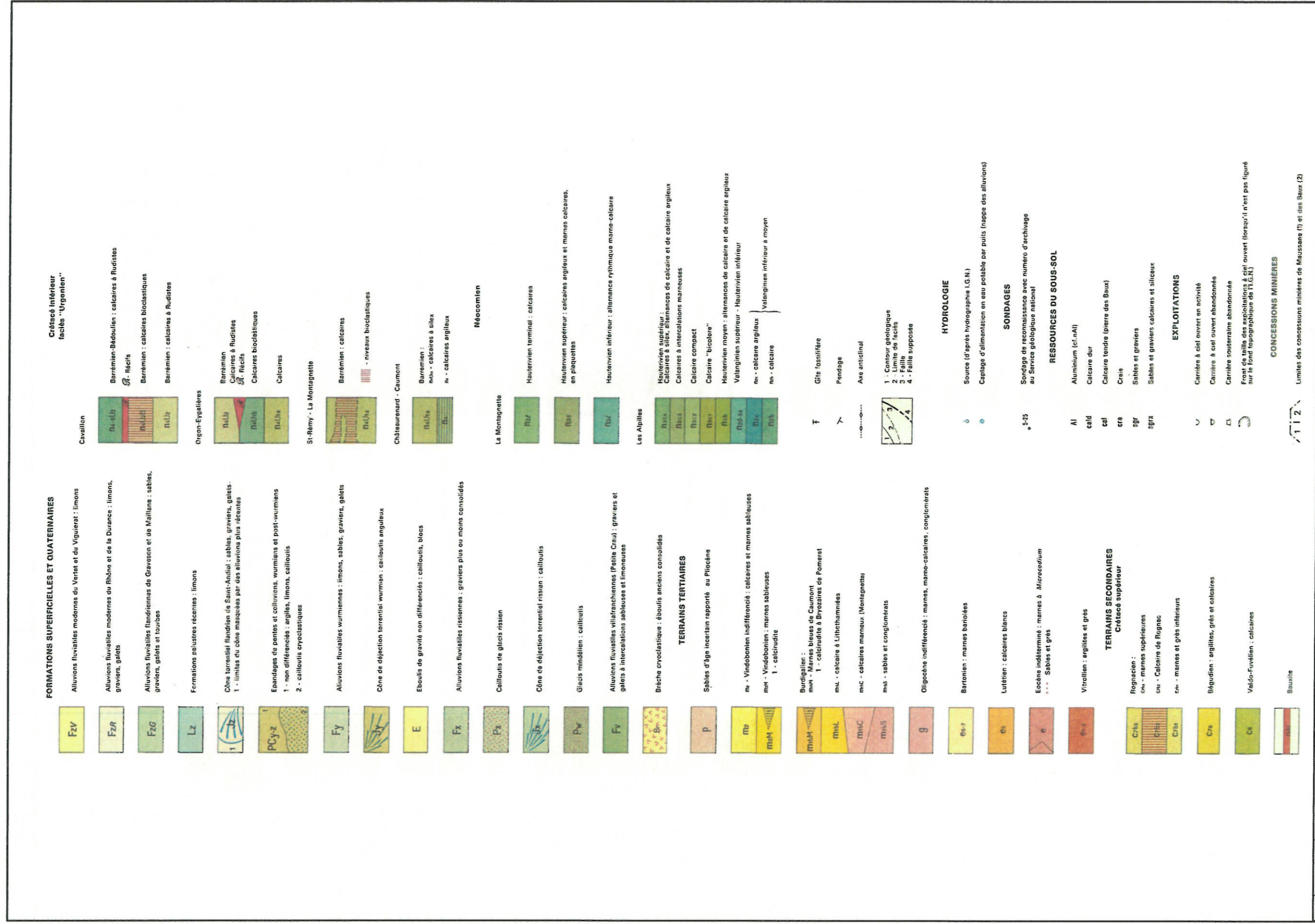
Cependant, l'image du modèle n'est malgré tout qu'une solution parmi d'autres qui obéit aux principes d'équivalence électrique du type produit 'ep' ou rapport 'e/p' = constante. Ceci implique que résistivité et épaisseur sont liées et peuvent varier pourvu que l'équation ' = constante' soit respectée.

Le géologue doit corriger cette image avec des sondages précis si il veut associer l'image à un modèle géologique cohérent. L'image obtenue permet cependant d'apprécier l'hétérogénéité de la formation grâce aux mesures en continu.

## **Annexe 2**

### Légendes des cartes géologiques

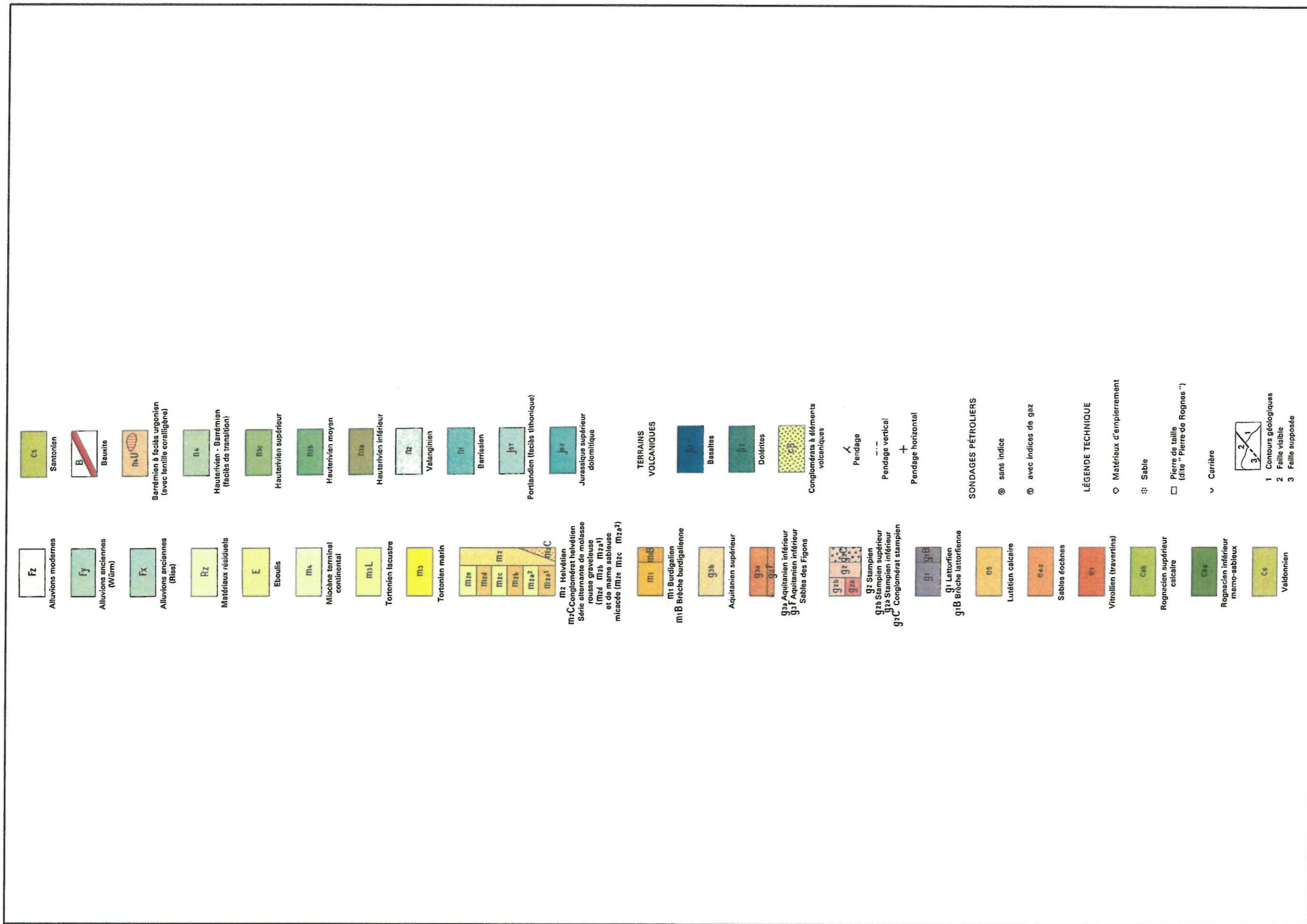
(3 pages)



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	25/10/07	MARP060199		

Légende la carte géologique du BRGM n°966 1/50 000

IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION		
A	25/10/07	MAAP060199				
<b>Légende la carte géologique du BRGM n°993 1/50 000</b>						
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>QUATERNAIRE</b> Holocène Domaine fluvial Alluvions du Rhône</p> <p><b>Fz</b> - Alluvions indifférenciées <b>FzL</b> - Alluvions limoneuses <b>FzL-Gz</b> - Limons fluviatiles et colluvions des dépressions</p> <p><b>Domaine palustre</b> Secteurs anciennement inondables par le Rhône <b>FzL</b> - Limons fluviatiles et palustres ("facès mixte") <b>FzL</b> - Limons palustres des dépressions intérieures <b>FzL</b> - Limons (épaisseur &lt;0,5 m) sur formation connue (ex : FzL sur alluvions villafranchiennes) <b>FzL</b> - Tourbe et limons tourbeux</p> <p><b>Cz</b> - Prédominance de limons d'origine colluviale <b>Cz</b> - Limons colluviaux sur colluvions indifférenciées <b>Tcz</b> - Tourbe et limons colluviaux très tourbeux</p> <p><b>Quaternaire indifférencié</b> <b>Cx</b> - Colluvions limoneuses sur les cailloutis de Crau <b>CxG</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Miramas") <b>CxL</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Luque") <b>CxH</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau d'Eygulères")</p> <p><b>A</b> - Complexe colluviaux indifférenciés, J - éône de déjection</p> <p><b>GP</b> - Brèches cryoclastiques <b>E</b> - Epoules : cailloutis, blocs <b>R</b> - Formations résiduelles à "menus galets" <b>GRU</b> - Gravieres cryoclastiques et solistes</p> <p><b>Riss-Würm et Würm I</b> <b>Fy</b> - Alluvions : galets siliceux prédominants ("Crau de Miramas")</p> <p><b>Riss</b> <b>Fx</b> - Alluvions fluviales (région des Alpilles) <b>FxL</b> - Alluvions calcaires et sableuses de Moulin Picard (Riss III) <b>FxG</b> - Alluvions : galets calcaires et siliceux ("Crau de Luquier")</p> <p><b>Quaternaire anté-Riss</b> <b>FV-Xz</b> - Alluvions à prédominance de gros galets de quartzite (Terrasse de Brays) <b>Fz</b> - Formation d'altération affectant Fu et FV-Xi (Crau de St-Pierre-de-Vence) <b>FV-Xi</b> - Alluvions à prédominance de gros galets siliceux, à roches vertes et variolites fréquentes (Terrasses des Glaugas et d'Entressan)</p> <p><b>Villafranchien</b> <b>Fu</b> - Partie supérieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Banc d'argiles jaunes et roses lacustres <b>Fu</b> - Partie inférieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Alluvions indifférenciées à galets <b>Fu</b> - Sables des Glaugas</p> <p><b>Lu</b> - Marnes lacustres de Barbeigat et d'Entressan</p> <p>Traits morphologiques visibles sur photos aériennes et soulignant les anciens cours du Rhône</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>TERTIAIRE</b></p> <p><b>p</b> - Sables d'âge incertain rapportés au Pliocène <b>pp</b> - Pliocène inférieur : marnes bleues</p> <p><b>Vindobonien</b> Calcaires <b>M2a</b> <b>M2a1</b> <b>M2a2</b> <b>M2a3</b> <b>M2a4</b> <b>M2a5</b></p> <p>Sables à <i>Chlamys</i> et conglomérats de Chabran Calcaire roseuse Argile calcaire Sables marnaux et grès</p> <p><b>Burdigalien</b> <b>m</b> - calcaires blanches <b>mL</b> - marnes à <i>Lithothamnium</i> <b>mC</b> - cailloutis de base</p> <p><b>Oligocène</b> : conglomérats</p> <p><b>Lutétien</b> <b>eu</b> - calcaire <b>euC</b> - conglomérats et brèches</p> <p><b>Brèche dolomitique, présumée éocène</b></p> <p><b>Conglomérats polygéniques à Microcodium, présumés éocènes</b></p> <p><b>Vitrolien</b> : argilites et grès</p> <p><b>SECONDAIRE</b></p> <p><b>Rognacien</b> <b>ca</b> - calcaire <b>caG</b> - grès et marnes verticillaires <b>Bégudien</b> <b>ca</b> - argilites, grès et calcaires <b>caC</b> - conglomérats</p> <p><b>Valdo-Fuvélien</b> : calcaires</p> <p><b>Bauxite</b></p> <p><b>Barremien</b> Calcaire à Rudistes (facès urgonien) Calcaires</p> <p><b>Calcaires à silex</b> alternances de calcaire et de calcaire argileux Calcaires à intercalations marnueuses Calcaire compact Calcaire "bicolore"</p> <p><b>Hauteriviens moyen</b> : alternances de calcaire et de calcaire argileux <b>Valanginiens supérieur-Hauteriviens inférieur</b> Calcaire argileux Calcaire Marnes et calcaires fins <b>m</b> - Hauteriviens indifférencié : calcaires <b>m</b> - Valanginiens indifférencié : calcaires</p> <p><b>Berrasiens</b> : calcaires</p> <p><b>Jurassique supérieur à Valanginien</b> : dolomies</p> <p><b>Portlandien supérieur</b> : calcaires</p> <p><b>Kimmeridgien supérieur et Portlandien inférieur</b> : dolomies</p> <p><b>Oxfordien supérieur et Kimmeridgien inférieur</b> : calcaires</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien") à Portlandien inférieur</b> : dolomies (Mourès)</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien")</b> : calcaire</p> <p><b>1-X 2-X</b> 1 - Pendage 2 - Couche verticale</p> <p><b>Myonites</b> Contours géologiques 1- visible 2- masqué ou supposé 3- Limite de faciès Failles 4- visible 5- supposée 6- masquée Isohypses de la surface, plus ou moins étendue des cailloutis a - courbe intermédiaire 1 - Source 2 - Source captée</p> <p>Sondage à la tarière Sondage de reconnaissance avec numéro d'archivage au Service géologique national Tourte reconnue en profondeur</p> <p><b>Ressources du sous-sol</b> Calcaire <b>sgf</b> - Sables et graviers Cailloutis <b>sgb</b> - Sables Mélange (au sens provençal) : pierre à bâtir Carières à ciel ouvert, 1 - en activité, 2 - abandonnée</p> </td> </tr> </table>					<p><b>QUATERNAIRE</b> Holocène Domaine fluvial Alluvions du Rhône</p> <p><b>Fz</b> - Alluvions indifférenciées <b>FzL</b> - Alluvions limoneuses <b>FzL-Gz</b> - Limons fluviatiles et colluvions des dépressions</p> <p><b>Domaine palustre</b> Secteurs anciennement inondables par le Rhône <b>FzL</b> - Limons fluviatiles et palustres ("facès mixte") <b>FzL</b> - Limons palustres des dépressions intérieures <b>FzL</b> - Limons (épaisseur &lt;0,5 m) sur formation connue (ex : FzL sur alluvions villafranchiennes) <b>FzL</b> - Tourbe et limons tourbeux</p> <p><b>Cz</b> - Prédominance de limons d'origine colluviale <b>Cz</b> - Limons colluviaux sur colluvions indifférenciées <b>Tcz</b> - Tourbe et limons colluviaux très tourbeux</p> <p><b>Quaternaire indifférencié</b> <b>Cx</b> - Colluvions limoneuses sur les cailloutis de Crau <b>CxG</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Miramas") <b>CxL</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Luque") <b>CxH</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau d'Eygulères")</p> <p><b>A</b> - Complexe colluviaux indifférenciés, J - éône de déjection</p> <p><b>GP</b> - Brèches cryoclastiques <b>E</b> - Epoules : cailloutis, blocs <b>R</b> - Formations résiduelles à "menus galets" <b>GRU</b> - Gravieres cryoclastiques et solistes</p> <p><b>Riss-Würm et Würm I</b> <b>Fy</b> - Alluvions : galets siliceux prédominants ("Crau de Miramas")</p> <p><b>Riss</b> <b>Fx</b> - Alluvions fluviales (région des Alpilles) <b>FxL</b> - Alluvions calcaires et sableuses de Moulin Picard (Riss III) <b>FxG</b> - Alluvions : galets calcaires et siliceux ("Crau de Luquier")</p> <p><b>Quaternaire anté-Riss</b> <b>FV-Xz</b> - Alluvions à prédominance de gros galets de quartzite (Terrasse de Brays) <b>Fz</b> - Formation d'altération affectant Fu et FV-Xi (Crau de St-Pierre-de-Vence) <b>FV-Xi</b> - Alluvions à prédominance de gros galets siliceux, à roches vertes et variolites fréquentes (Terrasses des Glaugas et d'Entressan)</p> <p><b>Villafranchien</b> <b>Fu</b> - Partie supérieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Banc d'argiles jaunes et roses lacustres <b>Fu</b> - Partie inférieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Alluvions indifférenciées à galets <b>Fu</b> - Sables des Glaugas</p> <p><b>Lu</b> - Marnes lacustres de Barbeigat et d'Entressan</p> <p>Traits morphologiques visibles sur photos aériennes et soulignant les anciens cours du Rhône</p>	<p><b>TERTIAIRE</b></p> <p><b>p</b> - Sables d'âge incertain rapportés au Pliocène <b>pp</b> - Pliocène inférieur : marnes bleues</p> <p><b>Vindobonien</b> Calcaires <b>M2a</b> <b>M2a1</b> <b>M2a2</b> <b>M2a3</b> <b>M2a4</b> <b>M2a5</b></p> <p>Sables à <i>Chlamys</i> et conglomérats de Chabran Calcaire roseuse Argile calcaire Sables marnaux et grès</p> <p><b>Burdigalien</b> <b>m</b> - calcaires blanches <b>mL</b> - marnes à <i>Lithothamnium</i> <b>mC</b> - cailloutis de base</p> <p><b>Oligocène</b> : conglomérats</p> <p><b>Lutétien</b> <b>eu</b> - calcaire <b>euC</b> - conglomérats et brèches</p> <p><b>Brèche dolomitique, présumée éocène</b></p> <p><b>Conglomérats polygéniques à Microcodium, présumés éocènes</b></p> <p><b>Vitrolien</b> : argilites et grès</p> <p><b>SECONDAIRE</b></p> <p><b>Rognacien</b> <b>ca</b> - calcaire <b>caG</b> - grès et marnes verticillaires <b>Bégudien</b> <b>ca</b> - argilites, grès et calcaires <b>caC</b> - conglomérats</p> <p><b>Valdo-Fuvélien</b> : calcaires</p> <p><b>Bauxite</b></p> <p><b>Barremien</b> Calcaire à Rudistes (facès urgonien) Calcaires</p> <p><b>Calcaires à silex</b> alternances de calcaire et de calcaire argileux Calcaires à intercalations marnueuses Calcaire compact Calcaire "bicolore"</p> <p><b>Hauteriviens moyen</b> : alternances de calcaire et de calcaire argileux <b>Valanginiens supérieur-Hauteriviens inférieur</b> Calcaire argileux Calcaire Marnes et calcaires fins <b>m</b> - Hauteriviens indifférencié : calcaires <b>m</b> - Valanginiens indifférencié : calcaires</p> <p><b>Berrasiens</b> : calcaires</p> <p><b>Jurassique supérieur à Valanginien</b> : dolomies</p> <p><b>Portlandien supérieur</b> : calcaires</p> <p><b>Kimmeridgien supérieur et Portlandien inférieur</b> : dolomies</p> <p><b>Oxfordien supérieur et Kimmeridgien inférieur</b> : calcaires</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien") à Portlandien inférieur</b> : dolomies (Mourès)</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien")</b> : calcaire</p> <p><b>1-X 2-X</b> 1 - Pendage 2 - Couche verticale</p> <p><b>Myonites</b> Contours géologiques 1- visible 2- masqué ou supposé 3- Limite de faciès Failles 4- visible 5- supposée 6- masquée Isohypses de la surface, plus ou moins étendue des cailloutis a - courbe intermédiaire 1 - Source 2 - Source captée</p> <p>Sondage à la tarière Sondage de reconnaissance avec numéro d'archivage au Service géologique national Tourte reconnue en profondeur</p> <p><b>Ressources du sous-sol</b> Calcaire <b>sgf</b> - Sables et graviers Cailloutis <b>sgb</b> - Sables Mélange (au sens provençal) : pierre à bâtir Carières à ciel ouvert, 1 - en activité, 2 - abandonnée</p>
<p><b>QUATERNAIRE</b> Holocène Domaine fluvial Alluvions du Rhône</p> <p><b>Fz</b> - Alluvions indifférenciées <b>FzL</b> - Alluvions limoneuses <b>FzL-Gz</b> - Limons fluviatiles et colluvions des dépressions</p> <p><b>Domaine palustre</b> Secteurs anciennement inondables par le Rhône <b>FzL</b> - Limons fluviatiles et palustres ("facès mixte") <b>FzL</b> - Limons palustres des dépressions intérieures <b>FzL</b> - Limons (épaisseur &lt;0,5 m) sur formation connue (ex : FzL sur alluvions villafranchiennes) <b>FzL</b> - Tourbe et limons tourbeux</p> <p><b>Cz</b> - Prédominance de limons d'origine colluviale <b>Cz</b> - Limons colluviaux sur colluvions indifférenciées <b>Tcz</b> - Tourbe et limons colluviaux très tourbeux</p> <p><b>Quaternaire indifférencié</b> <b>Cx</b> - Colluvions limoneuses sur les cailloutis de Crau <b>CxG</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Miramas") <b>CxL</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau de Luque") <b>CxH</b> - Colluvions limoneuses (bordure de la "Crau d'Eygulères")</p> <p><b>A</b> - Complexe colluviaux indifférenciés, J - éône de déjection</p> <p><b>GP</b> - Brèches cryoclastiques <b>E</b> - Epoules : cailloutis, blocs <b>R</b> - Formations résiduelles à "menus galets" <b>GRU</b> - Gravieres cryoclastiques et solistes</p> <p><b>Riss-Würm et Würm I</b> <b>Fy</b> - Alluvions : galets siliceux prédominants ("Crau de Miramas")</p> <p><b>Riss</b> <b>Fx</b> - Alluvions fluviales (région des Alpilles) <b>FxL</b> - Alluvions calcaires et sableuses de Moulin Picard (Riss III) <b>FxG</b> - Alluvions : galets calcaires et siliceux ("Crau de Luquier")</p> <p><b>Quaternaire anté-Riss</b> <b>FV-Xz</b> - Alluvions à prédominance de gros galets de quartzite (Terrasse de Brays) <b>Fz</b> - Formation d'altération affectant Fu et FV-Xi (Crau de St-Pierre-de-Vence) <b>FV-Xi</b> - Alluvions à prédominance de gros galets siliceux, à roches vertes et variolites fréquentes (Terrasses des Glaugas et d'Entressan)</p> <p><b>Villafranchien</b> <b>Fu</b> - Partie supérieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Banc d'argiles jaunes et roses lacustres <b>Fu</b> - Partie inférieure des alluvions à galets <b>Fu</b> - Alluvions indifférenciées à galets <b>Fu</b> - Sables des Glaugas</p> <p><b>Lu</b> - Marnes lacustres de Barbeigat et d'Entressan</p> <p>Traits morphologiques visibles sur photos aériennes et soulignant les anciens cours du Rhône</p>	<p><b>TERTIAIRE</b></p> <p><b>p</b> - Sables d'âge incertain rapportés au Pliocène <b>pp</b> - Pliocène inférieur : marnes bleues</p> <p><b>Vindobonien</b> Calcaires <b>M2a</b> <b>M2a1</b> <b>M2a2</b> <b>M2a3</b> <b>M2a4</b> <b>M2a5</b></p> <p>Sables à <i>Chlamys</i> et conglomérats de Chabran Calcaire roseuse Argile calcaire Sables marnaux et grès</p> <p><b>Burdigalien</b> <b>m</b> - calcaires blanches <b>mL</b> - marnes à <i>Lithothamnium</i> <b>mC</b> - cailloutis de base</p> <p><b>Oligocène</b> : conglomérats</p> <p><b>Lutétien</b> <b>eu</b> - calcaire <b>euC</b> - conglomérats et brèches</p> <p><b>Brèche dolomitique, présumée éocène</b></p> <p><b>Conglomérats polygéniques à Microcodium, présumés éocènes</b></p> <p><b>Vitrolien</b> : argilites et grès</p> <p><b>SECONDAIRE</b></p> <p><b>Rognacien</b> <b>ca</b> - calcaire <b>caG</b> - grès et marnes verticillaires <b>Bégudien</b> <b>ca</b> - argilites, grès et calcaires <b>caC</b> - conglomérats</p> <p><b>Valdo-Fuvélien</b> : calcaires</p> <p><b>Bauxite</b></p> <p><b>Barremien</b> Calcaire à Rudistes (facès urgonien) Calcaires</p> <p><b>Calcaires à silex</b> alternances de calcaire et de calcaire argileux Calcaires à intercalations marnueuses Calcaire compact Calcaire "bicolore"</p> <p><b>Hauteriviens moyen</b> : alternances de calcaire et de calcaire argileux <b>Valanginiens supérieur-Hauteriviens inférieur</b> Calcaire argileux Calcaire Marnes et calcaires fins <b>m</b> - Hauteriviens indifférencié : calcaires <b>m</b> - Valanginiens indifférencié : calcaires</p> <p><b>Berrasiens</b> : calcaires</p> <p><b>Jurassique supérieur à Valanginien</b> : dolomies</p> <p><b>Portlandien supérieur</b> : calcaires</p> <p><b>Kimmeridgien supérieur et Portlandien inférieur</b> : dolomies</p> <p><b>Oxfordien supérieur et Kimmeridgien inférieur</b> : calcaires</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien") à Portlandien inférieur</b> : dolomies (Mourès)</p> <p><b>Oxfordien moyen ("Argovien")</b> : calcaire</p> <p><b>1-X 2-X</b> 1 - Pendage 2 - Couche verticale</p> <p><b>Myonites</b> Contours géologiques 1- visible 2- masqué ou supposé 3- Limite de faciès Failles 4- visible 5- supposée 6- masquée Isohypses de la surface, plus ou moins étendue des cailloutis a - courbe intermédiaire 1 - Source 2 - Source captée</p> <p>Sondage à la tarière Sondage de reconnaissance avec numéro d'archivage au Service géologique national Tourte reconnue en profondeur</p> <p><b>Ressources du sous-sol</b> Calcaire <b>sgf</b> - Sables et graviers Cailloutis <b>sgb</b> - Sables Mélange (au sens provençal) : pierre à bâtir Carières à ciel ouvert, 1 - en activité, 2 - abandonnée</p>					



IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	25/10/07	MARPO60199		

Légende la carte géologique du BRGM n°994 1/50 000

### **Annexe 3**

Relevés de propriétés réalisés sur les secteurs étudiés

(20 pages)

## Extrait cadastral d'EYGUIERES - Section AV

Parcelle n°	Propriétaire
57	Commune d'EYGUIERES
115	BOCCABELLA Ghislaine
116	BACCABELLA Daniel
117	BONNEFOY Emilienne
118	GIRARD Albert ; GIRARD Robert Jules
119	HUMBERT Jean ; HUMBERT Jean-Claude ; POGUET Michel Luc
120	VIAUD Jacky Albert
121	LANTHEAUME Gérard Léonce / Guy Roger / Gisèle Simone / Guylaine Evelyne
122	CLAMECY Marie-Hélène
123	DE SANTIS Paulette
124	REMIGNON Jean
125	Commune d'EYGUIERES
130	CRISI Claudine Marie
131	DELSART Marie Lise

## Extrait cadastral d'ALLEINS - Section D

Parcelle n°	Propriétaire
539	Commune d'ALLEINS
540	SERENA Guerrino
541	Commune d'ALLEINS
542	BERNARD Jean Marc
667	Commune d'ALLEINS
701	MARCOUX Jeanne Marie
703	SERENA Louis Jacques
705	CARDONA Fabien Roger
708	TERTIAN Marie Eugénie
1114	Commune d'ALLEINS
1116	Commune d'ALLEINS
1118	Commune d'ALLEINS
1245	CAMILLOTTI Bruno
1278	RICHEL Pierre Sylvain

## Extrait cadastral de SAINT-REMY-DE-PROVENCE – Section IR

Parcelle n°	Propriétaire
128	SUQUET Thérèse Yvonne
152	SALETTI Serge François
174	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
175	LAGNEL Joseph
176	Associations Les Amis de Saint Paul
177	Associations Les Amis de Saint Paul
194	MAURON Jean
215	GROS Jacqueline Jeanne
216	GIRAUD Franck
217	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
220	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
221	Hôpital de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
222	BRUN Antoine Eli

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
223	DURAND Théophile
224	THELIN Alice
236	OPHIUCHUS M. RIEHL Victor - PACADENA - USA
236	OPHIUCHUS M. RIEHL Victor - PACADENA - USA
239	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
240	ETAT - Ministère de la Culture
241	ETAT - Ministère de la Culture
242	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
254	Commune de SAINT-REMY-DE-PROVENCE
344	OPHIUCHUS M. RIEHL Victor - PACADENA - USA
345	OPHIUCHUS M. RIEHL Victor - PACADENA - USA
347	OPHIUCHUS M. RIEHL Victor - PACADENA - USA

## Extrait cadastral d'ORGON – Section BX

Parcelle n°	Propriétaire
50	OMYA
52	OMYA
115	Commune d'ORGON
127	OMYA
128	OMYA
134	Commune d'ORGON

## Extrait cadastral de PLAN D'ORGON – Section AV et AW

Section	Parcelle n°	Propriétaire
AW	70	CIBOT Caroline Annie
AW	71	BOUVAT Eric Alexis
AW	72	Société Anonyme RENO
AW	73	Société Anonyme RENO
AV	107	Commune de PLAN-D'ORGON
AV	108	Commune de PLAN-D'ORGON

Section	Parcelle n°	Propriétaire (suite)
AV	109	Commune de PLAN-D'ORGON
AV	110	Commune de PLAN-D'ORGON
AV	112	JUSSIAN Gisèle Marcelle
AV	359	JUSSIAN Yves Lucien
AV	360	JUSSIAN Yves Lucien

## Extrait cadastral de CHÂTEAURENARD - Section DZ

Parcelle n°	Propriétaire
8	PENSIER Jean-Claude
76	Commune de CHATEAURENARD
78	ETAT - CDIF1 - Gestion Domaniale
80	CLUSE Francine
81	VOULAN Yvonne
82	SICARD Herwis Marcel
83	ETAT
84	BOUCHET Huguette
85	PASCAL Arlette
86	ROUCAS Paule Mireille
87	ROUCAS Jean-Claude
88	ETAT
89	ETAT
90	PAULEAU Antoine
92	DE PETRINI Christian

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
93	ROUVIERE Fernand
95	SOTO Jean-Claude
96	Commune de CHATEAURENARD
102	GOND Elyane Francine
103	FERRAND Mirella Valérie ; BERNARD Clément Etienne ; BERNARD Cécile Lydie
104	THIERS André Raoul
105	SOTO Jean-Claude
169	FERRAND Mirella Valérie ; BERNARD Clément Etienne ; BERNARD Cécile Lydie
170	Commune de CHATEAURENARD
171	Commune de CHATEAURENARD
172	FERRAND Mirella Valérie ; BERNARD Clément Etienne ; BERNARD Cécile Lydie
262	BUGAY Stéphane
263	CARLES Philippe Max ; GIOVANNANGELI Véronique
264	MAUMET Carine

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
265	FORTANE Jean-Marc
266	DE PETRINI Christian
267	BUGAY Stéphane

## Extrait cadastral de MOURIES – Sections CS et CR

Section	Parcelle n°	Propriétaire
CS	9	PIERRE Robert Jules ; PIERRE Katia ; DOSSETTO Rose Marie
CS	10	PIERRE Robert Jules ; PIERRE Katia ; DOSSETTO Rose Marie
CS	11	Société Agricole de Joyeuse
CS	18	Société Agricole de Joyeuse
CR	67	BOURGEAUD Jean-Pierre
CR	68	BOURGEAUD Jean-Pierre
CR	69	BOURGEAUD Jean-Pierre
CR	70	GRANIER Pierre René
CR	71	BOURGEAUD Jean-Pierre
CR	72	BOURGEAUD Jean-Pierre
CR	73	TARDIEU Elisabeth Marie ; AYME Frédéric ; MOLINIER Jean-Marc ; AYME Florence
CR	74	GOUNIN Fabienne
CR	75	GOUNIN Fabienne
CR	77	BOURGEAUD Jean-Pierre

Section	Parcelle n°	Propriétaire (suite)
CR	127	MONTOYA André
CR	128	GOUNIN Charles Henir ; BRUNET Marie Andrée
CR	129	MORAN Vanzetti Ignacio
CR	130	MORAN Vanzetti Ignacio
CR	131	PIERRE Robert Jules ; PIERRE Myriam Nicole
CR	150	BOURGEAUD Jean-Pierre

## Extrait cadastral de BOULBON – Section B

Parcelle n°	Propriétaire
249	Commune de BOULBON
250	Commune de BOULBON
251	FEUILLADIEU François Marius
253	FABRE Désiré Joseph
254	AMY Jacky Louis
255	Commune de BOULBON
256	Commune de BOULBON
257	Commune de BOULBON
302	BOURDIN Louis Antoine
303	SAUVAGEOT Annie
304	SAUVAGEOT Annie
305	Commune de BOULBON
306	ROUX Simon Lucien
307	Société AXIMA
308	ROCHE Prosper Claude

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
309	<i>BND 017<sup>1</sup></i> : CABUT Roger ; Commune de BOULBON
311	AMY Chantal Etienne
312	MABELLY Carole
313	MABELLY Carole
314	Commune de BOULBON
315	Commune de BOULBON
324	FEUILLADIEU François Marius
325	Société AXIMA
326	BLANC Janine Simone
327	BLANC Janine Simone
328	<i>BND017<sup>1</sup> dont les propriétaires sont inconnus</i>
329	ARLHAC Désiré Jean
330	<i>BND 017<sup>1</sup></i> : GIRAUD Marie Rose et ?
331	VICARY Gaston
332	ANDRE Michelle Josette

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
333	ETAT par le Ministère de l'Equipe
334	ETAT par le Ministère de l'Equipe
335	GIRARD Jeanne Marguerite
336	BURAVAND François
337	PERDREAU Simone Lina
338	WYSE Bonaparte Lucien
339	CARDELIN Marie Jeanne
340	Commune de BOULBON
341	Commune de BOULBON
342	DAYRE Claudette France
343	ROUX Simon Lucien
344	<i>BND 017<sup>1</sup></i> : ARLHAC Désiré Jean ; NOBLE Alix Marcellin ; GARCIN Nadine Rose
345	Société AXIMA
346	DURAND Louis Marius
347	Commune de BOULBON

<sup>1</sup> BND 017 = Parcelle Non Déterminée, c'est à dire divisée en plusieurs lots.

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
348	Commune de BOULBON
349	BARD Claudius Marcellin
350	CASSIN Charles Raphael
351	Société AXIMA
352	RABASSE Marthe ; DURAND Louis Marius
353	RABASSE Marthe
354	BURAVAND Jean-Marie
355	Commune de BOULBON
392	Commune de BOULBON
393	<i>BND 017<sup>l</sup></i> : NICOLAS Marie Amélie ; NOBLE Magali Lilian
394	NICOLAS Marie Amélie
395	Commune de BOULBON
2525	Commune de BOULBON

## Extrait cadastral de FONTVIEILLE – Sections BX et CM

Section	Parcelle n°	Propriétaire
BX	7	Commune de FONTVIEILLE
BX	8	Commune de FONTVIEILLE
BX	9	Commune de FONTVIEILLE
BX	10	REBUFFAT René Marie
BX	11	Commune de FONTVIEILLE
BX	12	BELLON Henri Jacques
BX	13	Commune de FONTVIEILLE
BX	14	SOURDON Roselyne
BX	15	TURLO Constant
BX	19	Commune de FONTVIEILLE
BX	20	AVON Chantal Jeanne
BX	21	Commune de FONTVIEILLE

Section	Parcelle n°	Propriétaire (suite)
BX	22	NISON Maryse Francia
BX	23	BRUN Simon Marius
BX	24	DULAC Genviève Marie
BX	25	NAERT Gabriel Michel
BX	26	FERRAND Louis Justin
BX	27	CORNILLE Louis Marius
BX	106	DULAC Genviève Marie
CM	179	Commune de FONTVIEILLE
CM	180	Commune de FONTVIEILLE
CM	181	Commune de FONTVIEILLE
CM	182	Commune de FONTVIEILLE
CM	183	DUPUIS Henri Paul
CM	185	NAERT Gabriel Michel
CM	186	Commune de FONTVIEILLE

Section	Parcelle n°	Propriétaire (suite)
CM	187	DUPUIS Henri Paul
CM	188	LOMBARD Arlette
CM	249	Commune de FONTVIEILLE
CM	330	NAERT Gabriel Michel

## Extrait cadastral de GRAVESON - Section D

Parcelle n°	Propriétaire
770	Association Syndicale des Eaux de Graveson et Maillane
771	Association Syndicale des Eaux de Graveson et Maillane
772	PEVERELLI Gérard
773	PEVERELLI Gérard
774	MARTIN Gérard Gabriel
775	MARTIN Gérard Gabriel
777	PEVERELLI Gérard
796	ROBERT Michel Emile
797	ROBERT Michel Emile
798	ROBERT Michel Emile
807	ROUVIER René Paul
1381	GINOUX Jeannine
1533	PEVERELLI Gérard
1534	CHAMANADJIAN Renée

Parcelle n°	Propriétaire (suite)
1536	Commune de GRAVESON
1537	Commune de GRAVESON
1588	CHAMANADJIAN Renée
1589	Commune de GRAVESON
1590	ROBERT Michel Emile
1591	CHAMANADJIAN Renée
1593	PERRIN Raoul Jean-Marie
1594	CHAMANADJIAN Renée
1855	SALVADOR Michel
1856	Commune de GRAVESON
2054	ROBERT Michel Emile

## **Annexe 4**

Commune de Saint-Rémy-de-Provence  
Prospection géophysique  
BRPG Août 2007

(30 pages)

Département des Bouches-du-Rhône

**- Conseil Général -**  
Direction de l'Environnement  
Service de l'Eau, des milieux Aquatiques  
et des Activités piscicoles

« Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du  
Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône »

**Commune de Saint-Rémy-de-Provence**

- Secteur du site romain de Glanum -

-----  
Prospection Géophysique

-----  
Etude de la géométrie et de la fracturation  
des calcaires urgoniens  
par la méthode de l'Imagerie Electrique

-----  
Août 2007

Bureau de Recherche et de  
Prospection Géophysique  
397, rue René Cassin  
34200 SETE  
Tél/Fax : 04 67 53 14 02  
Mobile : 06.80.01.39.67  
E.mail : brpg.do@wanadoo.fr

## SOMMAIRE

Texte :

### I – INTRODUCTION

- 1 – But de l'étude
- 2 – Travaux sur le terrain

### II – RESULTATS

- 1 – Remarque
- 2 – Profil P1
- 3 – Profil P2

### III – CONCLUSION

Figures :

- 1 – Plan de situation
- 2 – Plan d'implantation des profils P1 et P2
- 3 – Implantation du profil P1
- 4 – Profil P1 en mode pôle-pôle
- 5 – Profil P1 en mode pôle-dipôle
- 6 – Implantation du profil P2
- 7 – Profil P2 en mode pôle-pôle
- 8 – Profil P2 en mode pôle-dipôle
- 9 – Résultats profil P1
- 10 – Résultats profil P2

Photos :

- Planches A – Profils P1  
Planches B – Profils P2

Annexe : Méthodologie

# **I – INTRODUCTION**

## **1 – But de l'étude**

A la demande de la Direction de l'Environnement – Service de l'Eau, des Milieux Aquatiques et des Activités piscicoles – du Conseil Général des Bouches-du-Rhône, le Bureau de Recherche et de Prospection Géophysique a effectué, en tant que membre du groupement ANTEA / BRPG / FORASUD titulaire du marché « Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône », une campagne de mesures au Sud de la commune de Saint-Rémy-de-Provence de part et d'autre du site romain de Glanum. (Figure 1).

Cette étude, positionnée par ANTEA et réalisée par la méthode de l'Imagerie Electrique, avait pour but de reconnaître dans les calcaires de l'Urgonien des zones de fracture ou de karstification pouvant jouer un rôle dans la circulation des eaux souterraines afin d'implanter au mieux en surface des forages de reconnaissance.

La méthode mise en œuvre, l'Imagerie Electrique permet d'obtenir, le long de profils rectilignes, des coupes en continu visualisant ici sur 150 mètres d'épaisseur environ les variations de résistivité électrique au niveau des différentes unités géologiques.

La répartition des résistivités en profondeur permet d'une part de différencier les grandes unités géologiques, ici calcaires de l'Urgonien (faciès du Barrémien) et les formations plus conductrices du Crétacé supérieur (Béguvien) et d'autre part dans les calcaires urgoniens de positionner les zones homogènes massives les plus résistantes électriquement et les zones fracturées, karstifiées, plus conductrices électriquement et favorables à la circulation des eaux souterraines, orientant ainsi l'implantation de forages de reconnaissance.

## **2 – Travaux sur le terrain**

Cette campagne de mesures a été réalisée le 22 Août 2007.

Un profil P1 de 235 mètres (48 électrodes espacées de 5 mètres) et un profil P2 de 400 mètres (80 électrodes espacées de 5 mètres) ont été effectués implantés par Monsieur Sylvain Anus, ingénieur hydrogéologue de la société ANTEA.

Ces profils se situent de part et d'autre de la RD 5 et du site antique de Glanum. (figures 1 et 2).

- A l'Ouest, le profil P1 orienté Sud-Nord, (figure 3). Il débute au Sud sur le relief calcaire, électrodes 1 à 12, l'électrode 13 se situe dans le ruisseau, puis il poursuit vers le Nord le long du chemin au fond de la combe jusqu'à l'électrode 48.
- A l'Est, le profil P2, orienté Ouest-Est, à 500 mètres du site romain, il suit un chemin forestier qui longe le relief calcaire qui se développe au Sud (Alpilles).

Les électrodes 1 à 72 se situent sur le chemin, avec les électrodes 32 – 33 au sommet d'une butte franchie par le chemin et à l'extrémité Est les électrodes 73 à 80 reconnaissent un relief calcaire suite à une courbe du chemin vers le Sud.

Sur le terrain des marques de peinture et des piquets de bois matérialisent la position des profils.

Chacun des deux profils a été exploité par deux séries de mesures :

- Des mesures de résistivités en mode « pôle-dipôle » permettant une investigation de 80 mètres environ avec une bonne définition des niveaux superficiels.
- Des mesures de résistivité en mode « pôle-pôle » permettant une investigation profonde, supérieure à 150 mètres.

Ces modes de mesures nécessitent la mise en place d'électrodes dites à « l'infini » en pratique situées à environ 700 mètres de part et d'autre du profil étudié (Méthodologie).

## **II – RESULTATS**

### **1 – Remarques**

Contrairement aux sites de Fontvieille et de Boulbon, où les formations à priori aquifères étudiées sont constituées par les calcaires de l'Hautérivien, sur ce site de Saint-Rémy-de-Provence ceux sont les calcaires du Barrémien, faciès urgonien qui sont étudiés.

Ces calcaires « urgoniens » présentent des résistivités beaucoup plus élevées que les calcaires hautériviens : 2.000 à 3.000 ohms contre 500 à 700 ohms sur le site de Fontvieille et 200 à 300 ohms sur celui de Boulbon.

Ils sont plus massifs et beaucoup moins argileux donc moins favorables à un colmatage argileux des zones de fracture.

### **2 – Profil P1** (Figures 4 et 5)

La coupe profonde (pôle-pôle) figure 4, montre au Sud, électrodes 1 à 30 une unité massive très résistante ( $R > 5000$  ohms) altérée, karstifiée en surface sur 25 mètres d'épaisseur entre les électrodes 10 et 30 attribuée au calcaires urgoniens.

Cette unité massive est limitée vers le Nord par un contact (faille) sub-vertical qui plonge légèrement vers le Sud. Cette faille qui met au contact les calcaires urgoniens au Sud et les formations plus conductrices du Crétacé supérieur au Nord peut être positionnée en surface dans le secteur des électrodes 34 – 36 et en profondeur au centre du gradient de résistivité (niveau gris clair).

On remarque dans le compartiment Nord au toit des formations conductrices du Crétacé supérieur la présence d'un bloc résistant probablement de calcaire urgonien éboulé du relief proche.

Mis à part la faille principale entre l'Urgonien et le Crétacé supérieur qui peut servir de drain aux eaux souterraines, aucun autre accident profond n'est mis en évidence sur cette coupe.

Seule, au niveau des calcaires urgoniens, la karstification des 30 premiers mètres peut jouer un rôle dans la circulation de l'eau.

La coupe plus superficielle, réalisée en pôle-dipôle, figure 5, détaille la géométrie de la tranche calcaire karstifiée avec, centrée sur l'électrode 27, une poche de dissolution d'une quinzaine de mètres de profondeur et situé entre 15 et 25 mètres de profondeur au droit des électrodes 13 à 23 (50 mètres de long) un niveau d'altération.

### **3 – Profil P2** (Figures 7 et 8)

Les deux coupes présentées figures 7 et 8 sont très semblables du fait d'une structure géologique assez uniforme avec :

- En profondeur, une structure résistante massive homogène développée entre les électrodes 1 à 64 dont le toit régulier se situe entre 25 et 40 mètres de profondeur attribuée aux calcaires urgoniens.
- En surface sur 25 à 40 mètres d'épaisseur un niveau moyennement résistant présentant des passages argileux ( $20 < R < 200$  ohms) dû à des formations détritiques ou à un niveau plus crayeux.

Ce schéma simple de deux formations superposées de manière régulière est stoppé à l'Est où à partir du secteur de l'électrode 65 les calcaires massifs résistants disparaissent. Ils sont limités à ce niveau par une fracture verticale située vers les électrodes 69 – 70 où l'anomalie conductrice qui apparaît en profondeur signale au sein des calcaires urgoniens une variation de faciès importante : altération et fracturation pouvant favoriser la circulation des eaux souterraines.

C'est à ce niveau que la recherche d'eau par forage doit s'orienter, c'est le seul secteur de l'étude réalisée à Saint Rémy de Provence qui présente de la fracturation profonde dans les calcaires urgoniens.

### **III – CONCLUSION**

L'étude géophysique effectuée par Imagerie Electrique au Sud de Saint-Rémy-de-Provence et au pied du relief des Alpilles développées au Sud a permis de visualiser de part et d'autre du site antique de Glanum au droit des profils P1 et P2 la géométrie des calcaires du Barrémien, faciès urgonien et de positionner une zone de fracture.

A l'Ouest, au niveau du profil P1 cette étude a montré le caractère massif de ce faciès urgonien où aucune fracture intra-calcaire n'est décelée en profondeur.

A l'Est, au droit du profil P2 une fracture importante recoupe verticalement les faciès urgoniens massifs.

Un forage de reconnaissance doit être implanté en priorité sur le secteur des électrodes 69 – 70 situé au droit de cette zone de fracture qui peut jouer un rôle hydrogéologique important.

D. Chauvain

## **Figures**



## IMPLANTATION DU PROFIL P01



FIGURE N°3

## PROFIL P01

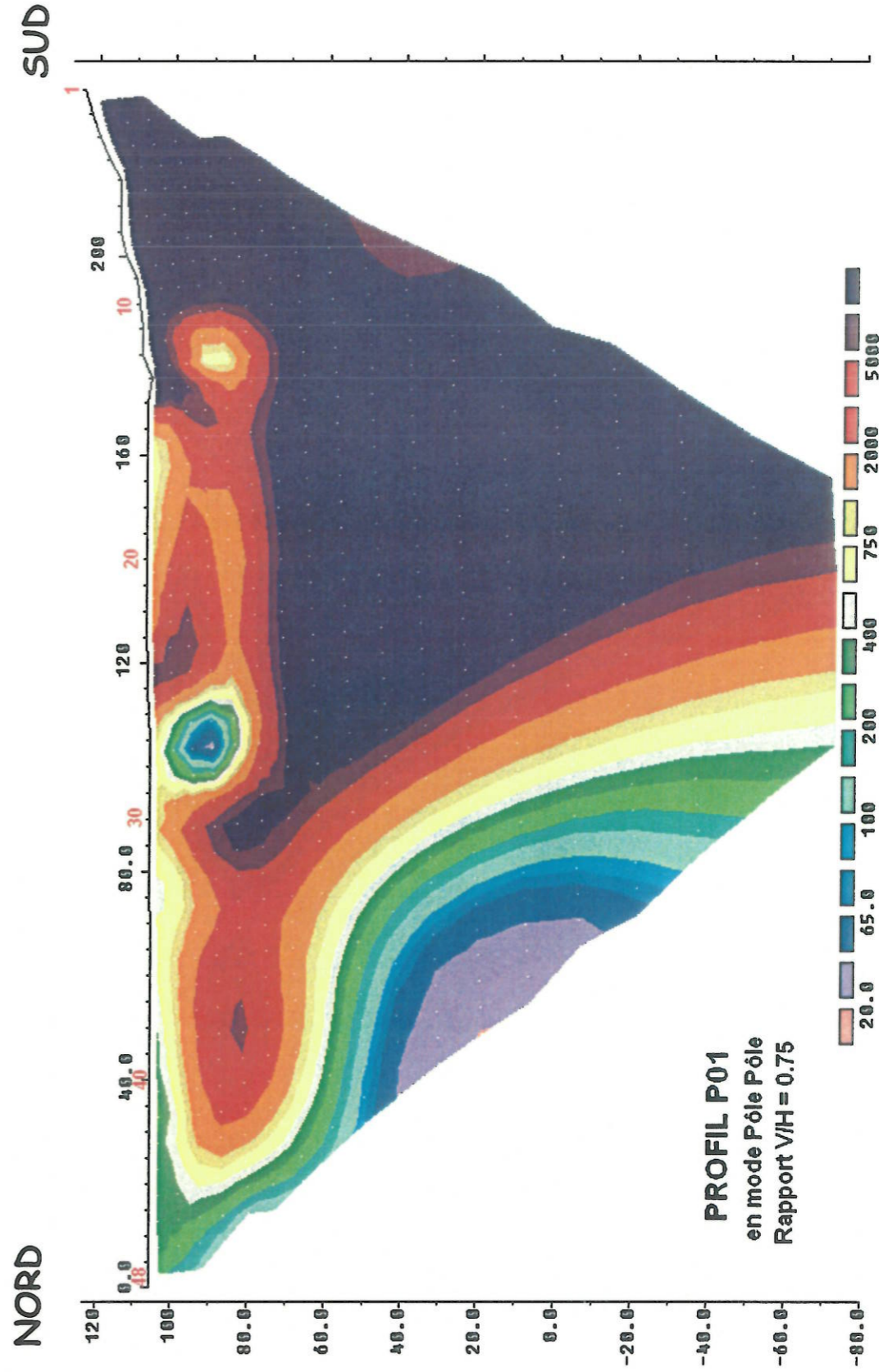


FIGURE N°4

## PROFIL P01

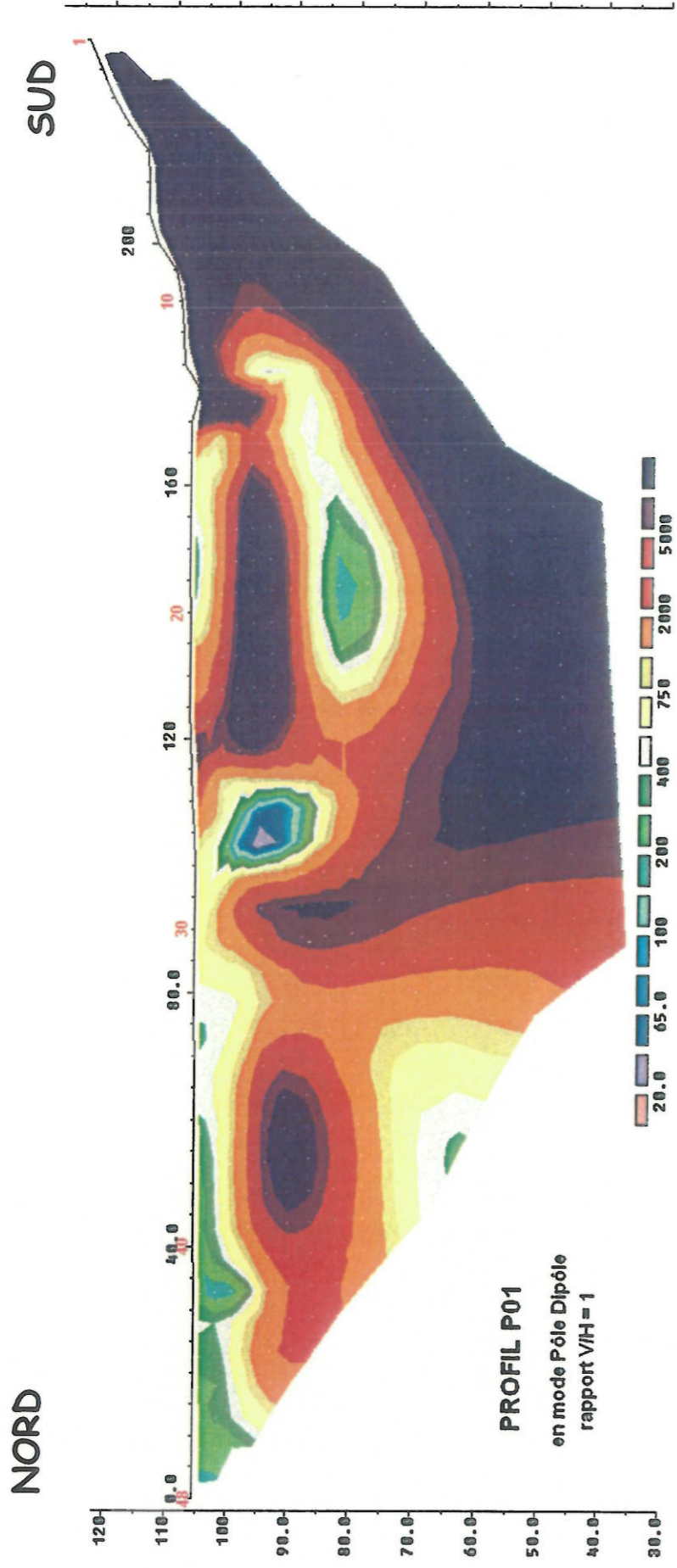


FIGURE N°5

## PLAN D'IMPLANTATION DU PROFIL P02

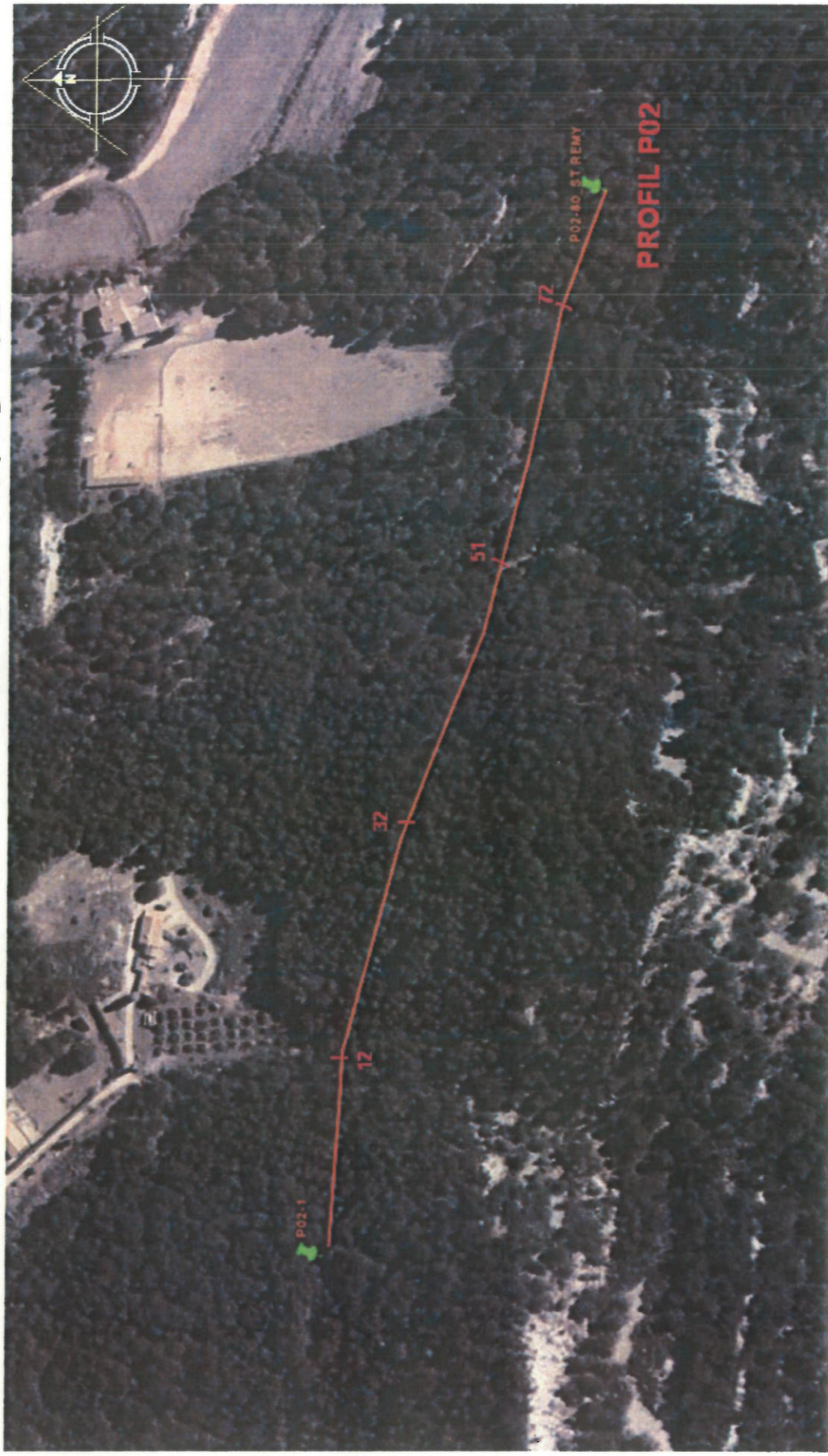


FIGURE N°6

# PROFIL P02

OUEST

EST

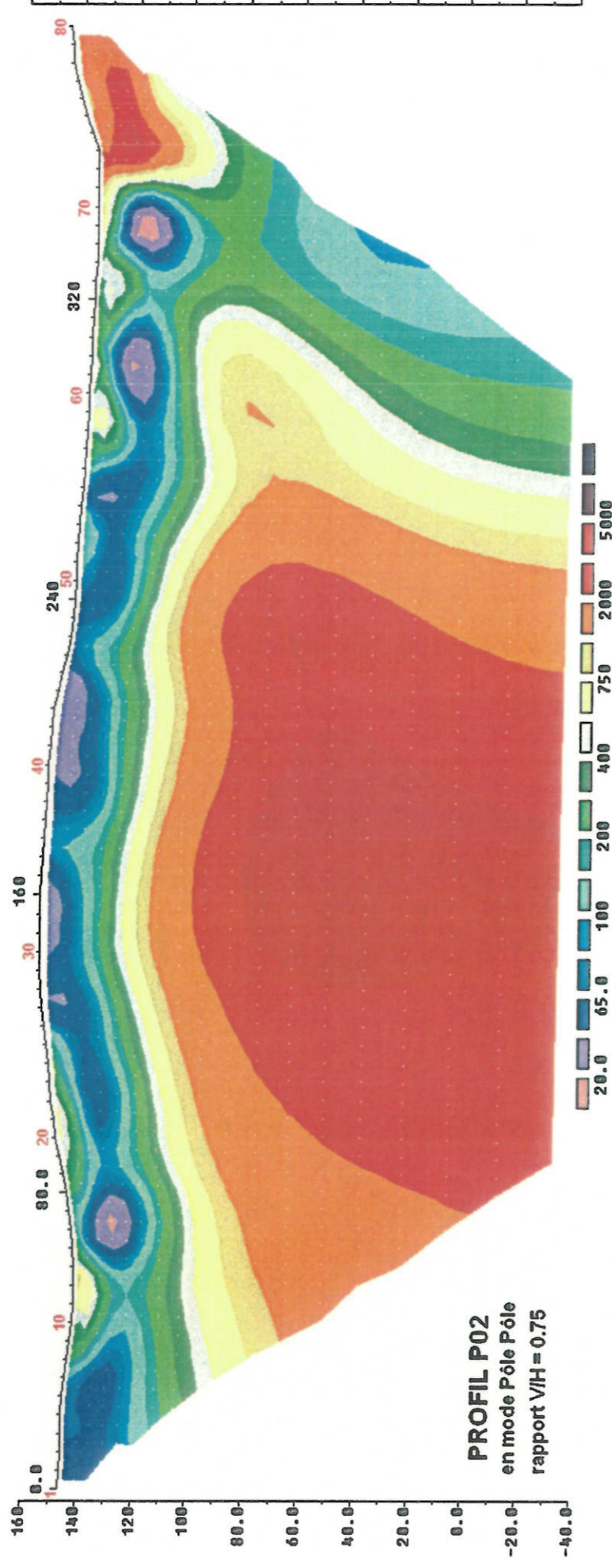


FIGURE N°7

# PROFIL P02

OUEST

EST

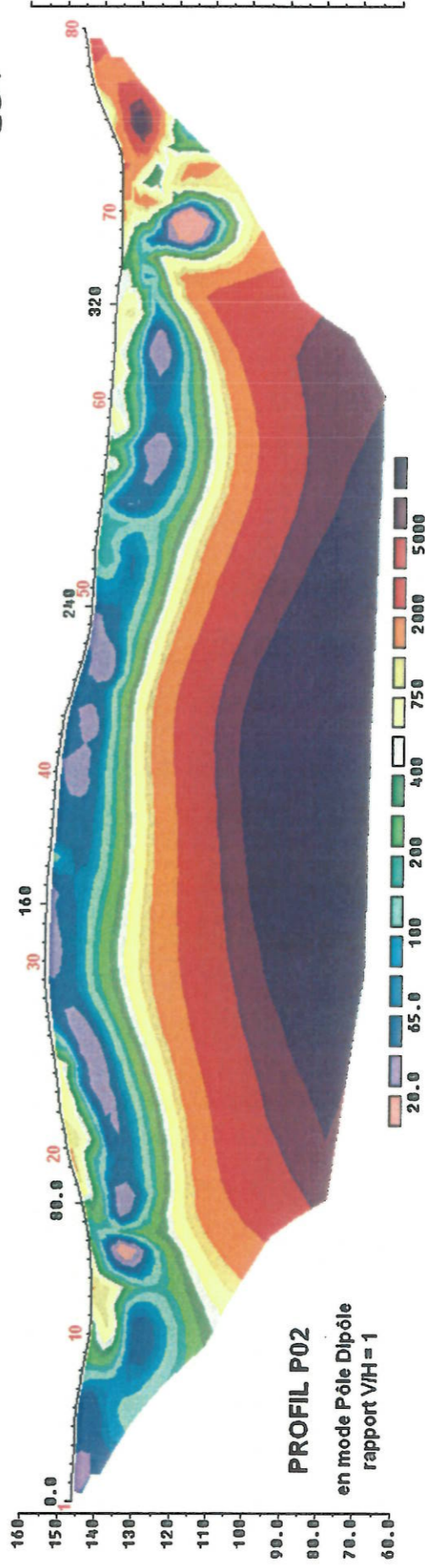


FIGURE N°8

## CARTE DE SYNTHÈSE DU P01

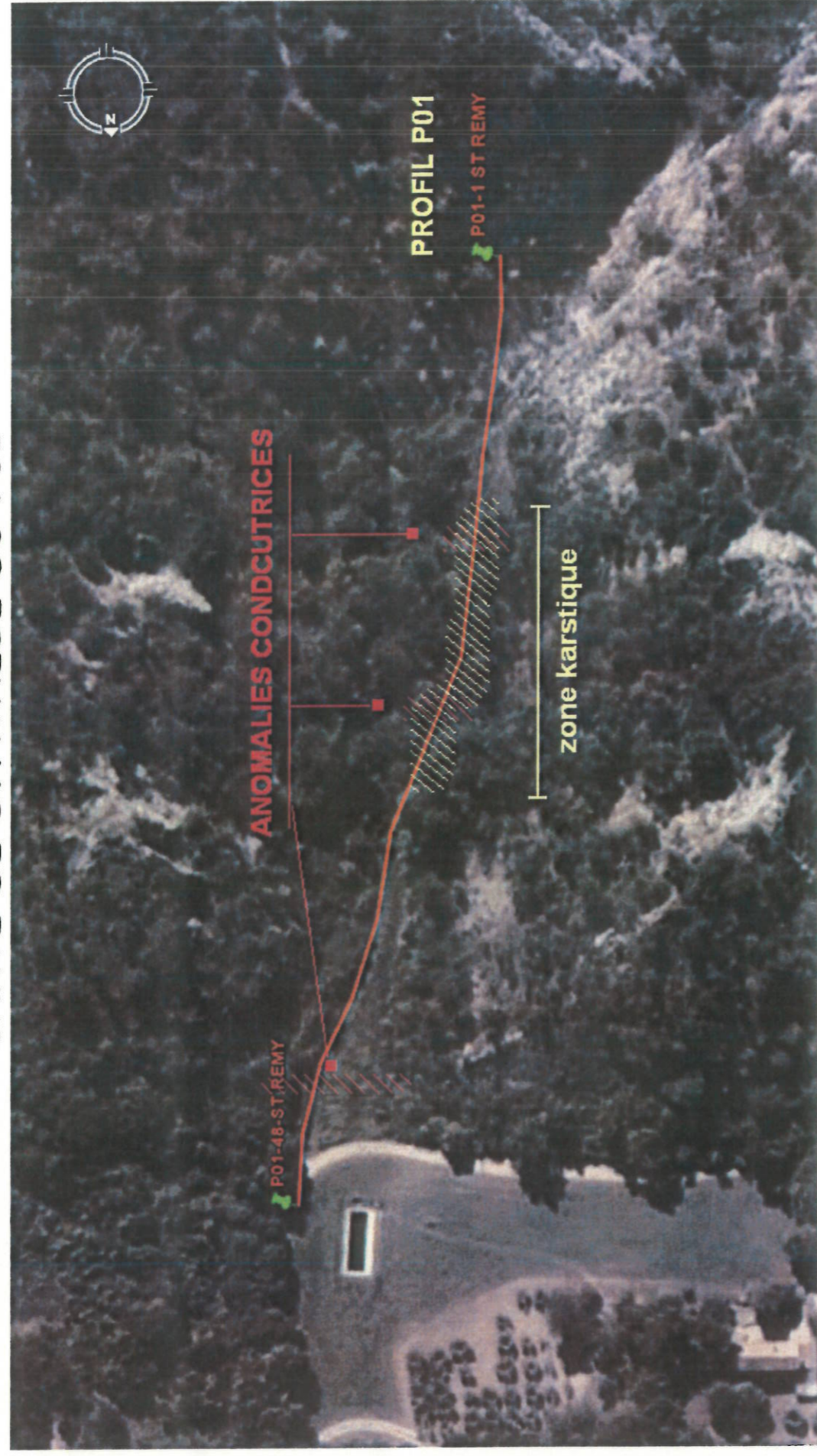


FIGURE N°9

## CARTE DE SYNTHÈSE DU P02

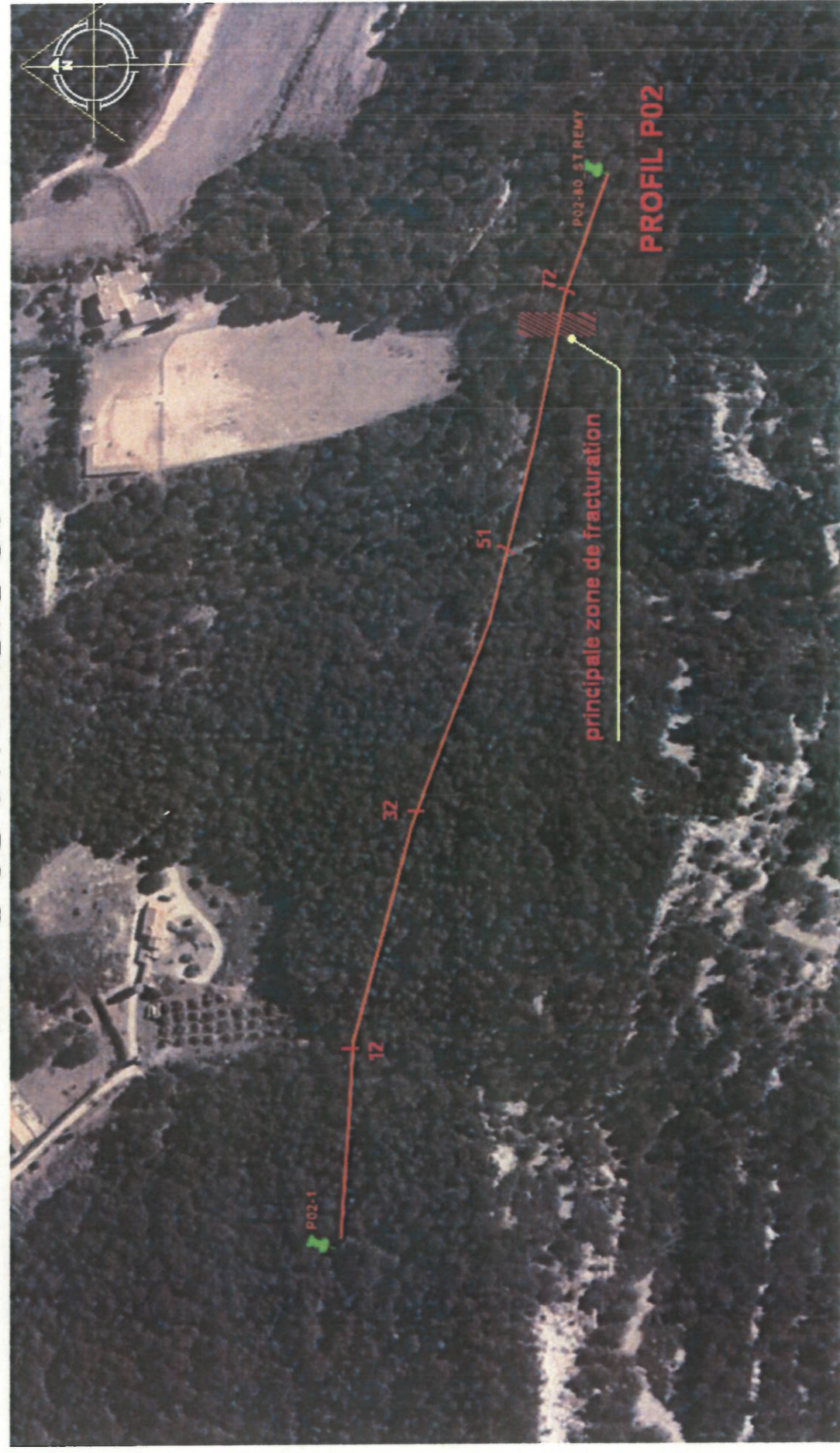


FIGURE N°10

**-PLANCHE A-    -PROFIL P1-**

1 et 2: vue vers le sud, P1 sur relief urgonien  
3: vue vers le nord

**Photos**



## **Annexe 5**

Commune de Boulbon  
Prospection géophysique  
BRPG Août 2007

(30 pages)

Département des Bouches-du-Rhône

**- Conseil Général -**  
Direction de l'Environnement  
Service de l'Eau, des milieux Aquatiques  
et des Activités piscicoles

« Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du  
Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône »

**Commune de Boulbon**

**- La Montagnette -**

-----  
Prospection Géophysique

-----  
Etude de la fracturation des formations de l'Hautérivien  
par la méthode de l'Imagerie Electrique

-----  
Août 2007

Bureau de Recherche et de  
Prospection Géophysique  
397, rue René Cassin  
34200 SETE  
Tél/Fax : 04 67 53 14 02  
Mobile : 06.80.01.39.67  
E.mail : [brpg.do@wanadoo.fr](mailto:brpg.do@wanadoo.fr)

## SOMMAIRE

### Texte :

#### I – INTRODUCTION

- 1 – But de l'étude
- 2 – Travaux sur le terrain

#### II – RESULTATS

- 1 – Remarques
- 2 – Profil P1
- 3 – Profil P2
- 4 – Carte de synthèse

#### III – CONCLUSION

### Figures :

- 1 – Plan de situation
- 2 – Plan d'implantation du profil P1
- 3 – Profil P1 en mode pôle-dipôle
- 4 – Profil P1 en mode pôle-pôle
- 5 – Plan d'implantation du profil P2
- 6 – Profil P2 en mode pôle-dipôle
- 7 – Profil P2 en mode pôle-pôle
- 8 – Carte de synthèse

### Photos :

- Planches A – Profils P1  
Planches B – Profils P2

### Annexe : Méthodologie

# **I – INTRODUCTION**

## **1 – But de l'étude**

A la demande de la Direction de l'Environnement – Service de l'Eau, des Milieux Aquatiques et des Activités piscicoles – du Conseil Général des Bouches-du-Rhône, le Bureau de Recherche et de Prospection Géophysique a effectué, en tant que membre du groupement ANTEA / BRPG / FORASUD titulaire du marché « Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône », une campagne de mesures sur la commune de Boulbon, à l'Est, sur le relief de « la Montagnette ». (Figure 1).

Cette étude, implantée par ANTEA et réalisée par la méthode de l'Imagerie Electrique avait pour but de positionner, dans les calcaires hautériviens, les zones de fracture pouvant jouer un rôle dans la circulation des eaux souterraines pour pouvoir les reconnaître par la suite par forages.

La méthode mise en œuvre, l'Imagerie Electrique permet d'obtenir, le long de profils rectilignes, des coupes en continu visualisant ici sur 150 mètres d'épaisseur environ les variations de résistivité électrique au niveau des différentes unités géologiques.

La répartition des résistivités en profondeur permet d'une part de différencier les grandes unités géologiques, ici calcaires de l'Hautérivien supérieur et formations plus marneuses de l'Hautérivien inférieur et d'autre part dans les calcaires de déterminer la position des zones homogènes, massives, résistantes électriquement et celle des zones fracturées, karstifiées, plus conductrices électriquement et favorables à la circulation des eaux souterraines orientant ainsi l'implantation de forages de reconnaissance.

## **2 – Travaux sur le terrain**

Cette campagne de mesures a été réalisée le 21 Août 2007.

Deux profils de 315 mètres (64 électrodes espacées de 5 mètres) ont été effectués, implantés par Monsieur Sylvain Anus, ingénieur hydrogéologue de la société ANTEA. Ils sont sub- parallèles et distants d'environ 200 mètres.

Le profil P1 est orienté Nord/Sud, il débute au Nord (électrode 1) en bordure d'une courbe du chemin de service entre les électrodes 1 et 10, il recoupe une combe puis il se situe au sommet du relief, vers le Sud, il traverse un petit vallon vers l'électrode 55.

Le profil P2 est à l'ouest du profil P1 et décalé d'environ 150 mètres vers le Sud. Il est orienté Nord-Nord-Est/Sud-Sud-Ouest, il débute au sommet d'un plateau (électrodes 1 à 16) puis descend dans une combe (électrodes 17 à 25) puis il suit un chemin de service le long du fond de la combe (électrodes 26 à 64).

Sur le terrain des marques de peinture et des piquets de bois matérialisent la position des profils.

Chacun des deux profils a été exploité par deux séries de mesures :

- Des mesures de résistivités en mode « pôle-dipôle » permettant une investigation de 80 mètres environ avec une bonne définition des niveaux superficiels.
- Des mesures de résistivité en mode « pôle-pôle » permettant une investigation profonde, supérieure à 150 mètres.

Ces modes de mesures nécessitent la mise en place d'électrodes dites à « l'infini » en pratique situées à environ 700 mètres de part et d'autre du profil étudié (Méthodologie).

## II – RESULTATS

### 1 – Remarques

- Les deux profils sont implantés sur les formations de l'Hautérivien, Hautérivien supérieur au Nord de la zone d'étude et Hautérivien inférieur au Sud, constituées de calcaires argileux, marno-calcaires et d'alternance rythmique marno-calcaire (Hautérivien inférieur). – Carte géologique Châteaurenard 1/50.000.
- D'une manière générale, les valeurs de résistivité mesurées sur ce site de Boulbon, au niveau du massif calcaire, sont inférieures à celles des deux autres sites de Fontvieille et Saint-Rémy-de-Provence.

Ici les résistivités moyennes sont de l'ordre de 200 à 300 ohms, elles peuvent atteindre 600 ohms ; à Fontvieille les calcaires hautériviens ont des résistivités moyennes de 500 à 700 ohms, elles peuvent atteindre 1.500 ohms ; à Saint-Rémy-de-Provence les calcaires urgoniens ont des résistivités de 2.000 à 3.000 ohms, elles peuvent atteindre 5.000 ohms.

Les faciès ici sont plus argileux : calcaires argileux et marno-calcaires.

### 2 – Profil P1 (Figures 3 et 4)

La coupe profonde du profil P1 présente, figure 4, dans un environnement moyennement résistant, avec des valeurs comprises entre 125 et 200 ohms, une unité relativement plus massive et homogène ( $200 < R < 600$  ohms) développée entre les électrodes 1 et 44 sur 100 mètres d'épaisseur.

Dans cette unité, localement, des variations de faciès ( $R > 400$  ohms) signalent des calcaires plus massifs, moins argileux notamment entre les électrodes 1 et 10.

Au Sud, à partir de l'électrode 44 et jusqu'à l'électrode 62, une baisse sensible de résistivité centrée sur l'électrode 55 peut souligner le passage d'un accident avant une remontée des résistivités en bout de profil (électrodes 62 à 64) qui peut signaler l'amorce d'une nouvelle unité résistante.

La coupe plus superficielle de ce profil P1, figure 3, détaille les variations de faciès dans l'unité Nord (électrodes 1 à 44) moyennement résistante et met en évidence au niveau des électrodes 35 – 36 une structure verticale un petit peu plus conductrice, à priori une fracture dans les calcaires.

Dans la partie Sud, électrode 44 à 59, un passage conducteur ( $R < 100$  ohms) souligne l'amorce d'une faille au niveau des électrodes 55 – 56.

A partir de l'électrode 59 le calcaire plus massif réapparaît.

En résumé, sur ce profil P1 les structures présentant un intérêt hydrogéologique sont :

- Une fracture de faible intensité dans les calcaires au niveau de l'électrode 30.
- Une zone de fracturation plus intense centrée sur l'électrode 55.

### 3 – Profil P2 (Figures 6 et 7)

Sur la coupe profonde, figure 7, les valeurs de résistivité sont encore moins contrastées que sur le profil P1.

Les résistivités les plus élevées comprises entre 200 et 400 ohms signalent les matériaux les plus calcaires qui forment comme sur le P1 une unité « résistante » qui s'étend de l'électrode 1 à l'électrode 50 sur 100 mètres d'épaisseur, affleurante au niveau du relief (électrodes 1 à 17) et sous couverture détritique argileuse entre les électrodes 17 et 50.

On note au sein de cette unité une anomalie conductrice verticale centrée sur les électrodes 30 – 31 qui souligne le passage d'un accident vertical.

Au Sud les faciès conducteurs argileux présents en surface entre les électrodes 34 et 50 plongent à partir de l'électrode 50 sous une structure plus massive, développée au Sud du profil à partir de l'électrode 50.

Ce passage conducteur ( $R = 100$  ohms) plongeant vers le Sud entre deux unités plus résistantes ( $R = 300$  ohms) peut souligner de l'altération due au passage d'une faille.

La coupe de la figure 6 réalisée en pôle-dipôle détaille les structures de surface et les accentue, notamment les faciès conducteurs entre les électrodes 34 et 50 où une petite fracture verticale peut être positionnée au niveau de l'électrode 36.

Comme sur la coupe profonde, ces faciès résistants sont limités au Nord au niveau des électrodes 30 – 31 et au Sud au niveau des électrodes 50 – 52, secteurs de passage des failles mises en évidence sur la coupe profonde figure 7.

En résumé, sur ce profil P2 les structures présentant un intérêt hydrogéologique sont :

- La faille verticale située au droit des électrodes 30 – 31.
- La zone de fracture plongeant vers le Sud à partir de l'électrode 50.

### 4 – Carte de synthèse

La carte de synthèse, figure 8, positionne les différentes zones d'anomalies mises en évidence sur les profils P1 et P2.

Sur le profil P1 : petite fracture intra-calcaires au niveau de l'électrode 25 et zone de faille centrée sur l'électrode 55.

Sur le profil P2 : zone de faille principale centrée sur l'électrode 30, petite faille au niveau de l'électrode 36 et faille plongeant vers le Sud à partir de l'électrode 50.

Si les accidents principaux visualisés sur chaque profil signalent le même accident recoupé par les deux profils, il s'agit d'une faille Est/Ouest dont le potentiel aquifère peut être reconnu par forage, soit à partir du secteur de l'électrode 30 du profil P2, soit à partir du secteur de l'électrode 55 du profil P1.

### III – CONCLUSION

L'étude géophysique effectuée par Imagerie Electrique sur la commune de Boulbon, sur les hauteurs de « la Montagnette », a permis de visualiser au droit des profils P1 et P2 la géométrie des formations de l'Hautérivien et de positionner des zones de fracture.

C'est au niveau de ces fractures que la recherche d'eau doit s'orienter bien qu'il existe un risque de colmatage argileux dans ces formations à caractère marneux.

Des forages de reconnaissance doivent être implantés en priorité sur le profil P1, dans le secteur de l'électrode 55 et sur le profil P2, dans le secteur de l'électrode 30 plus facile d'accès.

Le secteur de l'électrode 30, profil P1 et celui de l'électrode 50, profil P2, peuvent aussi présenter un intérêt pour la recherche d'eau.

D. Chauvain

# Figures

Reconnaitssances par méthode de l'Imagerie électrique  
SITE DE BOULBON

## PLAN DE SITUATION

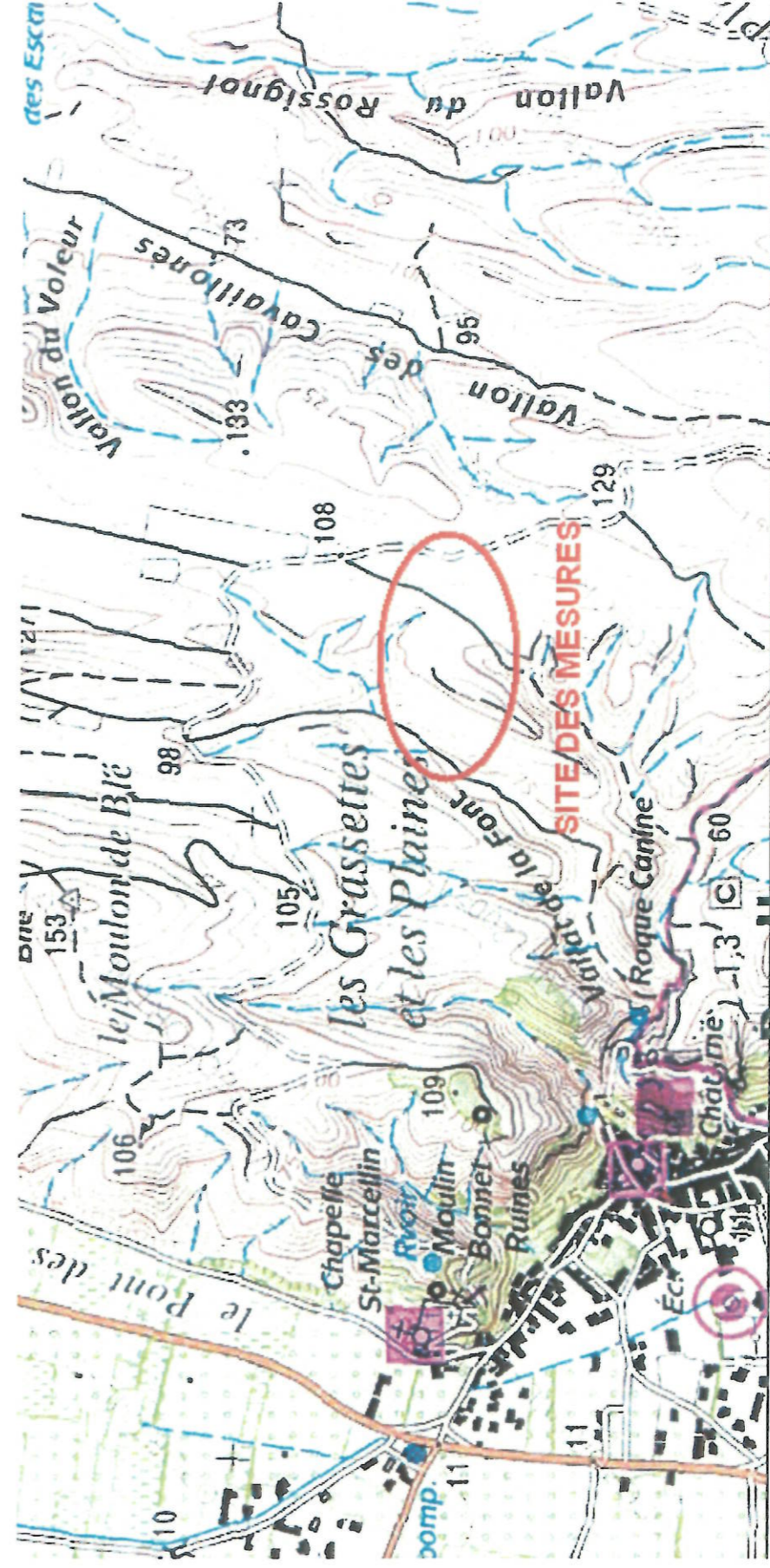


FIGURE N° 1

## PLAN D'IMPLANTATION DU PROFIL P01



FIGURE N° 2

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P01

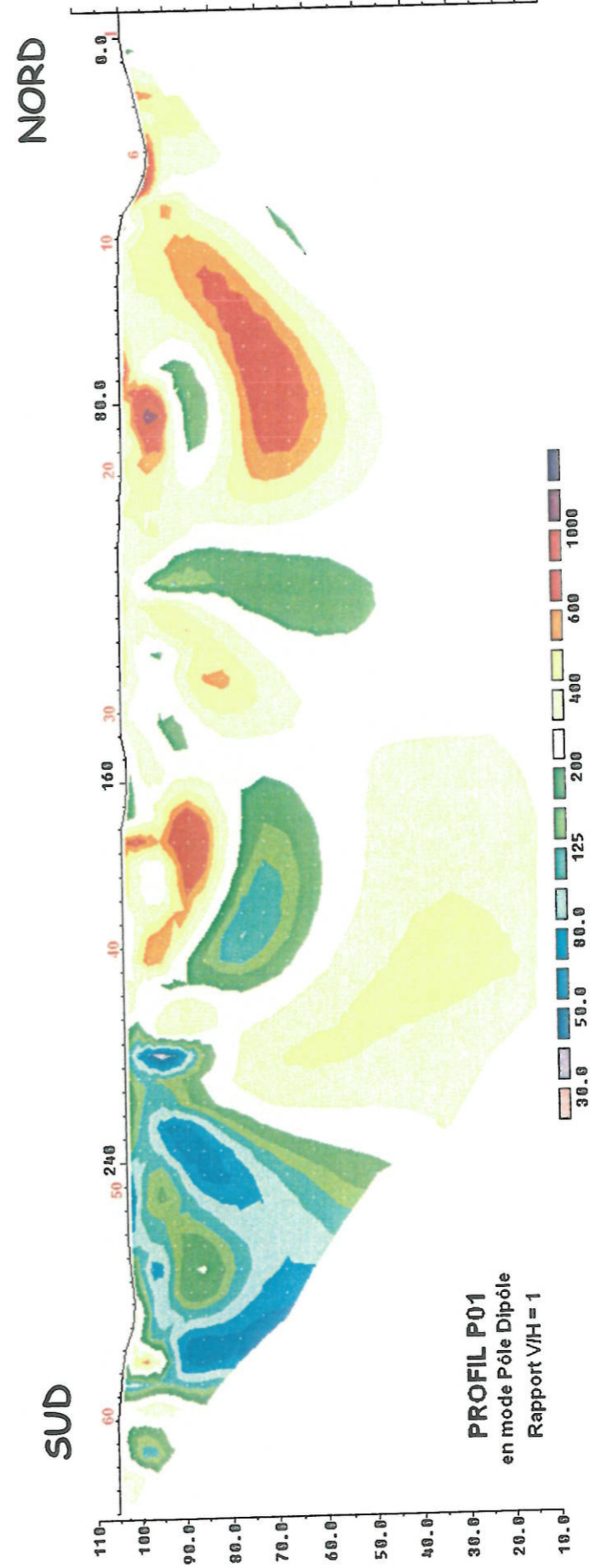


FIGURE N° 3

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P01

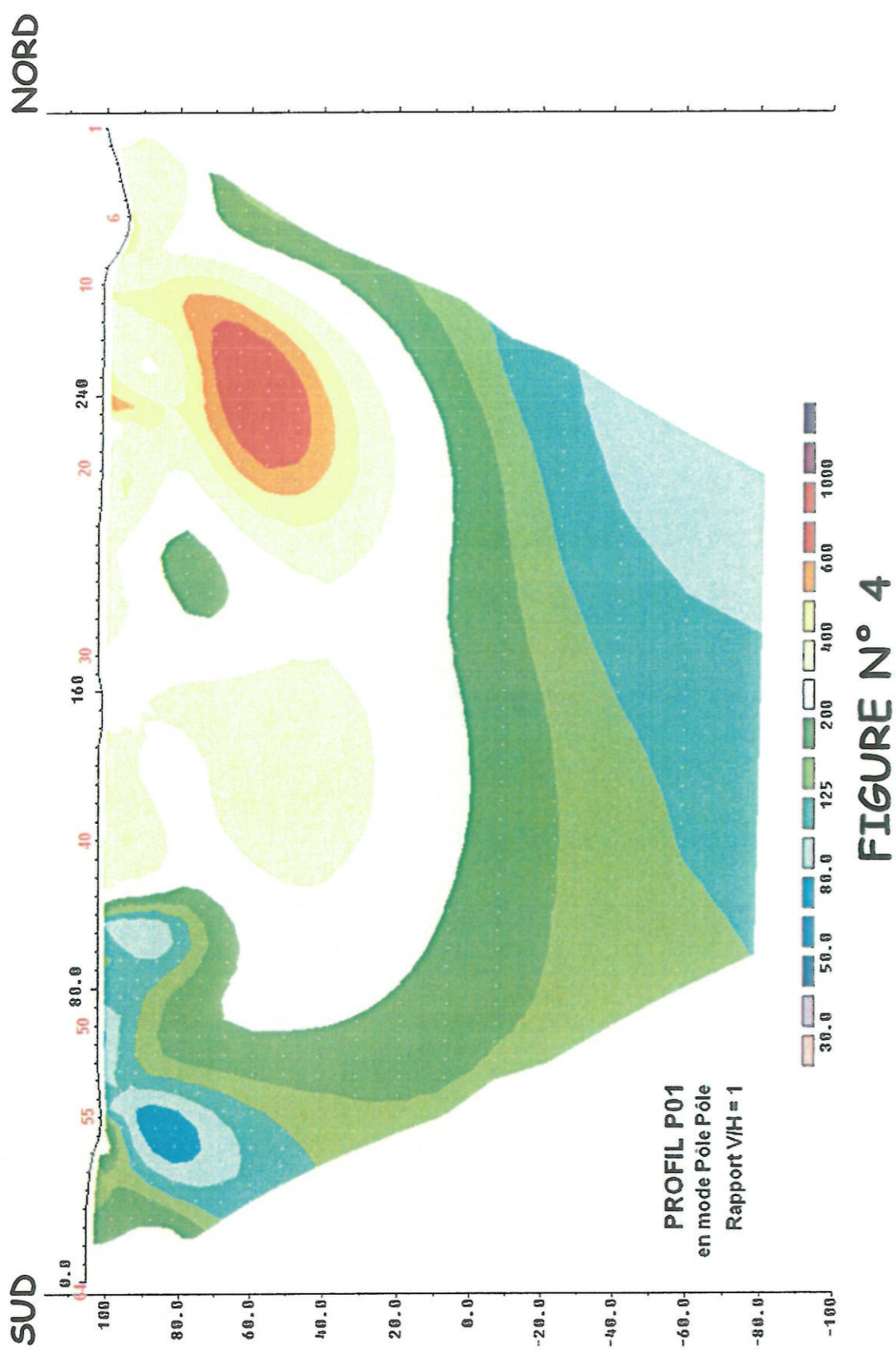


FIGURE N° 4

## PLAN D'IMPLANTATION DU PROFIL P02



FIGURE N° 5

## PROFIL P02

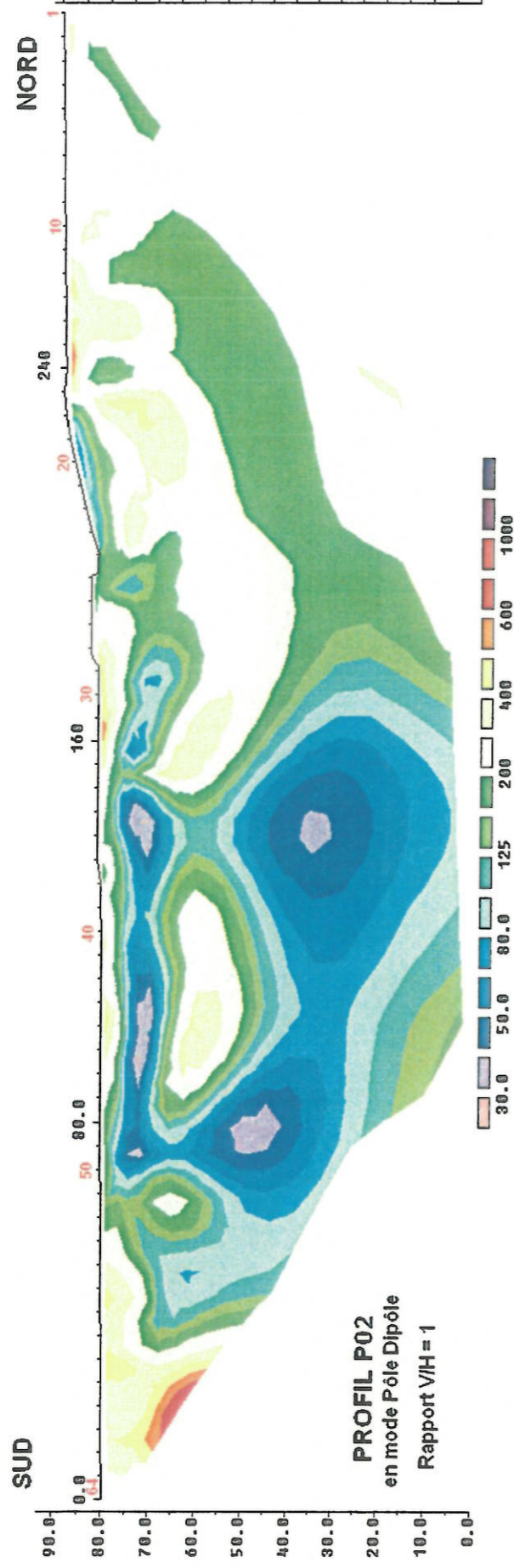


FIGURE N° 6

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P02

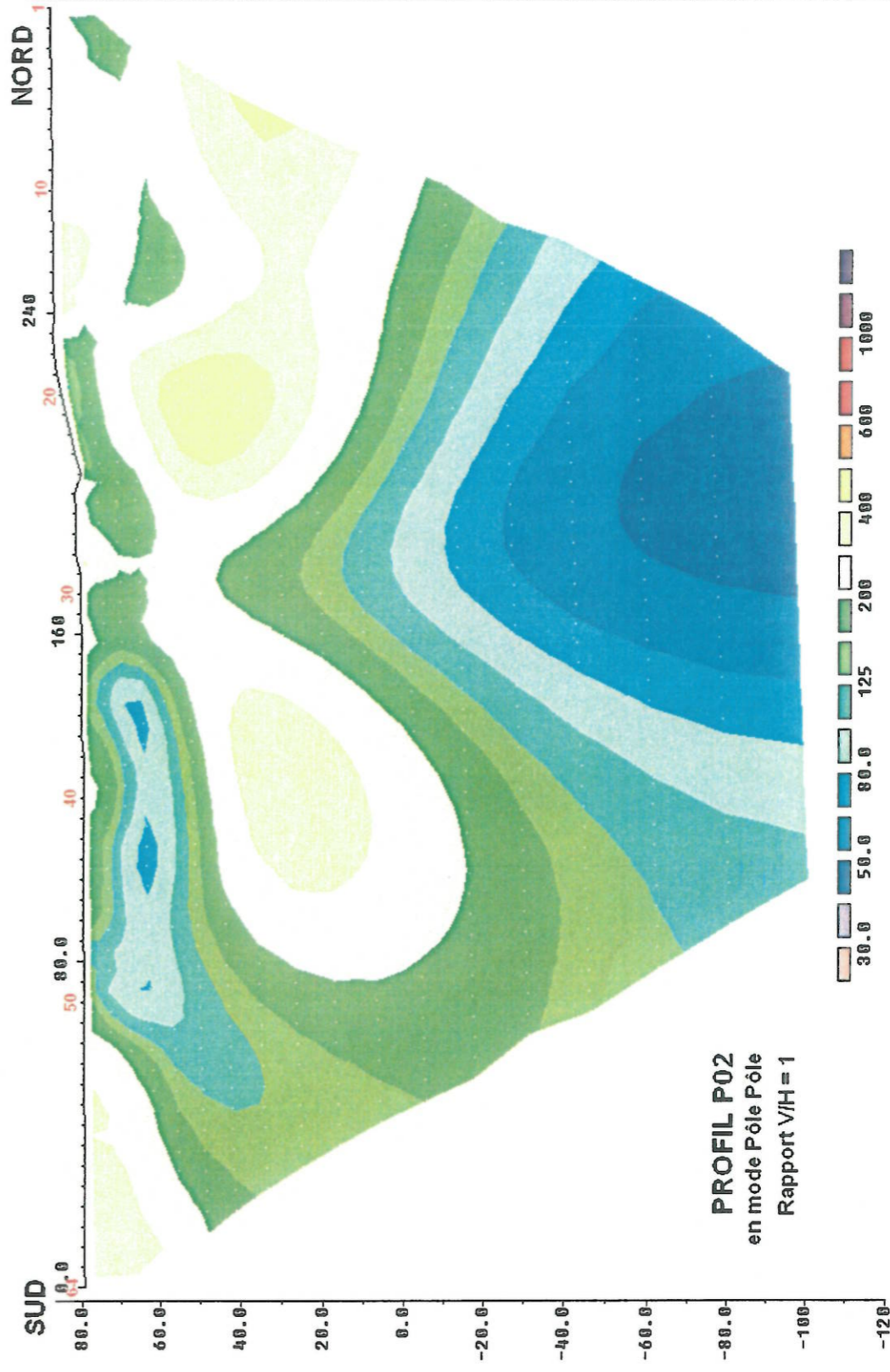


FIGURE N° 7

BRPG

AOUT 2007

## CARTE DE SYNTHESE



FIGURE N° 8

# Photos

**-PLANCHE A-      -PROFIL P1-**

- 1: centre du profil et vue vers le nord
- 2: extrémité nord, électrode 1



**-PLANCHE B-      -PROFIL P2-**

- 1: centre du profil , électrode 30
- 2: extrémité nord, électrode 1





## Fiche signalétique

### Rapport

---

Titre : Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône  
Phase 2 : Réalisation d'investigations complémentaires de terrain

Numéro et indice de version : A 48063/A – Volume 2 – Figures et annexes  
Date d'envoi : Mai 2008 Nombre d'annexes dans le texte : 6  
Nombre de pages : - Nombre d'annexes en volume séparé : 0  
Diffusion (nombre et destinataires) : 9. *Client dont 1 reproductible*  
*1 ex Documentation 1 ex. auteur*  
*1 ex. Interlocuteur commercial 1 ex. doc ANTEA Aubagne*

### Client

---

Coordonnées complètes :

CONSEIL GENERAL des Bouches du Rhône  
Hôtel du Département  
52, avenue de Saint Just  
13256 MARSEILLE CEDEX 20

Nom et fonction des interlocuteurs : Madame CLAUDINE TREZZY

### ANTEA

---

Unité réalisatrice : Agence Rhône-Alpes-Méditerranée  
Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

*FLORENCE DE SERMET, interlocuteur commercial*  
*SYLVAIN ANUS, responsable du projet*  
*SYLVAIN ANUS, auteur*  
*V. GAUTHIER, D. GAUMONT, Secrétariat*

### Qualité :

---

Contrôlé par : F. de SERMET  
Date : - Version A (Mai 2008)

N° du projet : MARP0600199  
Références et date de la commande : N° 18/12/06

**Mots-clés : EAU-SOUTERRAINE, HYDROGEOLOGIE, SYNTHESE, KARST,**

## **Annexe 6**

Commune de Fontvieille  
Prospection géophysique  
BRPG Août 2007

(30 pages)

Département des Bouches-du-Rhône

**- Conseil Général -**  
Direction de l'Environnement  
Service de l'Eau, des milieux Aquatiques  
et des Activités piscicoles

« Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du  
Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône »

**Commune de Fontvieille**

- Secteur du Moulin de Daudet -

-----  
Prospection Géophysique

-----  
Etude des calcaires hautériviens  
par la méthode de l'Imagerie Electrique

-----  
Août 2007

Bureau de Recherche et de  
Prospection Géophysique  
397, rue René Cassin  
34200 SETE  
Tél/Fax : 04 67 53 14 02  
Mobile : 06.80.01.39.67  
E.mail : brpg.do@wanadoo.fr

## SOMMAIRE

Texte :

### I – INTRODUCTION

- 1 – But de l'étude
- 2 – Travaux sur le terrain

### II – RESULTATS

- 1 – Profil P1
- 2 – Profil P2
- 3 – Carte de synthèse

### III – CONCLUSION

Figures :

- 1 – Plan de situation de la zone d'étude
- 2 – Plan d'implantation des profils sur photographie aérienne
- 3 – Profil P1 en mode pôle-dipôle
- 4 – Profil P1 en mode pôle-pôle
- 5 – Profil P2 en mode pôle-dipôle
- 6 – Profil P2 en mode pôle-pôle
- 7 – Carte de synthèse sur photographie aérienne

Photos :

- Planches A – Profils P1  
Planches B – Profils P2

Annexe : Méthodologie

# **I – INTRODUCTION**

## **1 – But de l'étude**

A la demande de la Direction de l'Environnement – Service de l'Eau, des Milieux Aquatiques et des Activités piscicoles – du Conseil Général des Bouches-du-Rhône, le Bureau de Recherche et de Prospection Géophysique a effectué, en tant que membre du groupement ANTEA / BRPG / FORASUD titulaire du marché « Etude hydrogéologique sur la ressource en eau du Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône », une campagne de mesures sur la commune de Fontvieille, au Sud dans le secteur du « Moulin de Daudet ». (Plan 1).

Cette étude, positionnée par ANTEA et réalisée par la méthode de l'Imagerie Electrique avait pour but de mettre en évidence en profondeur la fracturation des calcaires de l'Hauterivien reconnus à l'affleurement sur le site du « Moulin de Daudet » afin de positionner en surface d'éventuels forages d'eau au droit des secteurs les plus propices à la circulation des eaux souterraines.

La méthode mise en œuvre, l'Imagerie Electrique permet d'obtenir, le long de profils rectilignes, des coupes en continu visualisant ici sur 150 mètres d'épaisseur environ les variations de résistivité électrique au niveau des différentes unités géologiques.

La répartition des résistivités en profondeur permet d'une part de différencier les grandes unités géologiques, ici calcaires de l'Hauterivien et formations miocènes gréseuses et argileuses et d'autre part dans les calcaires de déterminer la position des zones homogènes, massives, résistantes électriquement et celle des zones fracturées, karstifiées, plus conductrices électriquement et favorables à la circulation des eaux souterraines orientant ainsi l'implantation de forages de reconnaissance.

## **2 – Travaux sur le terrain**

Cette campagne de mesures a été réalisée le 20 Août 2007.

Deux profils de 315 mètres (64 électrodes espacées de 5 mètres) ont été effectués, implantés en accord avec Monsieur Sylvain Anus, hydrogéologue de la société ANTEA.

Ces profils de direction générale Nord-Sud encadrent le « Moulin de Daudet ».

Le profil P1, situé à l'Ouest du moulin, débute (électrode 1) au Nord au niveau d'un chemin de service qu'il retrouve au niveau de l'électrode 32 puis qu'il suit jusqu'à l'électrode 48. A partir de l'électrode 48 il monte sur le relief calcaire et recoupe les divers chemins d'accès au site touristique.

Le profil P2, situé à l'Est du moulin, débute (électrode 1) au Sud, il longe le relief en contrebas du moulin de Daudet, il recoupe des chemins de service au niveau des électrodes 16, 24 et 43. (Figure 2)

Sur le terrain des marques de peinture et des piquets de bois matérialisent la position des profils.

Chacun des deux profils a été exploité par deux séries de mesures :

- Des mesures de résistivités en mode « pôle-dipôle » permettant une investigation de 80 mètres environ avec une bonne définition des niveaux superficiels.
- Des mesures de résistivité en mode « pôle-pôle » permettant une investigation profonde, supérieure à 150 mètres.

Ces modes de mesures nécessitent la mise en place d'électrodes dites à « l'infini » en pratique situées à environ 700 mètres de part et d'autre du profil étudié (Méthodologie).

## II – RESULTATS

### 1 – Profil P1

La coupe profonde du profil P1 réalisée en pôle-pôle et présentée figure 4 montre la géologie générale du secteur, avec au Sud une unité résistante massive dès la surface en bout de profil, puis karstifiée sur les quarantes premiers mètres d'épaisseur au centre du profil, attribuée aux calcaires de l'Hautérivien et au Nord une unité conductrice en profondeur, résistante en surface attribuée aux formations miocènes. Ces deux unités sont séparées par un contact sub-verticale (situé vers l'électrode 17) qui semble plonger légèrement vers le Nord.

Sur cette coupe profonde l'unité calcaire présente une poche d'altération superficielle, karstification probable entre les électrodes 50 et 23 qui atteint 40 mètres d'épaisseur au droit des électrodes 35 – 36.

Le passage d'une fracture dans les calcaires débutant en surface vers l'électrode 50 et plongeant à 45 degrés vers le Nord est probable, elle isole une portion de calcaires hautériviens altérés et karstifiés au centre du profil coincés entre les calcaires massifs au Sud et les formations miocènes au Nord.

Sur cette coupe le secteur qui paraît le plus favorable à une reconnaissance des calcaires par forage se situe au niveau des électrodes 35 – 36 où l'altération est maximale.

- La coupe plus superficielle réalisée en pôle-dipôle et présentée figure 3 détaille la géométrie du toit des calcaires karstifiés.

Les zones karstifiées sont prolongées vers le Nord par les formations conductrices du Miocène et le contraste de résistivité trop faible ne permet pas de les différencier. Le contact miocène / crétacé n'est pas visible sur cette coupe trop superficielle.

Au Sud l'unité calcaire massive est bien individualisée avec à partir de l'électrode 50 le début de la zone d'altération, la limite (faille ?) entre les calcaires massifs et les calcaires altérés plonge de manière nette vers le Nord.

### 2 – Profil P2

Ce profil P2 présente sur la coupe profonde, figure 6, les mêmes unités géologiques que le profil P1 avec l'unité calcaire du Sud plus développée, électrodes 1 à 46 et l'unité miocène au Nord visible à partir de l'électrode 47.

Les calcaires de l'Hautérivien apparaissent résistants et massifs et sont limités de manière très nette au niveau de l'électrode 46 par un contact sub-vertical légèrement chevauchant avec le Miocène conducteur et argileux en profondeur, plus résistant (grés, calcaire) vers la surface.

Dans les calcaires on note, vers la surface, la présence au niveau des électrodes 30 et 36 – 40 de poches d'altération (karstification).

La première, au niveau de l'électrode 30, peut souligner une fracture verticale intra calcaire, la deuxième une fracture oblique affectant les 50 premiers mètres d'épaisseur des calcaires jusqu'au contact avec le Miocène.

En profondeur, au droit des électrodes 11 – 12, une structure conductrice se développe à partir de 50 mètres.

Les résistivités passent progressivement de 1.000 ohms vers la surface, à 100 ohms à une centaine de mètres de profondeur, soulignant à priori une variation de faciès dans les formations de l'Hautérivien, passant des calcaires massifs affleurants au niveau du profil à des marno-calcaires et des marnes de l'Hautérivien inférieur, visibles à l'affleurement au Nord du secteur d'étude et plongeant ici sous les formations massives.

Ces formations marneuses ne sont pas propices à la circulation des eaux souterraines, leur reconnaissance par forage est déconseillée.

- La coupe plus superficielle réalisée en pôle-dipôle et présentée figure 5 montre les mêmes unités que la coupe profonde :

- Electrodes 1 à 46 : calcaires hautériviens massifs ;
- Electrode 46 – 47 : zone de contact, faille ;
- Electrode 47 à 64 : formations miocènes, argileuses en profondeur et gréseuses en surface.

Au niveau des calcaires, les formations marno-calcaires de l'Hautérivien inférieur, développées en profondeur sur la figure 6, ne sont pas atteintes ici du fait de l'investigation limitée de la méthode ; par contre une anomalie conductrice nette se développe à partir de 40 mètres de profondeur au droit du secteur de l'électrode 30 ; une fracture verticale avait été notée à ce niveau sur la coupe profonde mais elle apparaissait en profondeur de manière très atténuée du fait de la présence à proximité de l'anomalie principale (électrodes 10 – 11) d'intensité supérieure.

Le secteur de l'électrode 30 peut donc être reconnu par forage puisque des indices de fracturation et/ou de karstification favorisant la circulation des eaux souterraines sont présentes à ce niveau.

### 3 – Carte de synthèse (figure 7)

Sur la carte présentée figure 7 les principaux résultats visualisés sur les coupes des deux profils sont reportés en plan.

Ils permettent de positionner au Nord le tracé du contact (faille ?) entre les formations du Crétacé (calcaires hautériviens) et les formations du Miocène et dans la partie Sud, au niveau des calcaires, les principales zones de karstification.

### **III – CONCLUSION**

L'étude géophysique effectuée par Imagerie Electrique à Fontvieille dans le secteur du Moulin de Daudet a permis de visualiser au Sud des formations du Miocène la géométrie et l'altération (fracturation et karstification) des calcaires de l'Hautérivien.

Elle a principalement mis en évidence sur le profil P1 une zone de karstification dans la partie centrale limitée en profondeur par une faille qui plonge vers le Nord et s'initie en surface au niveau de l'électrode 50 et sur le profil P2 une zone de karstification.

Des forages de reconnaissance peuvent être implantés sur le profil P1 dans le secteur des électrodes 35 – 36 et sur le profil P2 au niveau de l'électrode 30 afin de reconnaître le potentiel aquifère de ces calcaires hautériviens.

D. Chauvain

## Figures

## PLAN DE SITUATION

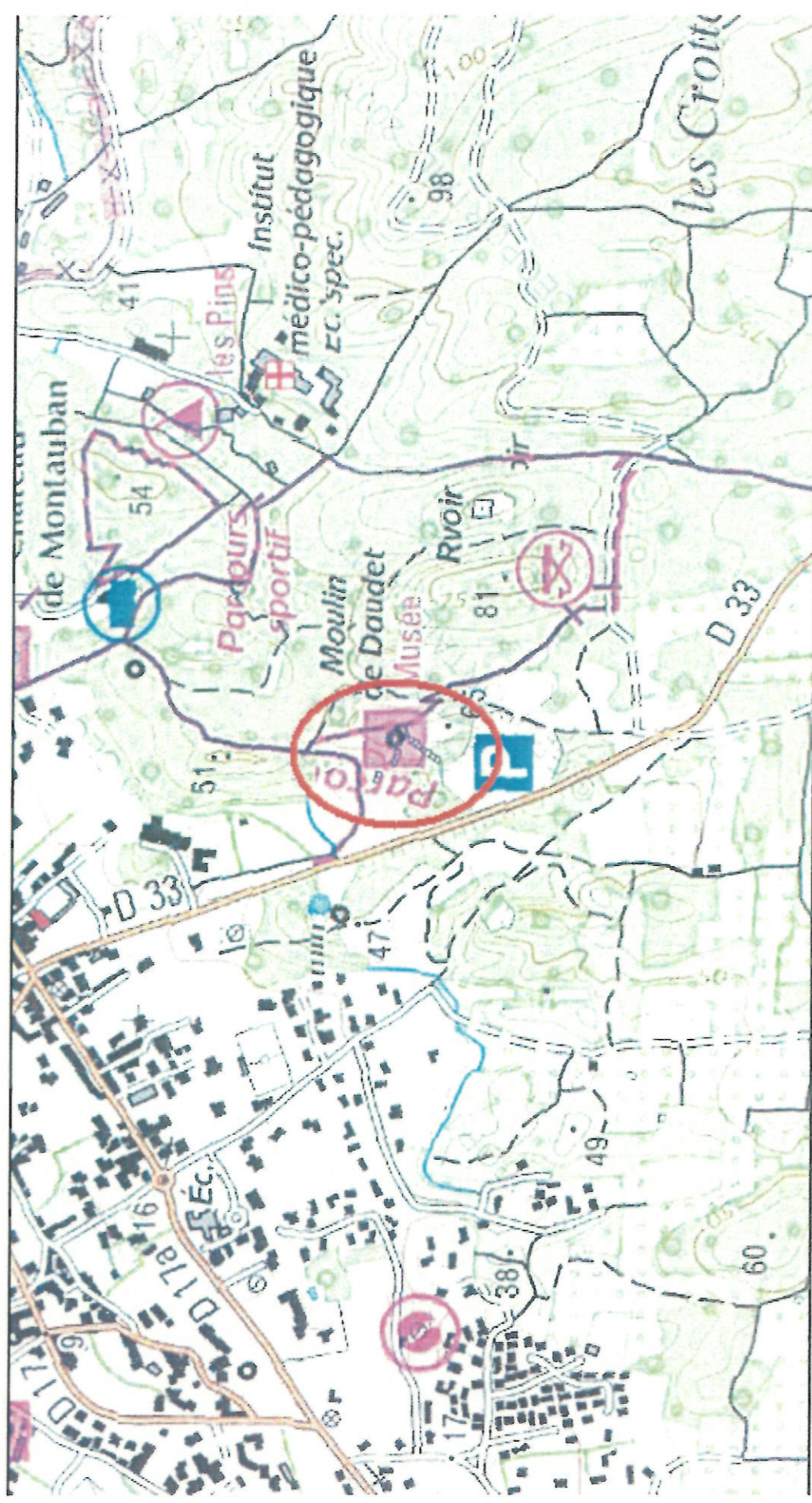


FIGURE N° 1

BRPG

AOUT 2007

## PLAN D'IMPLANTATION DES PROFILS



FIGURE N° 2

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P01

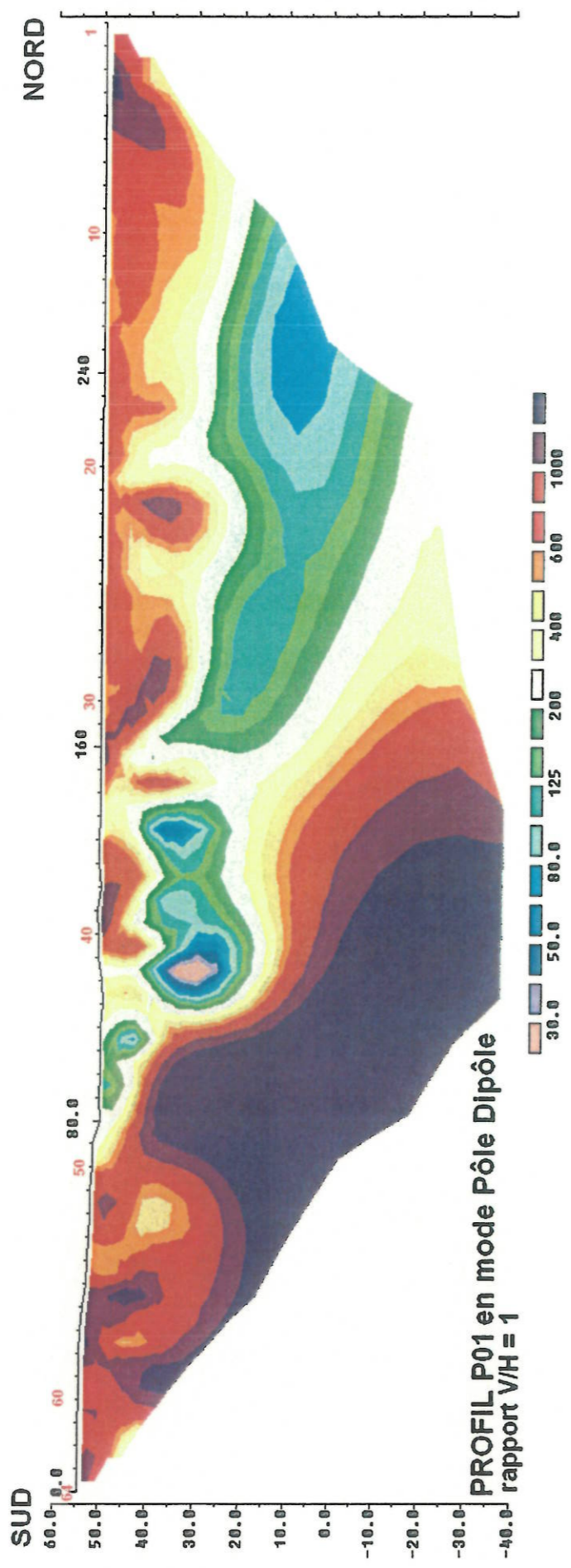


FIGURE N° 3

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P01

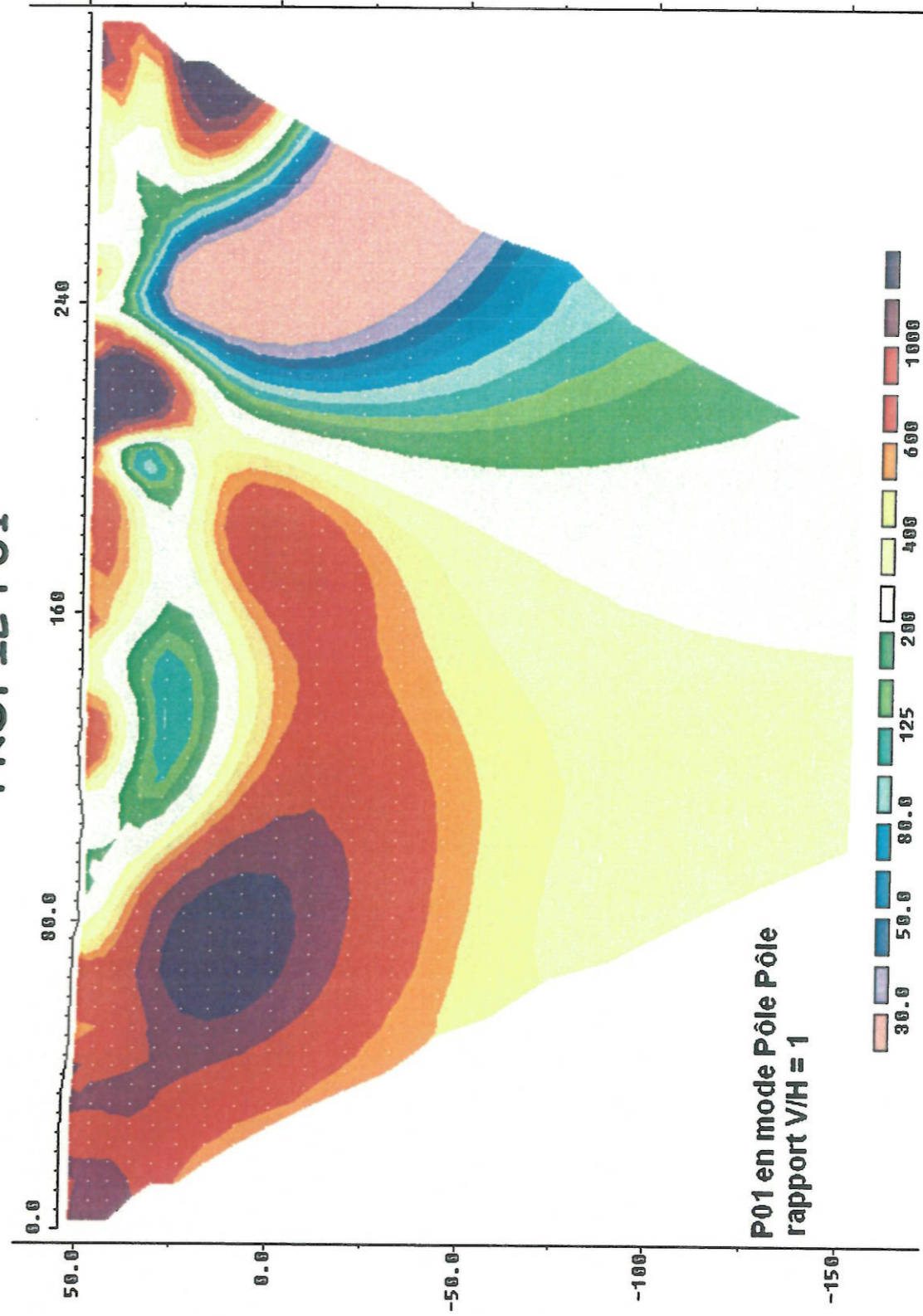


FIGURE N° 4

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P02

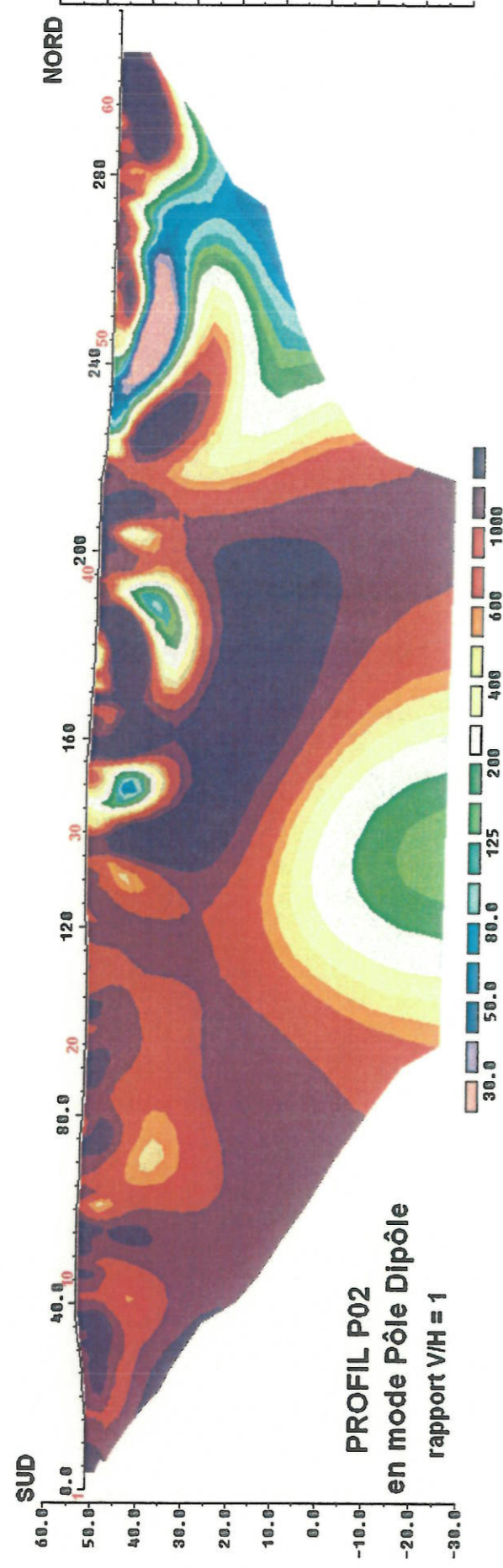


FIGURE N° 5

BRPG

AOUT 2007

## PROFIL P02

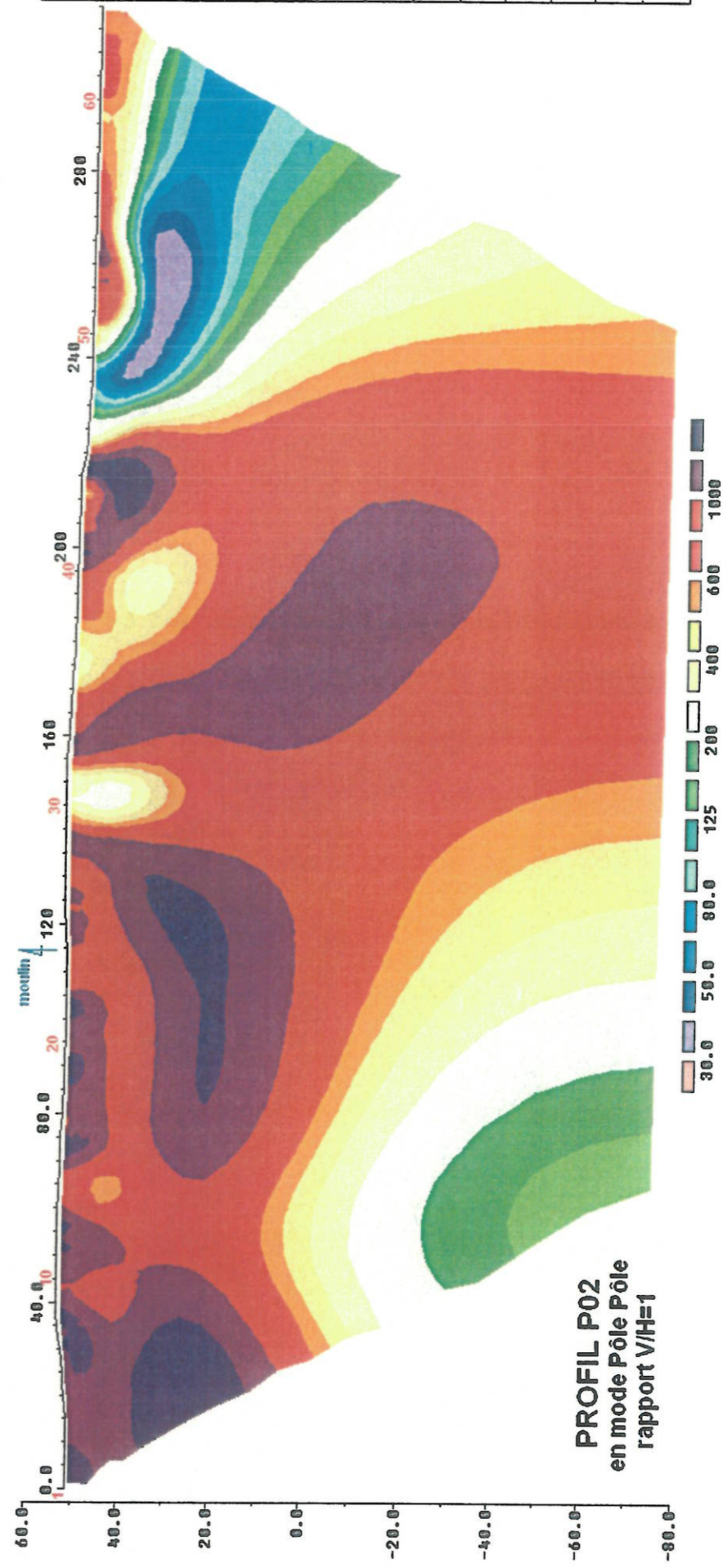


FIGURE N° 6

BRPG

AOUT 2007

## CARTE DE SYNTHÈSE

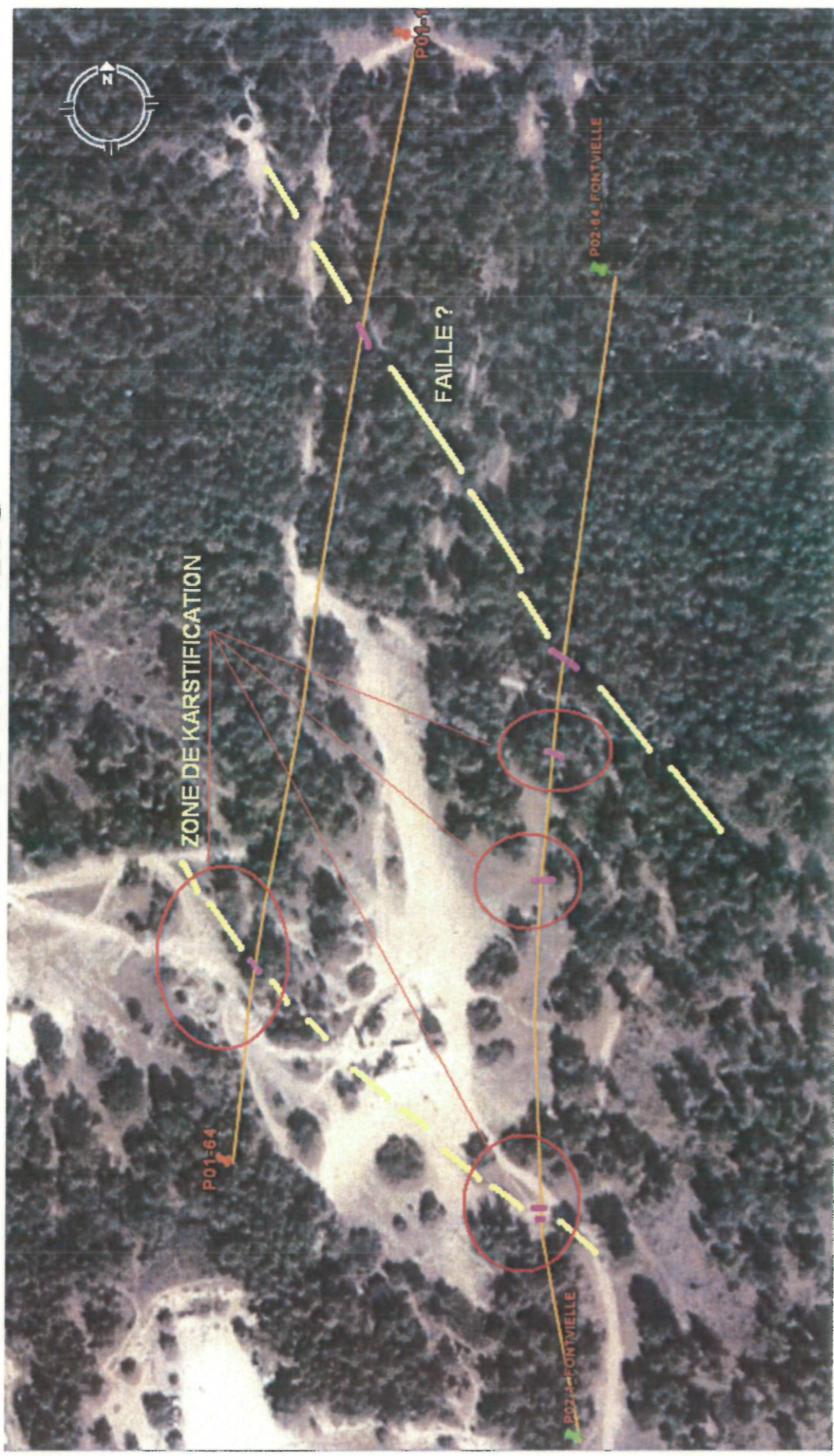


FIGURE N° 7

# Photos

-PLANCHE A-    -PROFIL P1-

1: centre du profil et vue vers le sud  
2 et 3: détails partie nord



-PLANCHE B-    -PROFIL P2-

1: partie sud  
2: centre du profil

