

ANNEXE N° 22

ETUDE Foudre

Analyse Risque Foudre

Etude Technique

STAR ENVIRONNEMENT

Site de Frejus (83)

(Etude réalisée sur plan)

Rédacteur : G.BRIEZ

Date : 16/03/2012

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS

Indice de révision	Date	Objet de l'évolution	Nom et signature	
			Rédacteur	Vérificateur
0	24/02/12	Version initiale	GB 	TK 
1	16/03/12	Révision 1 : Modification de la surface des zones et de certaines appellations		

2. TABLE DES MATIERES

1.	HISTORIQUE DES EVOLUTIONS.....	2
2.	TABLE DES MATIERES.....	3
3.	GLOSSAIRE.....	4
4.	LE RISQUE Foudre.....	7
5.	INTRODUCTION.....	8
5.1.	BASE DOCUMENTAIRE.....	8
5.2.	DEROULEMENT DE LA MISSION	9
5.2.1.	<i>Références réglementaires et normatives</i>	<i>9</i>
5.2.2.	<i>Définition de l'Analyse du Risque Foudre</i>	<i>10</i>
5.2.3.	<i>Définition de l'Etude Technique</i>	<i>11</i>
6.	PRESENTATION DU SITE	12
6.1.	CARACTERISTIQUES DU SITE	12
6.2.	LISTE DES INSTALLATIONS REPERTORIEES DANS LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	13
7.	ANALYSE DE RISQUE Foudre (A.R.F)	14
7.1.	DENSITE DE FOUDROIEMENT	14
7.2.	IDENTIFICATION DES RISQUES DUS A LA FOUDRE	14
8.	ANALYSE DE RISQUE Foudre (A.R.F)	15
8.1.	DETERMINATION DES NIVEAUX DE PROTECTION	15
8.1.1.	<i>Identification des structures à protéger.....</i>	<i>15</i>
8.1.2.	<i>Caractérisation de la zone vie.....</i>	<i>16</i>
8.1.3.	<i>Caractérisation de la zone de stockage.....</i>	<i>18</i>
8.1.4.	<i>Equipements ou fonctions à protéger</i>	<i>19</i>
9.	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	20
10.	ETUDE TECHNIQUE DU SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE.....	21
10.1.	PRINCIPES DE PROTECTION : IEPF ET IIPF	21
10.1.1.	<i>Les Installations Extérieures de Protection Foudre (I.E.P.F).....</i>	<i>21</i>
10.1.2.	<i>Les Installations Intérieures de Protection Foudre (I.I.P.F)</i>	<i>22</i>
10.2.	PRECONISATIONS	28
10.2.1.	<i>Synthèse de l'Etude Technique</i>	<i>28</i>
10.2.2.	<i>Protections : Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF).....</i>	<i>29</i>
10.2.3.	<i>Protections : Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF).....</i>	<i>30</i>
10.2.3.1.	<i>Rappel Général.....</i>	<i>30</i>
10.2.3.2.	<i>Liste des Parafoudres de Type I à installer</i>	<i>33</i>
10.2.3.3.	<i>Liste des parafoudres de type II à installer.....</i>	<i>33</i>
10.3.	LES EQUIPEMENTS A SECURISER HORS CADRE DE LA REGLEMENTATION	34
10.4.	EQUIPOTENTIALITE	34
10.5.	OBSERVATIONS.....	35
11.	LA PROTECTION DES PERSONNES.....	36
11.1.	TEXTES ET NORMES REGLEMENTAIRES	36
11.2.	PREVENTION ET ENREGISTREMENT DES IMPACTS.....	37
11.3.	TENSION DE PAS ET DE CONTACT	39
12.	ANNEXES.....	41

3. GLOSSAIRE

Installation Extérieure de Protection contre la Foudre (IEPF) :

Son rôle est de capter et de canaliser le courant de foudre vers la terre par le chemin le plus direct (en évitant la proximité des équipements sensibles). L'IEPF est composée :

- du système de capture : il est constitué de paratonnerres stratégiquement placés et de dispositifs naturels de capture ;
- des conducteurs de descente destinés à écouler le courant de foudre vers la terre ;
- du réseau des prises de terre ;
- du réseau d'équipotentialité (un maillage métallique des masses et des éléments conducteurs complété éventuellement par la mise en place de parafoudres et d'éclateurs).

Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) :

Son rôle principal est de limiter les perturbations électriques à l'intérieur des installations à des valeurs acceptables pour les équipements. L'IIPF est composée :

- du réseau d'équipotentialité : Il est obtenu par un maillage métallique des masses et des éléments conducteurs ;
- de parafoudres, de filtres, etc. spécifiquement conçus pour chaque type de signal à transmettre ;

Méthode déterministe :

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local. Par conséquent, quelque soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme IPS, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

Lorsque la norme NF-EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié tels que cheminées, aéro-réfrigérants, racks, stockages extérieurs) cette méthode est choisie.

Méthode probabiliste :

L'évaluation probabiliste du risque permet une classification des risques de la structure, elle permet donc de définir des priorités dans le choix des protections et de vérifier la pertinence d'un système de protection.

Elle permet de définir les niveaux de protections à atteindre pour les bâtiments, afin de lutter contre les effets directs et indirects de la foudre.

La méthode utilisée s'applique aux structures fermées (de type bâtiment), elle tient compte des dimensions, de la structure du bâtiment, de l'activité qu'il abrite, et des dommages que pourrait engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments.

Les risques de dommages causés par la foudre peuvent être de 4 types :

- R1 : Risque de perte humaine
- R2 : Risque de perte de service public
- R3 : Risque de perte d'héritage culturel
- R4 : Risque de pertes économiques

Suivant la circulaire du 24/04/2008, seul le risque R1 est pris en considération.

Lorsque le risque calculé est supérieur au risque acceptable, des solutions de protection et de prévention sont adoptées jusqu'à ce que le risque soit rendu acceptable.

Cette méthode probabiliste permet d'évaluer l'efficacité de différentes solutions afin d'optimiser la protection.

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à mettre en oeuvre à l'aide de parafoudres, d'interconnexions et/ou de paratonnerres.

Pour évaluer le risque dû aux coups de foudre dans une structure, nous utiliserons le guide pratique d'évaluation du risque foudre UTE C 17-100-2 qui remplace les annexes B des normes NF C 17-100 et 17-102, plus applicables depuis avril 2006.

Ce guide propose une méthode d'évaluation du risque foudre. Une fois fixée la limite supérieure du risque tolérable, la procédure proposée permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable. Cela débouchera sur la définition d'un niveau de protection allant de I, pour le plus sévère, à IV pour le moins sévère.

Niveau de protection (N_p) :

Nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre quant à la probabilité selon laquelle les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle.

Caractéristiques de la structure	niveau de protection
Structure non protégée par SPF.	-
Structure protégée par un SPF	IV
	III
	II
	I

Les niveaux de protection s'échelonnent du « Niveau IV » au « Niveau I ».

Le niveau IV étant le niveau de protection normal tandis que le niveau I est le niveau de protection maximal.

Equipements Importants pour la Sécurité (EIPS) :

Pour être qualifié **d'éléments important pour la sécurité** (EIPS), un élément (opération ou équipement) doit être choisi parmi les **barrières de sécurité** destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les conséquences d'un événement redouté central susceptible de conduire à un **accident majeur**.

Parafoudre :

Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de choc. Il comprend au moins un composant non linéaire.

Parafoudres coordonnés :

Parafoudres coordonnés choisis et installés de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.

Système de protection contre la foudre (SPF) :

Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre.

Zone de protection foudre (ZPF) :

Zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini.

4. LE RISQUE Foudre

Avant d'entamer précisément le dossier d'étude du risque foudre, il est nécessaire de rappeler quelques principes fondamentaux sur la foudre et ses effets destructeurs.

**Evénement
initiateur**

FOUDRE

**Evénement
redouté**

ETINCELLE

**Phénomènes
dangereux**

**EXPLOSION
INCENDIE
PERTE D'EIPS**

Effets

**IMPACT HUMAIN,
ENVIRONNEMENTAL
& INDUSTRIEL**

La foudre est un courant de forte intensité, 30 kA en moyenne avec des maxima de l'ordre de 100 kA, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol.

Ce courant de foudre peut avoir des conséquences très dommageables pour les structures même des bâtiments lorsqu'elles sont directement frappées. La parade est relativement simple à trouver : l'installation de paratonnerres ou la prise en compte d'éléments constitutifs (naturel) du bâtiment en tant que tel.

Mais elle peut aussi causer d'innombrables dégâts aux équipements électriques, électroniques et informatiques qui se trouvent à proximité du point d'impact, en cherchant à s'écouler à la terre par tous les éléments conducteurs qu'elle rencontre sur son chemin. Elle rayonne également un champ électromagnétique très intense, lui-même générateur de courants parasites sur les câbles qu'il illumine. Enfin, elle crée des phénomènes dits de "couplage de terre" lors de son écoulement à la terre.

La parade contre ces effets secondaires est plus difficile à mettre en place dans la mesure où le danger peut avoir des origines multiples. Néanmoins, les progrès de ces dernières années sur la connaissance de ces phénomènes nous permettent aujourd'hui de nous en protéger grâce aux mesures suivantes :

- Réalisation d'une parfaite équipotentialité des terres du site dont le but est de limiter les conséquences des phénomènes de couplage de terre, complétée en surface par l'interconnexion des masses métalliques tels que chemins de câbles en acier, structure métallique, tuyauteries et conduits divers à proximité des équipements sensibles. Ce réseau en surface, encore appelé "Plan de Masse", a pour effet de réduire les courants vagabonds qui circulent habituellement dans ces éléments conducteurs.
- Cette mesure de mise en équipotentialité peut être complétée par l'installation de parafoudres sur les lignes provenant de l'extérieur des bâtiments et reliées aux équipements importants pour la sécurité ou aux électroniques fragiles, pour les protéger contre les surtensions transitoires dont l'origine a été expliquée précédemment.

5. INTRODUCTION

5.1. Base documentaire

L'Analyse de Risque Foudre et l'Etude Technique se basent sur les documents listés ci dessous, sur les informations fournies la société KALIES :

TITRE	DATE	RERERENCE	DOCUMENT FOURNI
Plan de masse	/	/	■
Plan topographique	20/02/2012	Autocad	■

Document joint => Plan topographique (Annexe 1)

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 8

5.2. Déroulement de la mission

5.2.1. Références réglementaires et normatives

L'étude est réalisée dans le respect des règles de l'art, conformément aux prescriptions, normes, décrets et textes officiels en vigueur à ce jour, et plus particulièrement aux documents suivants :

❖ Normes

Norme	Désignation
NF C 17-102 (Septembre 2011)	Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100 (Décembre 2002)	Installations électriques Basse Tension § 443 et § 543
NF EN 62305-1 (Juin 2006)	Protection contre la foudre, Partie 1 : Principes généraux
NF EN 62305-2 (Novembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 2 : Evaluation du risque
NF EN 62305-3 (Décembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains
NF EN 62305-4 (Décembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures

❖ Réglementation

Document	Désignation
Arrêté du 19 juillet 2011	Modification de l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
Circulaire du 24 avril 2008	Application de l'arrêté du 19 juillet 2011

❖ Guides

Document	Désignation
UTE C 15-443 (Août 2004)	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions, d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres

5.2.2. Définition de l'Analyse du Risque Foudre

Selon l'article 18 de l'Arrêté du 19 juillet 2011 :

L'analyse du risque foudre identifie les équipements et installations dont une protection doit être assurée.

L'analyse est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle définit les niveaux de protection nécessaires aux installations.

Cette analyse est systématiquement mise à jour à l'occasion de modifications notables des installations nécessitant le dépôt d'une nouvelle autorisation au sens de l'article R. 512-33 du code de l'environnement et à chaque révision de l'étude de dangers ou pour toute modification des installations qui peut avoir des répercussions sur les données d'entrées de l'ARF.

Et selon sa circulaire associée du 24 avril 2008 :

L'ARF identifie :

- Les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé ;
- Les liaisons entrantes ou sortantes des structures (réseaux d'énergie, réseaux de communications, canalisations) qui nécessitent une protection ;
- La liste des équipements ou des fonctions à protéger ;
- Le besoin de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage éventuel.

L'ARF n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

Pour conclure, la méthode UTE C 17-100-2 est modélisée à travers un logiciel spécialisé et officiel : JUPITER ver 1.3.0 de l'UTE, logiciel que nous avons utilisé pour cette étude.

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 10

5.2.3. Définition de l'Etude Technique

L'objet de cette étude, conformément à l'arrêté du 19 juillet 2011, est d'analyser la nécessité et le cas échéant de valider une solution de protection foudre pour chaque bâtiment concerné du site. L'Etude Technique s'effectue comme suit :

❖ Protection des effets directs (Installation Extérieure de Protection contre la Foudre)

Le but de cette étude est d'indiquer les dispositions à prendre pour obtenir, dans l'état actuel des connaissances de la technique et de la réglementation en vigueur, une protection satisfaisante des bâtiments et installations fixes, contre les coups de foudre directs.

Cette étude tient compte des risques inhérents à votre site, vus dans l'étude de risque.

Nous proposons pour chaque bâtiment ou structure la solution de protection la mieux adaptée possible à la situation rencontrée.

❖ Protection des effets indirects (Installation Intérieure de Protection contre la Foudre)

Il y a lieu d'assurer une montée en potentiel uniforme des terres et des masses en cas de choc foudre sur le site.

Cette montée en potentiel uniforme permet de limiter les effets de claquage et les courants vagabonds, pouvant être des facteurs déclenchant dans les zones à risque ou bien destructeurs pour les équipements électroniques. Pour cela, l'examen des réseaux de terre est réalisé.

Les lignes électriques seront aussi examinées afin de limiter les surtensions qu'elles peuvent transmettre et devenir un éventuel facteur déclenchant dans les zones à risques à l'intérieur du site.

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 11

6. PRESENTATION DU SITE

6.1. Caractéristiques du site

- Adresse

STAR ENVIRONNEMENT

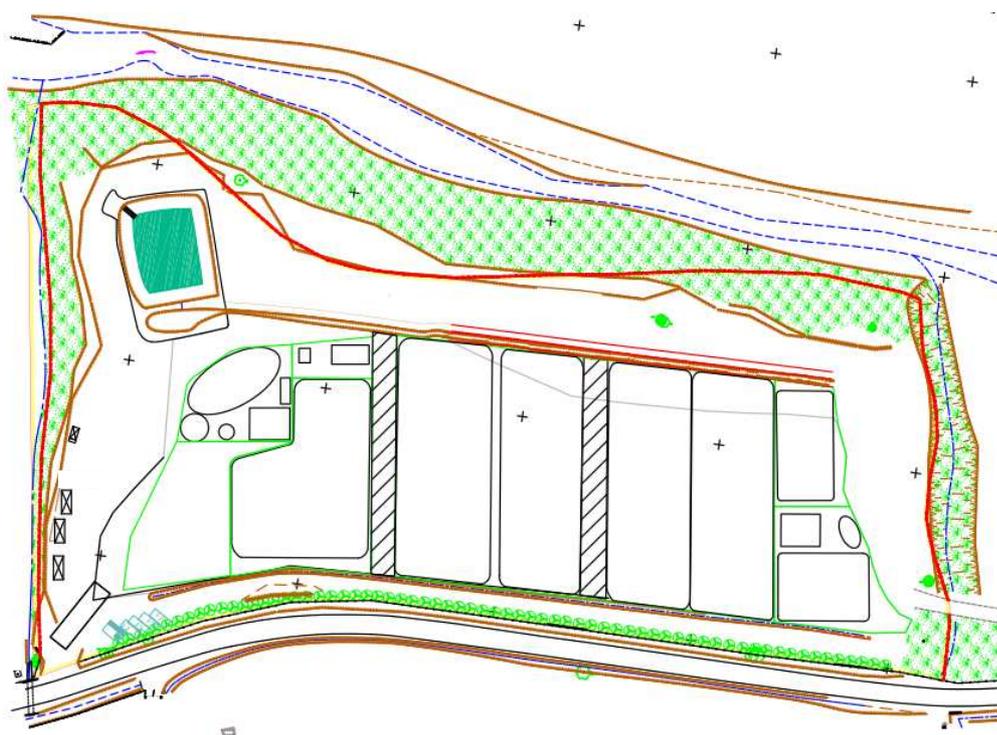
Départementale 37

83600 Fréjus

- Informations sur la société

La société STAR ENVIRONNEMENT est une plate-forme de compostage basée sur la commune de FREJUS.

Plan de masse :



BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 12

6.2. Liste des installations répertoriées dans la nomenclature des installations classées

- **Autorisation au titre des rubriques :**
 - o **2780-1**
 - o **2780-2 : compostage**
 - o **2791 : installation de traitement de déchets non dangereux (broyage des déchets non compostés sur le site),**
- **Déclaration au titre des rubriques :**
 - o 2714 : transit de déchets de bois,
 - o 2780-2 : compostage de déchets non dangereux (fraction fermentescible de déchets triés à la source ou sur site),
 - o 2171 : dépôt d'engrais,
- **Non classé pour les rubriques :**
 - o 1432-2 : stockage de liquides inflammables (cuve aérienne de Gazole non routier pour l'alimentation des engins et du groupe électrogène – V = 6 m³),
 - o 1435 : station service (distribution de carburant)
 - o 2910-A : combustion (groupe électrogène).

7. ANALYSE DE RISQUE Foudre (A.R.F)

7.1. Densité de foudroiemnt

Les données de Météorage estiment que la commune de Frejus compterait, en moyenne, 12 jours d'orage par an.

La densité d'arcs D_a (nombre d'arcs de foudre au sol au km^2 et par an) de la commune serait donc de 2,6 arcs.

La densité de flashes (D_f), généralement retenue en terme normatif, peut être déduite de la densité d'arcs par la formule suivante :

$$D_f = D_a / 2,1$$

Densité de foudroiemnt sur le site $N_g = 1,23$

Document joint => Donnée Météorage (Annexe 2)

7.2. Identification des risques dus à la foudre

Selon les informations fournies, le principal risque rencontré sur le site est le risque d'incendie.

Concernant le risque dû à un impact foudre, nous retiendrons **l'incendie ordinaire**. En effet le stockage et les bâtiments ne représentent pas des facteurs aggravants par rapport à un impact foudre.

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 14

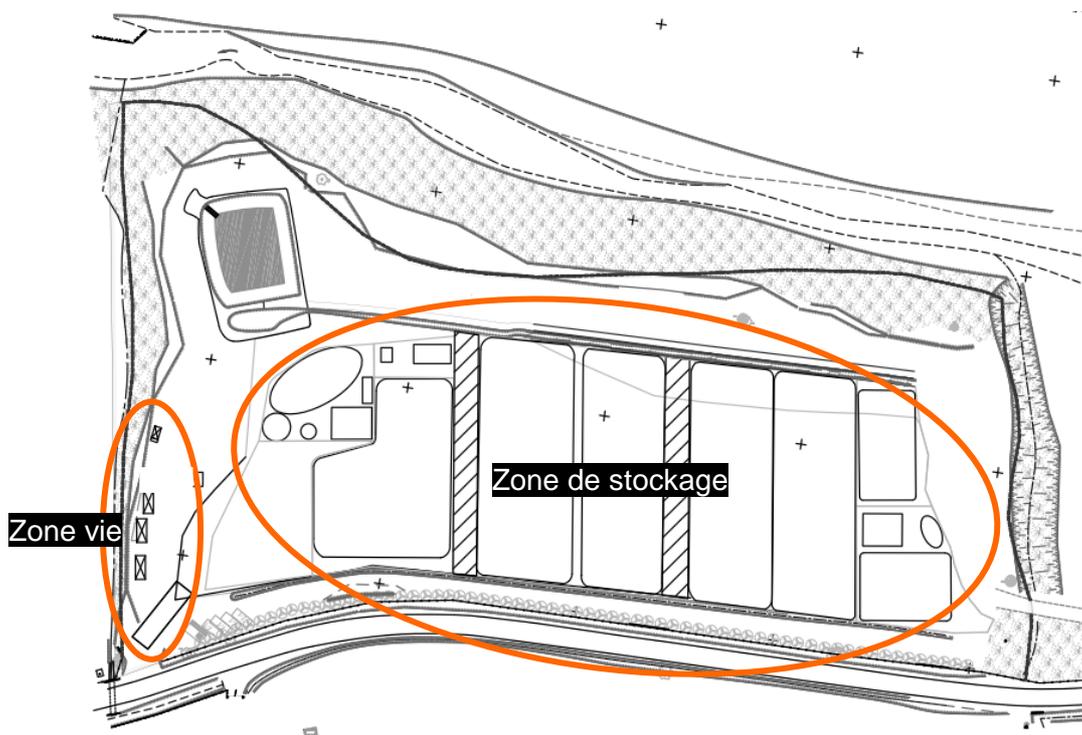
8. ANALYSE DE RISQUE Foudre (A.R.F)

8.1. Détermination des niveaux de protection

8.1.1. Identification des structures à protéger

Suite aux informations fournies, le site sera étudié en 2 blocs :

- ✦ Zone vie,
- ✦ Zone de stockage.



8.1.2. Caractérisation de la zone vie

Description des équipements

Activité Industriel Bureau Autres :

Dimensions Longueur : 60 m Largeur : 20 m Hauteur : 4 m

Descriptif : Algeco

Description de l'alimentation électrique

Lignes	1		
Nom de l'équipement	Alimentation BT du site		
HT/BT	BT		
Nom et dimensions du bâtiment connecté à cette ligne	Arrivée EDF		
Longueur de la connexion	1000 m (valeur par défaut)		
Aérien/Souterrain	Souterrain		

Description des lignes de communication

Lignes	1		
Nom de l'équipement	Téléphonie		
Type de ligne (tel, réseau...)	Communication		
Caractéristique (Fibre, Cuivre)	Cuivre		
Nom et dimensions du bâtiment connecté à cette ligne	Arrivée de France Télécom		
Longueur de la Connexion	1000 m (Valeur par défaut)		
Aérien/Souterrain	Souterrain		

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 16

Risques

Nombre total de personnes dans la structure : Moins de 100 personnes en permanence

Système d'extinction : Manuel
 Automatique

Risque d'incendie : Faible Ordinaire Élevé

Risque environnemental : Danger Contamination Non

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 17

8.1.3. Caractérisation de la zone de stockage

Description de la zone

Activité Industriel Bureau Autres :

Dimensions Longueur : 190 m Largeur : 65 m Hauteur : 3,5 m

Descriptif : Zone ouverte

Risques

Nombre total de personnes dans la structure : Moins de 100 personnes en permanence

Système d'extinction : Manuel
 Automatique

Risque d'incendie : Faible Ordinaire Élevé

Risque environnemental : Danger Contamination Non

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 18

8.1.4. Equipements ou fonctions à protéger

Selon les informations fournies, aucune liste d'EIPS n'est présente sur site.

Cette liste pourra être complétée ou modifiée par l'exploitant.

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 19

9. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

STRUCTURES ETUDIEES SELON LA METHODE PROBABILISTE

Structures	Niveau de Protection Analyse du Risque Foudre EFFETS DIRECTS	Niveau de Protection Analyse du Risque Foudre EFFETS INDIRECTS
Zone vie	Zone ne nécessitant pas de protection foudre	Protection optionnelle par parafoudres de Type II
Zone de stockage	Zone ne nécessitant pas de protection foudre	Protection optionnelle par parafoudres de Type II

Document joint => Visualisation des risques R1 avec et sans protection (Annexe 3)

Document joint => Compte rendu Analyse de Risque (JUPITER) (Annexe 4)

BCM

Bureau d'études
Contrôle & Maintenance

Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

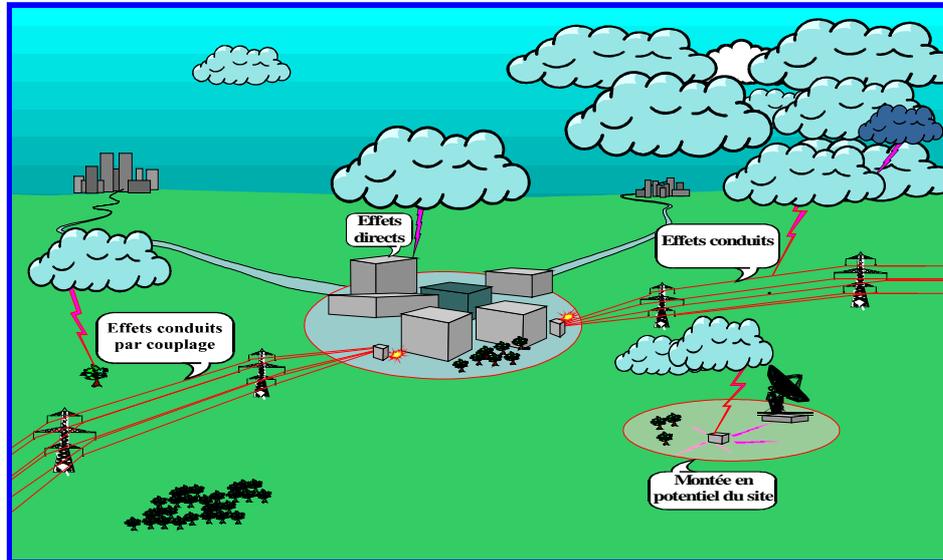
16/03/2012

Révision 1

Page 20

10. ETUDE TECHNIQUE DU SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

10.1. Principes de protection : IEPF et IIPF



10.1.1. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (I.E.P.F)

Il y a lieu de maîtriser le cheminement d'un éventuel courant de foudre et d'empêcher le foudroiement direct des bâtiments ou structures concernées. Pour le cas où le bâtiment ne bénéficierait pas d'une auto-protection satisfaisante (sur le plan technique et réglementaire), la solution consiste en la mise en place judicieuse d'un système de paratonnerre permettant de capter un éventuel coup de foudre se dirigeant sur les installations.

L'écoulement du courant de foudre doit être alors réalisé par des conducteurs reliant le plus directement possible ce captage à des prises de terre spécifiques. Les prises de terre paratonnerre doivent être reliées de façon équipotentielle au réseau de terre générale du site. Les masses métalliques situées à proximité des conducteurs de descente leur sont reliées en respectant les distances de sécurité indiquées dans les normes françaises NF EN 62305-3 et NF C 17 102, afin de ne générer aucun arc d'amorçage.

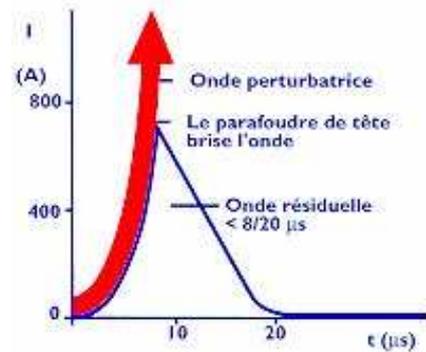
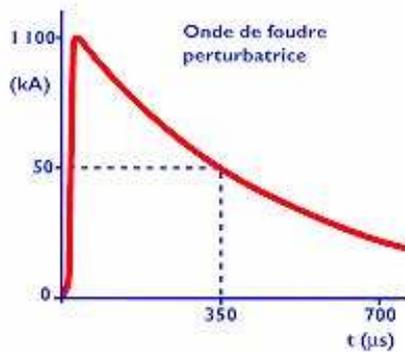
Toutes les parties métalliques doivent être raccordées à une liaison équipotentielle les reliant à la terre pour éviter les décharges électrostatiques et les risques d'amorçage.

10.1.2. Les Installations Intérieures de Protection Foudre (I.I.P.F)

a) Réseau basse tension

Les points de livraison EDF se trouvent au niveau des postes de transformation.

Une protection de tête d'installation, disposée dans les TGBT, permet de briser l'onde de foudre venant du réseau EDF, et de supprimer une grande partie de son énergie.



Cette protection en tête d'installation est obligatoire suivant le texte de la norme NFC 15-100. Ci dessous la synthèse.

5 RAPPEL DES REGLES DE LA NF C 15-100

Le tableau 1 ci-après reprend les règles de l'article 443 de la norme NF C 15-100 en prenant compte en complément l'indisponibilité de l'installation.

Tableau 1 – Règles de protection

Caractéristiques et alimentation du bâtiment	Densité de foudroiement (N_g) Niveau kéraunique (N_k)	
	$N_g \leq 2,5$ $N_k \leq 25$ (AQ1)	$N_g > 2,5$ $N_k > 25$ (AQ2)
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire ⁽²⁾	Obligatoire ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne ⁽³⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Obligatoire ⁽⁵⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes ⁽¹⁾	Selon analyse du risque	Obligatoire

⁽¹⁾ c'est le cas par exemple :

- de certaines installations où une médicalisation à domicile est présente ;
- d'installations comportant des Systèmes de Sécurité Incendie, d'alarmes techniques, d'alarmes sociales, etc.

⁽²⁾ Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre (voir annexe G), la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire. Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 ($I_n \geq 5$ kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives (voir annexe G).

⁽³⁾ Les lignes aériennes constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre sont à considérer comme équivalentes à des câbles souterrains.

⁽⁴⁾ L'utilisation de parafoudre peut également être nécessaire pour la protection de matériels électriques ou électroniques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critique dans l'installation comme indiqué par l'analyse du risque.

⁽⁵⁾ Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie en 6.2.2.

Lorsque le parafoudre n'est pas obligatoire, une analyse du risque peut être effectuée qui, si le coût des matériels mis en œuvre et leur indisponibilité sont vitaux dans l'installation, pourra le justifier.

Lorsqu'un parafoudre est mis en œuvre sur le circuit de puissance, il est recommandé d'en installer aussi sur le circuit de communication (voir analyse du risque dans le guide UTE C 15-443).

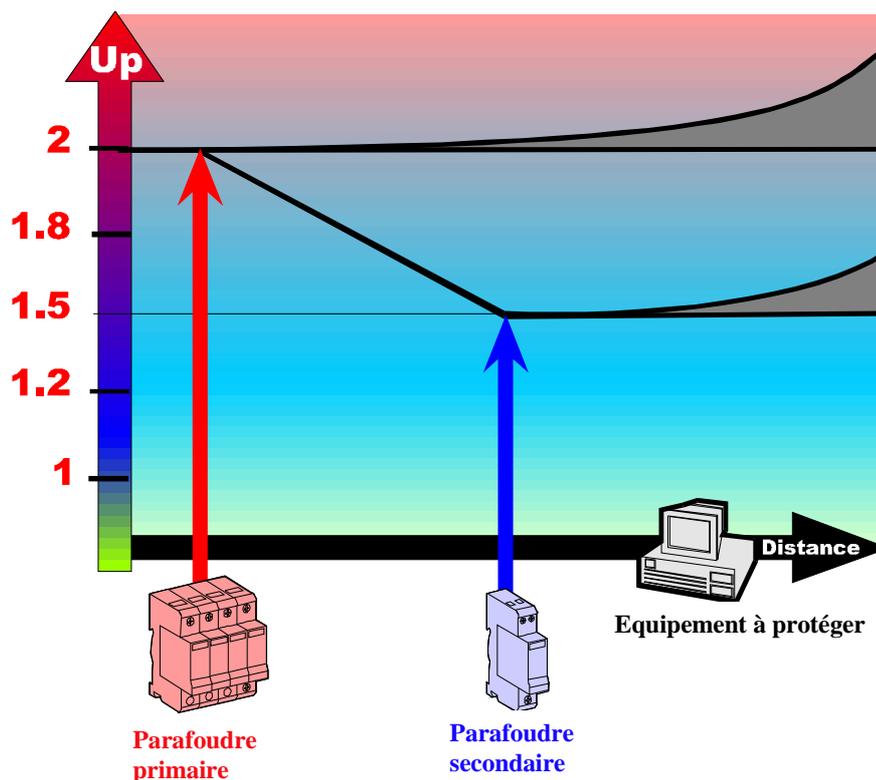
Lorsque des parafoudres sont mis en œuvre dans des réseaux de communication, ils doivent être reliés à la prise de terre des masses de l'installation.

D'autres équipements, jugés particulièrement sensibles ou pour lesquels la perte de continuité de service serait critique (exemple : Ascenseurs, systèmes informatiques et téléphoniques...) peuvent également être protégés par l'intermédiaire d'un second niveau de protection.

Ce second niveau est réalisé par des parafoudres dont la tension résiduelle, très basse, est adaptée à la sensibilité du matériel à protéger.

Ce concept s'appelle la « cascade » de parafoudres.

La « cascade » dans la pratique :



Le choix des parafoudres doit être fait en fonction de leur pouvoir d'écoulement en courant de décharge (facteur retenu pour les parafoudres primaires), de leur tension résiduelle (facteur important pour les parafoudres secondaires), de la tension nominale du réseau (généralement 400V triphasé), et du schéma de distribution du neutre (TN, TT, IT).

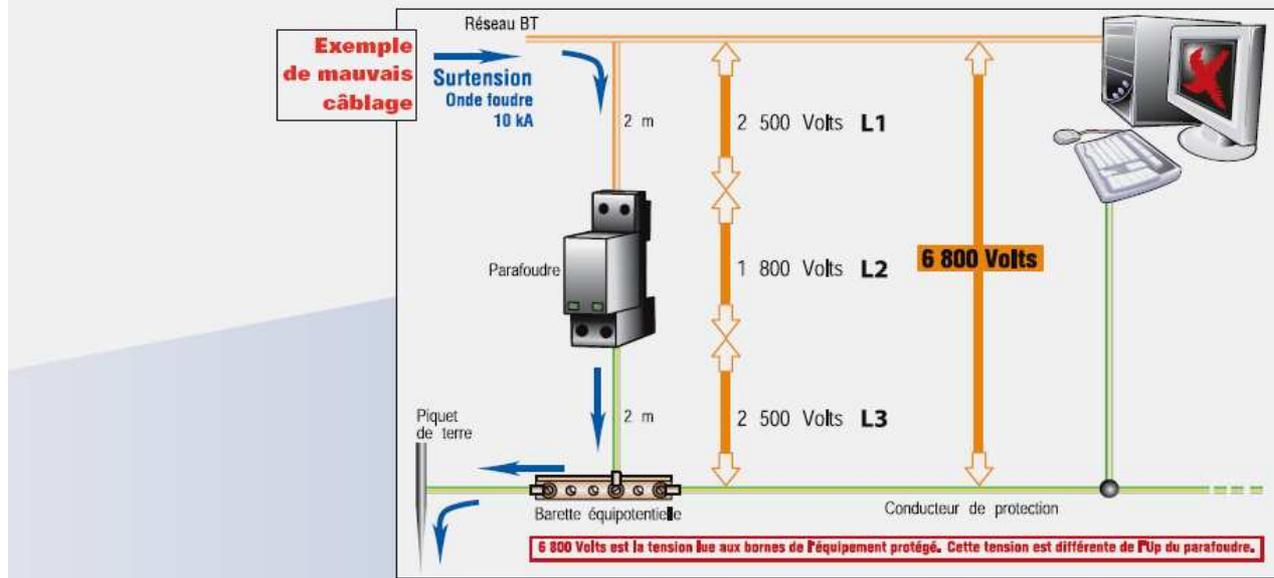
Le choix des sectionneurs fusibles ou disjoncteurs, doit être fait en fonction du type des parafoudres et de leur positionnement dans l'installation, de manière à assurer le pouvoir de coupure en courant de court circuit (Icc).

La Règle des 50 cm

La longueur cumulée L1 + L2 + L3 doit être inférieure à 50 cm, pour limiter la dégradation du niveau Up du parafoudre.

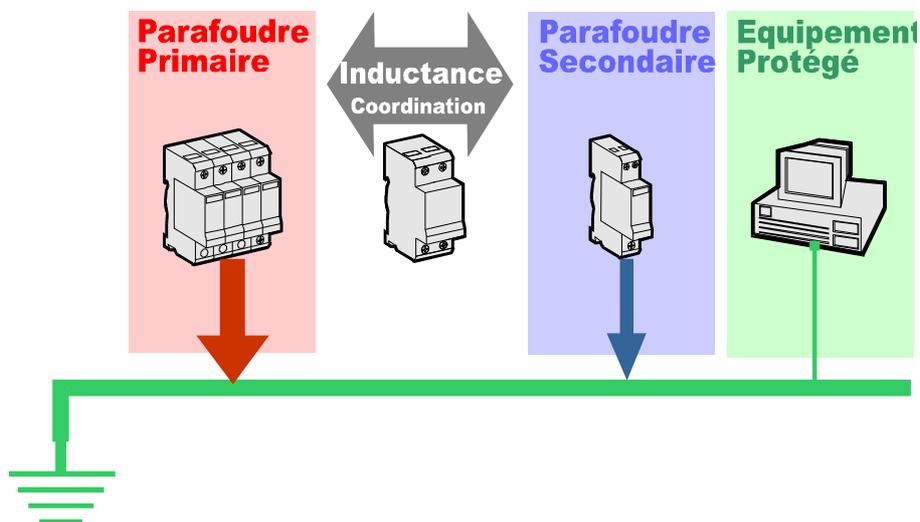
En cas d'impossibilité :

- Réduire cette longueur en déportant les bornes de raccordement.
- Sélectionner un parafoudre avec un Up inférieur (à In égal...).
- Utiliser un montage en coordination.



Une longueur de câble minimum entre les deux étages de protection doit être respectée de manière à assurer le découplage nécessaire au bon fonctionnement de la protection cascade.

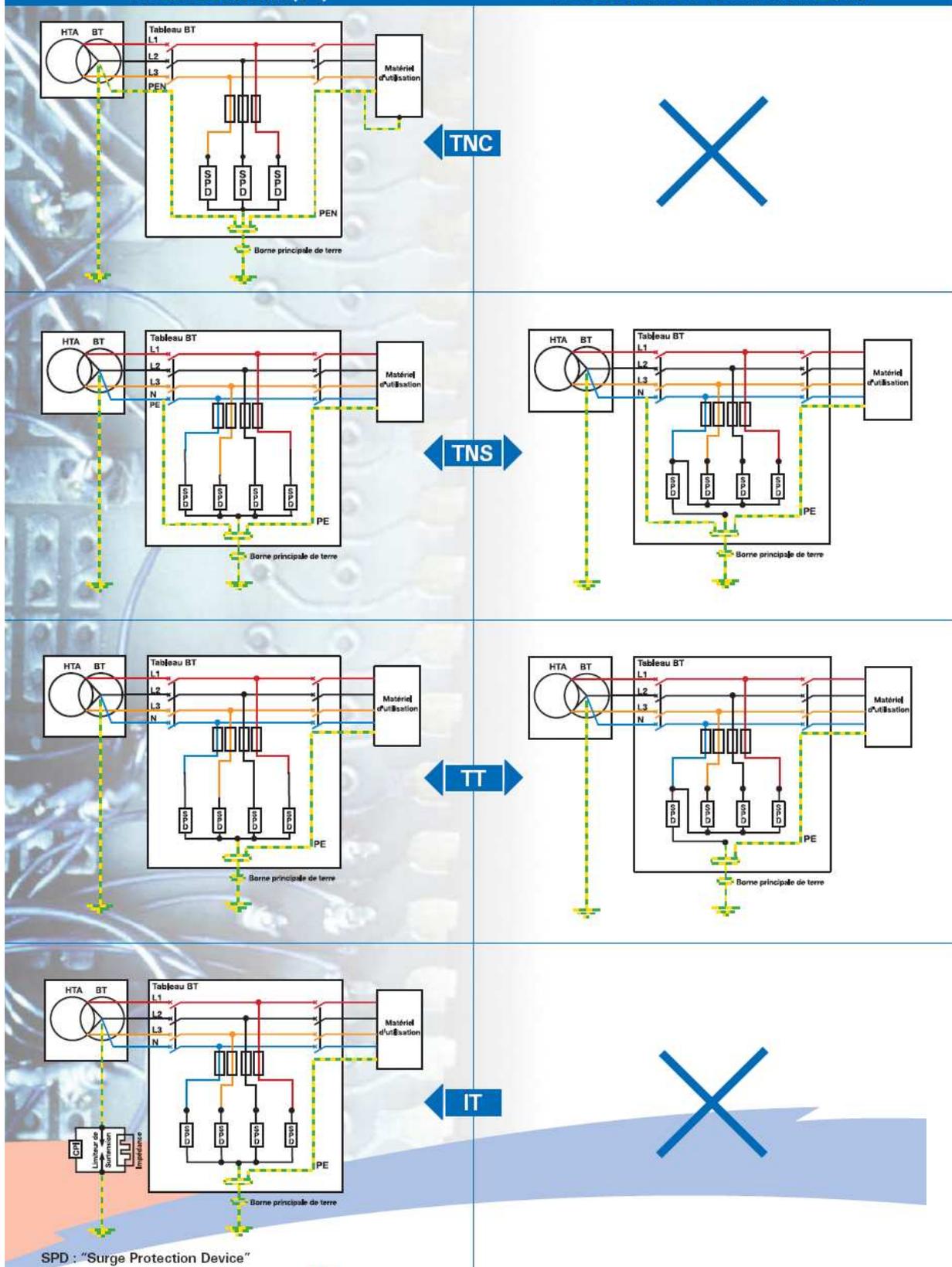
Dans le cas contraire, une inductance de découplage doit être adaptée au courant nominal au point considéré, pour assurer une bonne coordination de l'ensemble.



Configurations possibles suivant le régime de neutre

MODE COMMUN (C1)

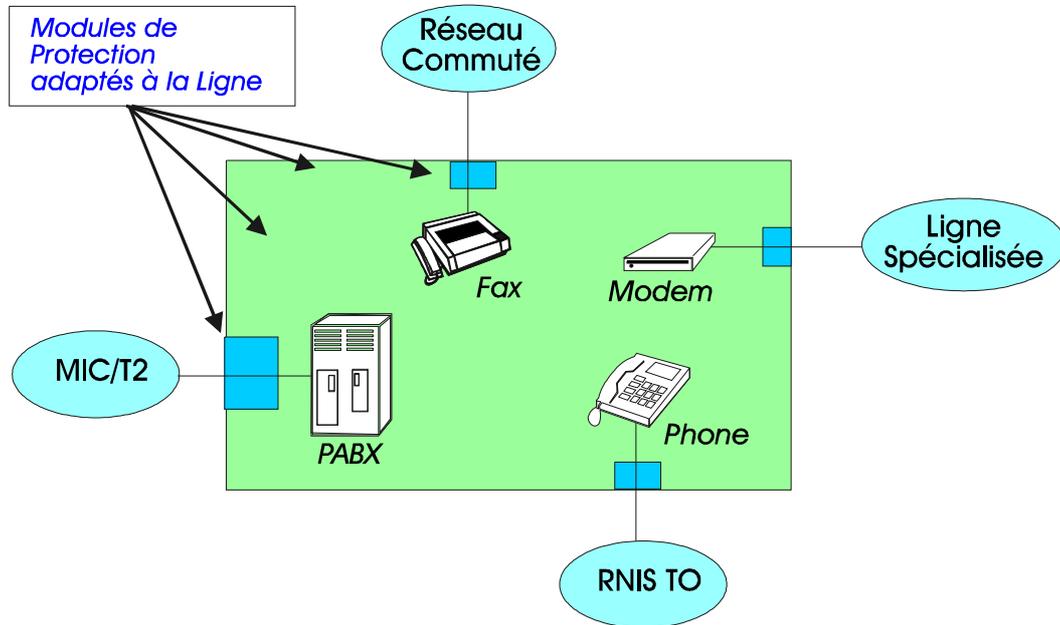
MODE COMMUN + DIFFERENTIEL (C2)



b) Réseau téléphonique

L'interface FRANCE TELECOM/privé doit être équipée de parafoudres adaptés au type de ligne téléphonique (RTC, Numéris, MIC, LS...).

Ces parafoudres sont câblés « côté privé » et sont de technologie éclateur/diode pour offrir des performances satisfaisantes.



Les renseignements nécessaires à la bonne définition du matériel sont disponibles sur le « listing des têtes d'amorces » tenu à jour par France Télécom.

10.2. PRECONISATIONS

Les installations de protection foudre existantes sont décrites ci-dessous. Elles ont fait l'objet d'une vérification visuelle. Il sera nécessaire de réaliser une vérification complète par un organisme compétent (cf chapitre 11.5 CONTROLE PERIODIQUE).

10.2.1. Synthèse de l'Etude Technique

Zone ou Bâtiment	Conclusion ARF	Structure	Lignes électriques	Lignes courant faible
Zone vie	Zone ne nécessitant pas de protection contre la foudre	/	/	/
Zone de stockage	Zone ne nécessitant pas de protection contre la foudre	/	/	/

10.2.2. Protections : Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF)

La probabilité de pénétration d'un coup de foudre dans la structure à protéger est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu.

Les dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison quelconque des composants suivants :

- a) tiges simples (compris les mâts séparés),
- b) fils tendus,
- c) conducteurs maillés,
- d) paratonnerre à dispositif d'amorçage.

Pour les cas a, b et c, les principaux inconvénients sont soit le coût de l'installation ou le rayon de protection trop faible par rapport au paratonnerre à dispositif d'amorçage (en moyenne trois à dix fois plus élevé pour la cage maillée).

Le site n'est pas équipé de protection contre la foudre. Cependant selon l'Analyse de Risque Foudre, aucune protection n'est nécessaire sur le site. Nous ne préconisons donc pas de protection contre la foudre.

10.2.3. Protections : Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF)

10.2.3.1. Rappel Général

DIMENSIONNEMENT DES PARAFOUDRES DE TYPE 1

Selon la NF EN 62305-1 de juin 2006, les caractéristiques des parafoudres sont issues du niveau de protection préalablement calculé selon le guide UTE C 17-108 d'avril 2006 ou NF EN 62305-2 de novembre 2006.

1. ECOULEMENT DU COURANT DE Foudre

L'annexe E de la NF EN 62305-1 précise que lorsque le courant de foudre I s'écoule à la terre, il se divise entre :

- ❖ les différentes prises de terre (50% de I),
- ❖ et les éléments conducteurs et les lignes extérieures à hauteur d'une valeur I_f (50% de I)

Référence page 62 et 63 de la NF EN 62305-1, annexe E :

E.1 Chocs dus à des impacts sur la structure (source de dommage S1)

E.1.1 Ecoulement dans les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure

Lorsque le courant de foudre s'écoule à la terre, il se divise entre les diverses prises de terre, les éléments conducteurs et les réseaux pénétrant dans la structure directement ou par des parafoudres.

$$\text{Si} \quad I_f = k_e I \quad (\text{E.1})$$

En supposant en première approximation que la moitié du courant de foudre s'écoule à la terre et que $Z_2 = Z_1$, la valeur de k_e peut être évaluée pour un élément conducteur extérieur par :

$$k_e = 0,5 / (n_1 + n_2) \quad (\text{E.4})$$

2. DIMENSIONNEMENT DES PARAFOUDRES

Les parafoudres protégeant les lignes extérieures doivent avoir une tenue en courant compatible avec les valeurs maximales de la partie du courant de foudre qui va s'écouler à travers ces lignes.

Ce courant ne dépassera pas la moitié du courant crête du coup de foudre, défini selon les niveaux de protection dans le tableau 5 page 23 de la NF EN 62-305-1

Tableau 5 – Valeurs maximales des paramètres de foudre correspondant aux niveaux de protection contre la foudre

Premier choc court			Niveau de protection			
Paramètres du courant	Symbole	Unité	I	II	III	IV
Courant crête	I	kA	200	150	100	

Soit 50% de I

100

75

50

3. GUIDE DE CHOIX

Le courant impulsionnel I_{imp} des modules parafoudres doit être supérieur ou égal à la valeur donnée par les formules ci-dessous en fonction du niveau de protection défini pour le bâtiment:

$$Np=I : I_{imp} \geq 100/(n1+n2)$$

$$Np=II : I_{imp} \geq 75/(n1+n2)$$

$$Np=III et IV : I_{imp} \geq 50/(n1+n2)$$

$n1$ = nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures enterrées

$n2$ = nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures aériennes

Rappel 1 :

$n1$ et $n2$ doivent tenir compte :

- du nombre de lignes de l'alimentation électrique extérieure du bâtiment (donc selon régime du neutre, de leur nombre de fils respectifs)
- des éventuelles autres lignes extérieures (telles que les alimentations d'éclairages extérieurs)
- des éventuels autres éléments extérieurs conducteurs (tels que canalisations métalliques, eau, gaz...)

Concernant le a), les valeurs de $n1$ et $n2$, en fonction du régime de neutre de la ligne d'alimentation électrique, sont les suivantes :

	Nombre de fils par ligne	Niveau de Protection			
		I	II	III	IV
		I_{imp} mini du parafoudre (en kA), sans prise en compte d'autres lignes ou éléments conducteurs			
IT avec neutre (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
IT sans neutre (Tri)	3	33.3	25	16.7	
TNC	3	33.3	25	16.7	
TNS (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
TNS (Mono)	2	50	37.5	25	
TT (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
TT (Mono)	2	50	37.5	25	

ATTENTION :

Une longueur de câble minimum entre les deux étages de protection (parafoudres de type I et de type II) doit être respectée de manière à assurer le découplage nécessaire au bon fonctionnement de la protection cascade.

Dans le cas contraire, une inductance de découplage doit être adaptée au courant nominal au point considéré, pour assurer une bonne coordination de l'ensemble.

Rappel 2 : Ces parafoudres sont installés selon les recommandations du guide UTE 15-443.

A noter :

Selon le guide UTE C 15-443 page 30 § 8.2 les règles à respecter sont les suivantes :

Règle 1 : Respecter la longueur L ($L_1+L_2+L_3$) < 0,50 m (7.4.2 et annexe H) en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : Réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

Règle 3 : Séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers l'installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non-plus traverser la boucle (règle 2).

Règle 4 : Plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.

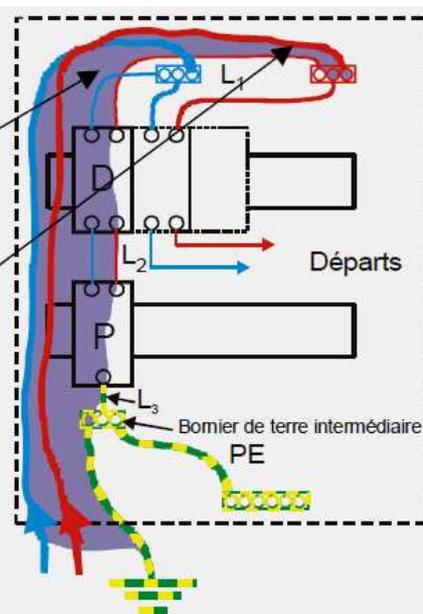


Figure 10 – Exemple de câblage dans un tableau électrique

Rappel 3 : Les parafoudres sont équipés d'un contact. Cette fonction pourra autoriser le contrôle à distance de l'état du parafoudre via différents moyens tels que :

- Voyant,
- Buzzer,
- Reliés à une carte entrée sortie d'un automate (GTC...),
- Télésurveillance...

10.2.3.2. Liste des Parafoudres de Type I à installer

Le site n'est pas équipé de protection contre la foudre. Cependant selon l'Analyse de Risque Foudre, aucune protection n'est nécessaire sur le site. Nous ne préconisons donc pas de protection contre la foudre.

10.2.3.3. Liste des parafoudres de type II à installer

Selon les informations fournies par le client, aucun EIPS n'a été identifié.

Rappel : Ces équipements sont essentiels et permettent de limiter de façon importante soit la fréquence, soit la gravité d'un événement pouvant être majeur sans ses barrières.

Cette liste pourra être modifiée à tout moment par le service sécurité ou tout service équivalent.

Afin de protéger les EIPS contre les effets indirects de la foudre, dans le cas où cette liste venait à être modifiée, il sera nécessaire d'installer un dispositif de protection de type II contre les surtensions.

Ces parafoudres de type II auront les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 400 \text{ V}$
- Un courant nominal de décharge (en onde 8/20) $I_n \geq 5 \text{ kA}$,
- Un niveau de protection (tension résiduelle sous I_n) $U_p \leq 1,8 \text{ kV}$.
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur).

(*) Caractéristiques issues de la norme NF EN 61 643-11

10.3. Les Equipements à sécuriser hors cadre de la réglementation

Il est souhaitable de protéger les équipements industriels stratégiques (continuité de service) et possédant une électronique « sensible » (exemple : Automates, serveurs informatiques...) aux effets de courant impulsionnels avec des dispositifs de protection de niveau II.

10.4. Equipotentialité

Afin de maîtriser les différences de potentiel, il faut optimiser l'équipotentialité et le maillage des masses.

Différents moyens peuvent réduire l'amplitude des effets des champs magnétiques rayonnés (surtensions induites) :

- l'écran spatial : cage de Faraday, tôles métalliques(bardages)
- l'écran métallique en grille ou continu : blindage et écrans de câbles, chemins de câbles métallique.
- l'utilisation de « composants naturels » de la structure elle-même (cf. NF EN 62305-3) voir paragraphe 2.

Un cheminement des lignes internes conforme aux normes CEM quant à lui minimise les boucles d'induction et réduit les surtensions internes. (règles de séparations des circuits HT, BT, TBT)

Afin de se prémunir contre l'apparition d'étincelles dangereuses qui pourrait être à l'origine d'un départ de feu, suite à un impact de foudre. L'Exploitant devra s'assurer que l'ensemble des canalisations métalliques entrantes dans le bâtiment sont au même potentiel que le réseau de terre électrique.

Remarque : En ce qui concerne les canalisations acheminement des produits inflammables (tuyauterie gaz) l'exploitant devra également insérer en série lors de la mise en équipotentialité un éclateur de type EX.

Document joint => Equipotentialité (Annexe 5)

10.5. Observations

Nous nous sommes attachés dans ce rapport à mettre en évidence les meilleurs critères de protection.

Nous avons appliqué les méthodes de protection telles que le prévoit l'arrêté du 19.07.11 qui a été élaboré à partir des recherches les plus récentes en matière de foudre.

Toutefois, il ne faut pas oublier que la foudre est un phénomène naturel non totalement maîtrisé par l'homme et qu'aucun dispositif ne saurait garantir une protection sans faille.

Les solutions telles que nous vous les avons proposées ci-dessus ont pour vocation d'augmenter l'immunité du site face aux problèmes de foudre, sans toutefois pouvoir se prévaloir d'une efficacité à 100 %.

Néanmoins, outre le besoin de mise en conformité avec les normes et les décrets actuels, on peut attendre des performances très satisfaisantes d'une installation réalisée selon les indications de ce rapport.

11. LA PROTECTION DES PERSONNES

11.1. Textes et normes réglementaires

- Arrêté du 19 juillet 2011,

« Les agressions de la foudre sur le site sont enregistrées. En cas de coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection concernés est réalisée, dans un délai maximum d'un mois, par un organisme compétent.

- Circulaire du 24 avril 2008 (partie 2c),

c) Prévention

En complément des systèmes de protection, des moyens de prévention tels que des matériels de détection d'orage ou un service d'alerte d'activité orageuse peuvent être définis.

Les moyens de prévention sont intégrés dans les procédures d'exploitation de l'installation.

– 33 –

EN 62305-3:2006

8 Mesures de protection contre les lésions d'êtres humains en raison des tensions de contact et de pas

8.1 Mesures de protection contre les tensions de contact

A l'extérieur de la structure, à proximité des conducteurs de descente, dans des conditions particulières, la tension de contact peut être dangereuse même si l'installation extérieure de protection contre la foudre a été conçue et mise en œuvre conformément aux exigences citées ci-dessus.

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite:

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible;
- b) les conducteurs naturels de descente sont constitués de plusieurs colonnes de la structure métallique de la structure ou de plusieurs poteaux en acier interconnectés, assurant leur continuité électrique;
- c) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 k Ω m.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) réduit les risques à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de contact telles que:

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 μ s, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

Extrait de Norme NF EN 62305-3 (Page 33 § 8.1)

8.2 Mesures de protection contre les tensions de pas

A l'extérieur de la structure, à proximité des conducteurs de descente, dans des conditions particulières, la tension de pas peut être dangereuse même si le SPF a été conçu et mis en œuvre conformément aux règles de la présente norme.

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible;
- b) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) satisfait généralement cette exigence.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de pas telles que:

- équipotentialité au moyen d'un réseau de terre maillé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

Extrait de Norme NF EN 62305-3 (Page 33 § 8.2)

11.2. Prévention et enregistrement des impacts

- La détection d'orage et l'enregistrement

- Le détecteur d'orage donne aux exploitants des informations d'alertes de détection justifiées d'orages matures.

Il permet de :

- déclencher les alertes utiles d'orages proches et en approche des sites à protéger et constituant directement et indirectement un risque sérieux pour les personnes, les biens et l'environnement.
- éviter les alertes intempestives qui pourraient se déclencher sur des orages se déplaçant trop loin des sites à protéger pour constituer un risque.
- comptabiliser les alertes d'orages.

En moyenne, ces alertes permettent aux exploitants de disposer d'un temps de préavis sur les risques de foudroiements de l'ordre de 15 à 30 minutes.

- Un abonnement à Météorage utilise un système mesurant les variations du champ électrique terrestre. Cet abonnement permet d'être alerté en cas de risque orageux et de déclencher les consignes internes de prévention. Il peut permettre de suivre l'évolution des orages et prendre des dispositions visant à garantir la sécurité des personnes sur le site. Celui-ci va également permettre d'enregistrer les agressions de la foudre sur le site.

- Le moulin à champ est un instrument de mesure d'un champ électrique statique. En météorologie, cet instrument permet, grâce à l'analyse du champ électrostatique au-dessus de lui, de signaler la présence d'un nuage électriquement chargé traduisant l'imminence de la foudre.

- Le compteur de coups de foudre horodaté permet de :

- comptabiliser le nombre d'impact sur une IEPF,
- pour chaque coup enregistré, d'en indiquer la date, l'heure et le courant de crête.

➤ Les mesures de sécurité

Le danger est effectif lorsque l'orage est proche et, par conséquent, la sécurité des personnes en période d'orage doit être garantie.

Les personnels doivent être informés du risque consécutif soit à un foudroiement direct, soit à un foudroiement rapproché. Par exemple :

- un homme sur une toiture représente un pôle d'attraction,
- lorsque le terrain est dégagé à environ 15 mètres du bâtiment ou d'un pylône d'éclairage par exemple, il y a risque de foudroiement direct ou risque de choc électrique par tension de pas.
- toute intervention sur un réseau électrique (même un réseau de capteurs) présente des risques importants de choc électrique par surtensions induites.
- Toutes activités dangereuses (dépotage, remplissage, travaux extérieurs ...) doivent être interrompues.

Les formations, les procédures, les instructions lors des permis de feu ou de travail doivent par conséquent informer ou rappeler ce risque.

11.3. Tension de pas et de contact

➤ Tension de contact :

Il s'agit du contact direct d'une personne avec un conducteur actif.

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite:

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible;
- b) les conducteurs naturels de descente sont constitués de plusieurs colonnes de la structure métallique de la structure ou de plusieurs poteaux en acier interconnectés, assurant leur continuité électrique;
- c) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) réduit les risques à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de contact telles que:

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 μs, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

➤ Tension de pas :

La foudre est dangereuse non seulement parce qu'elle risque de tomber directement sur un individu ou une installation, mais aussi parce que, lorsqu'elle tombe au voisinage d'une personne celle-ci peut être électrisée par la tension de pas que la foudre engendre. La tension de pas existe aussi lorsqu'un conducteur sous tension est tombé à terre. Elle est liée au fait qu'une source de courant crée en un point d'impact est responsable d'un champ électrique au sol, donc d'une tension, qui varie en fonction de la distance à la source : entre deux points différents en contact avec le sol, séparés d'une distance appelée pas, existe donc une différence de potentiel, ou tension de pas, d'autant plus élevée que le pas est important. Lors d'un foudroiement la tension de pas peut atteindre plusieurs milliers de volts et donc être dangereuse pour le corps humain par suite du courant électrique dont il devient le siège.

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible;
- b) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) satisfait généralement cette exigence.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de pas telles que:

- équipotentialité au moyen d'un réseau de terre maillé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

Un panneau « Danger ! Ne pas toucher la descente lors d'orages » et/ou un panneau « homme foudroyé par un arc » (cf. modèle ci-dessous) peuvent être utilisés comme moyens d'avertissement.



12. ANNEXES

Annexe 1 => Plan topographique

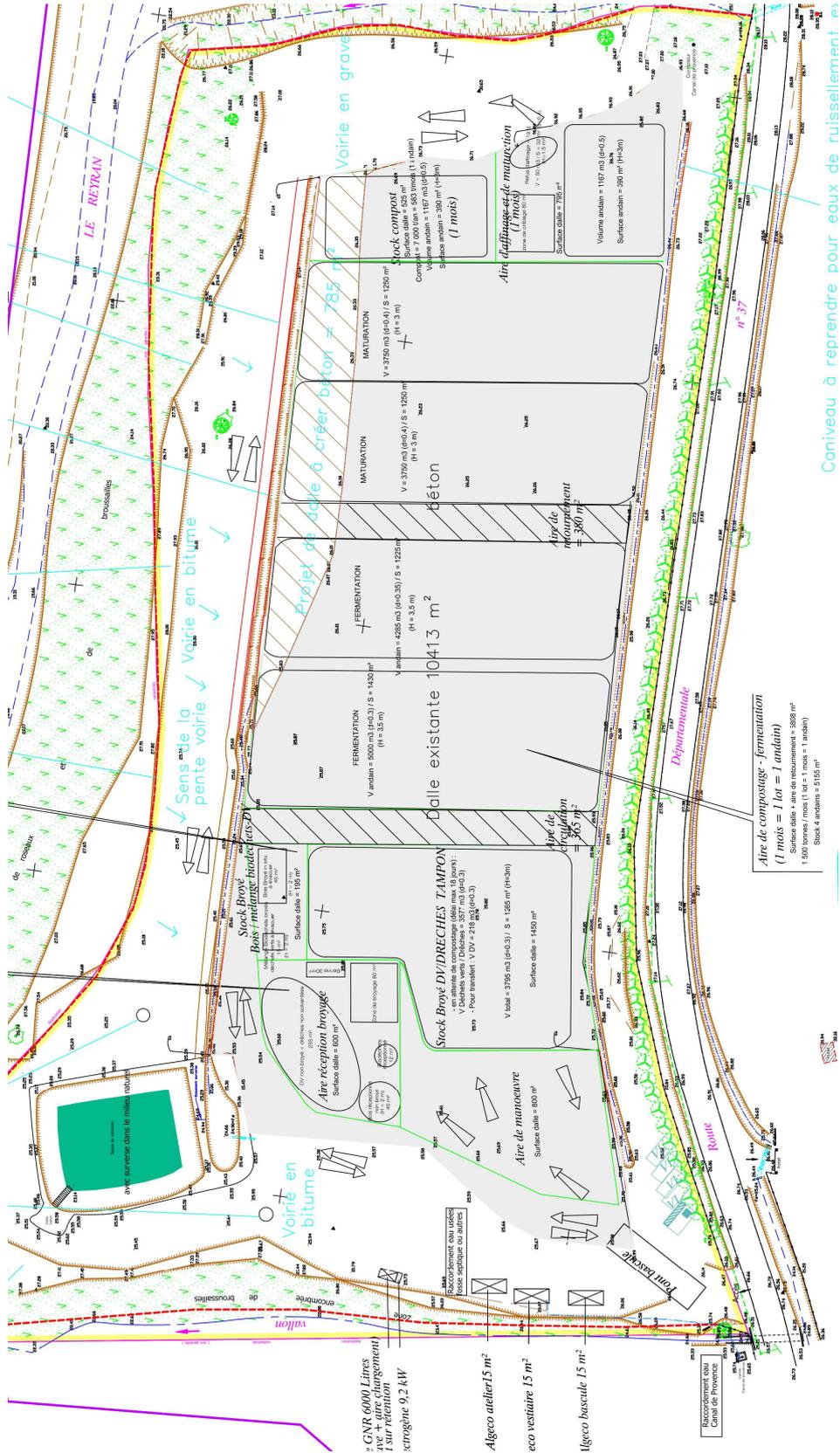
Annexe 2 => Données Météorage

Annexe 3 => Visualisation des risques R1 avec et sans protection

Annexe 4 => Compte rendu Analyse de Risque (JUPITER)

Annexe 5 => Equipotentialité
NF EN 62305-3 Article 6 page 28
Extrait de la NF EN 62305-3 pages 31 et 32
Extrait Rapport GESIP N°200/01 page 37
NF EN 62 305-3 page 63

Plan topographique



Caniveau à reprendre pour eaux de ruissellement

Statistiques du foudroiement

Densité de foudroiement et nombre de jours d'orage pour une commune Les résultats ci-dessous sont fournis par Météorage à partir des données du réseau de détection des impacts de foudre pour la période 2002-2011

Commune :FREJUS

Département : VAR

Nombre de jours d'orage : 12 jours d'orage par an.

Classement du nombre de jours d'orage : 15392 ième sur la France.

Densité d'arcs : 2.6 arcs par an et par Km² Classement de la commune en termes de densité d'arcs : 3221 ième sur la France.

Copyright Météorage

L'activité orageuse a longtemps été définie par le niveau kéraunique (Nk) c'est-à-dire "le nombre de jours par an où l'on a entendu gronder le tonnerre".

Météorage calcule une valeur équivalente au niveau kéraunique, le Nombre de jours d'orage, issu des mesures du réseau de détection foudre.

Pour chaque commune, ce nombre est calculé à partir de la Base de Données Foudre et représente une moyenne sur les 10 dernières années.

La valeur moyenne du nombre de jours d'orage, en France, est de 11,30.

Le critère du Nombre de jours d'orage ne caractérise pas l'importance des orages. En effet un impact de foudre isolé ou un orage violent seront comptabilisés de la même façon

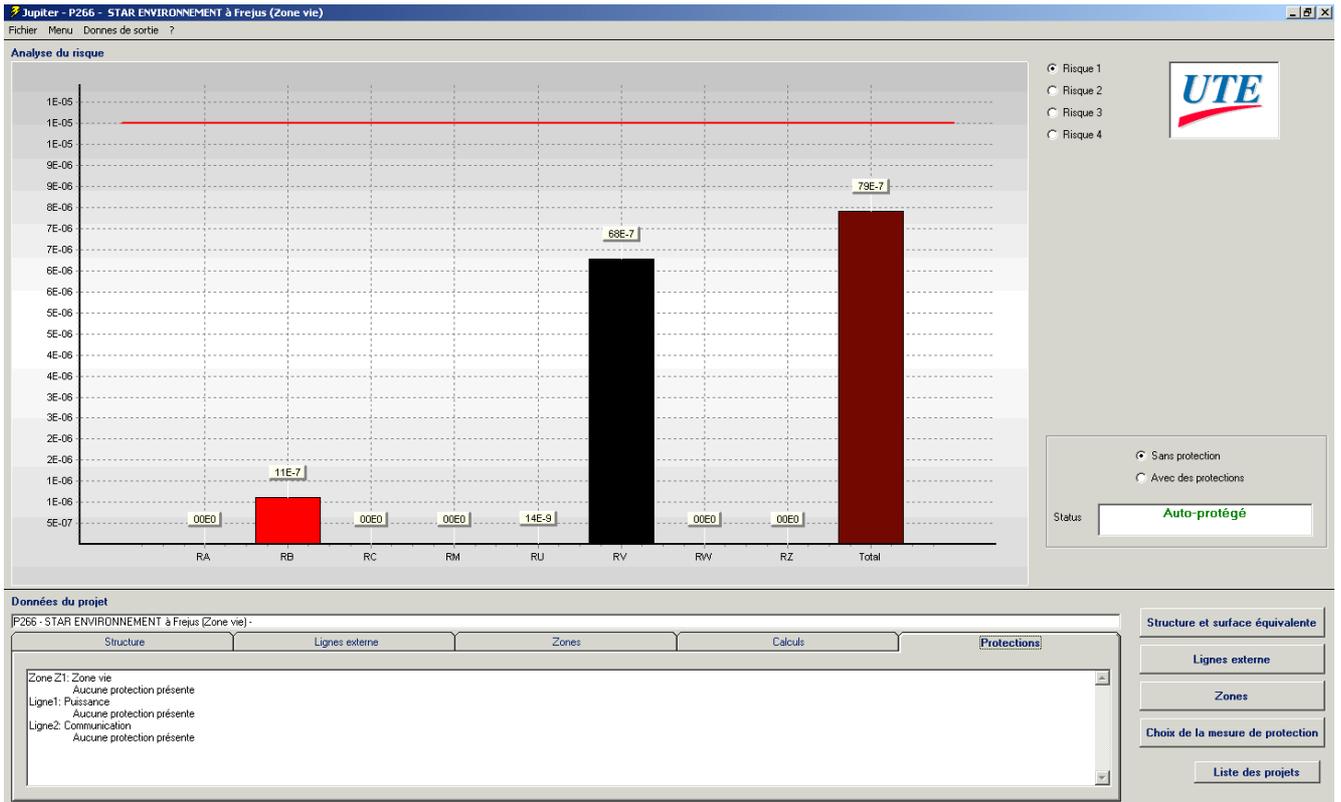
La meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an. Le réseau de détection de la foudre utilisé par Météorage permet une mesure directe de cette grandeur.

La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,59 arcs / km² / an

La densité de flashes (Df), généralement retenue en terme normatif, peut être déduite de la densité d'arcs par la formule suivante :

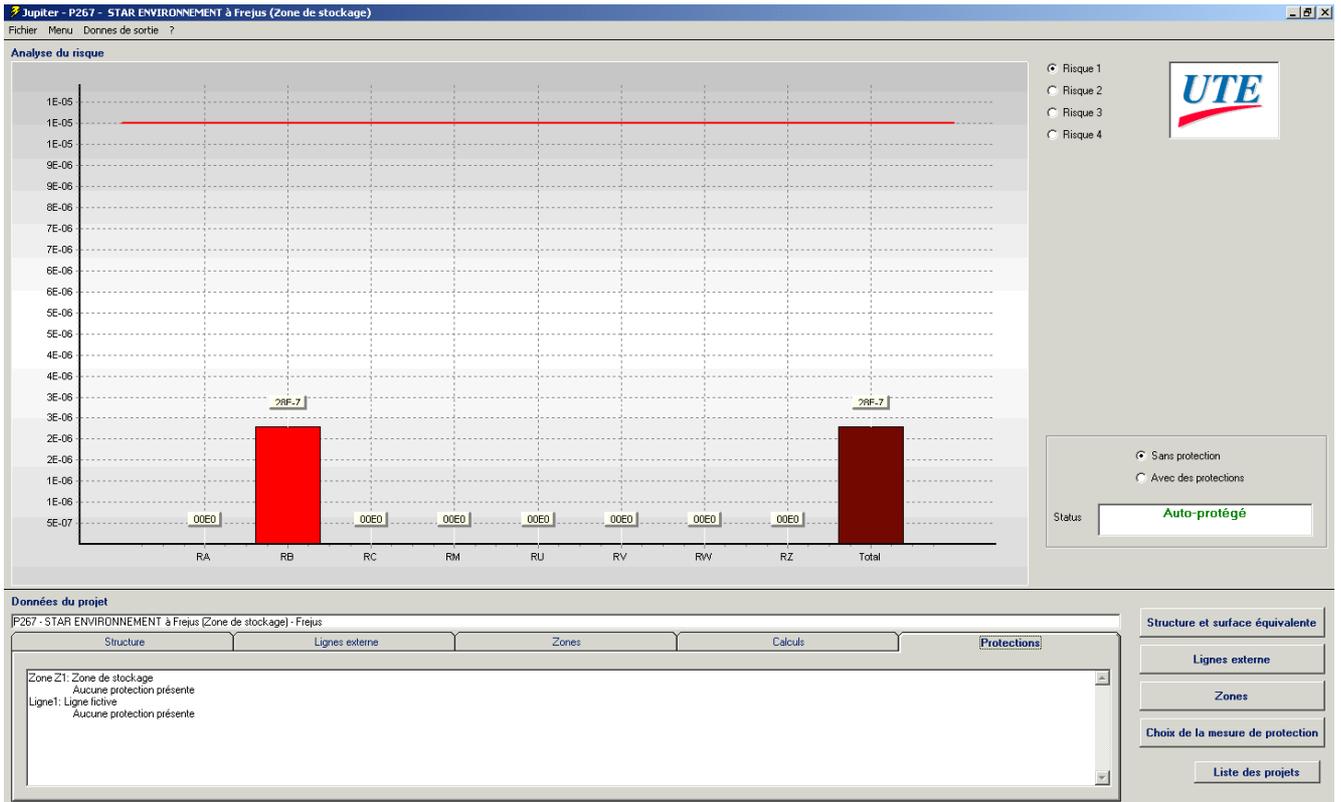
$$Df = Da / 2,1$$

Risque de Perte de Vie Humaine R1 : Zone vie



Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : Structure ne nécessitant pas de protection foudre

Risque de Perte de Vie Humaine R1 : Zone de stockage



Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : Structure ne nécessitant pas de protection foudre



ÉVALUATION DES RISQUES

Données du projeteur:

Raison sociale: BCM Bureau d'Etude - Contrôle et Maintenance
 Adresse: 444 rue Léo Lagrange
 Ville: Douai
 Code postal: 59500
 Pays: Fr
 Nom du projeteur:
 Numéro Qualifoudre: 051166662007
 Numéro SIRET: 400 732 681 00012

Client:

Client: STAR ENVIRONNEMENT
 Description de la structure: Centre de compostage
 Adresse: Départementale 37
 Commune: Frejus
 Pays: FR
 Ng: 1,23

Structure : Zone vie

- Fréquence de foudroiement
Ng: 1,23
- Utilisation principale: industriel
- Type: entouré d'objets plus petits
- Blindage: absent
- Surface équivalente d'exposition
 - A (m): 60
 - B (m): 20
 - H (m): 4
 - Hmax (m):
 - Surface (m²): 1786,19
- Particularité: Pas applicable



Tel : 03 27 996 389

Etude de Protection Foudre
ARF+ET

STAR ENVIRONNEMENT

FREJUS (83)

16/03/2012

Révision 1

Page 46

Lignes externes

Ligne1: Puissance

Type: énergie - souterrain
Caractéristique de la ligne
Ligne de longueur (m): 1000
Résistivité (ohm x m): 500
Blindage (ohm/km): pas de protection
Position relative
entouré d'objets plus hauts
Facteur d'environnement
rural
Système intérieur: Alimentation BT du site
Type de câblage: boucle 50 m²
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudres coordonnés: Absent
Parafoudres arrivée ligne: Absent

Ligne2: Communication

Type: signal - souterrain
Caractéristique de la ligne
Ligne de longueur (m): 1000
Résistivité (ohm x m): 500
Blindage (ohm/km): pas de protection
Position relative
entouré d'objets plus hauts
Facteur d'environnement
rural
Système intérieur: Téléphonie
Type de câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm/km
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudres coordonnés: Absent
Parafoudres arrivée ligne: Absent

Zones

Zone Z1: Zone vie

Dangers particuliers: risque de panique faible
Risque d'incendie: ordinaire
Protections anti-incendie: manuel
Blindage (ohm/km): absent
Type de sol: béton
Protections contre les tensions de pas et de contact: pas de protection
Systèmes intérieurs présents dans la zone:
Alimentation BT du site - Le système est relié à la ligne: Puissance
Téléphonie - Le système est relié à la ligne: Communication

Calculs

Zone Z1: Zone vie

Nd: 2,20E-03
Nm: 2,90E-01
Pa: 1
Pb: 1
Pc: 1,00E+00
Pm: 1,00E+00
ra: 1,00E-02
r: 0,5
h: 2,00E+00
rf: 1,00E-02

Composantes du risque

R1: Rb Ru Rv
R2:
R3:
R4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Valeurs des dommages

R1: Lf: 0,05 Lo: Lt: 0,0001
R2: Lf: Lo:
R3: Lf:
R4: Lf: 0,5 Lo: 0,01 Lt:

Valeurs du risque

R1 (b): 1,10E-06
R1 (u): 1,36E-08
R1 (v): 6,79E-06
R4 (b): 5,49E-06

Ligne:Puissance

Nl: 6,79E-03
Ni: 6,88E-01
Nda: 0,00E+00
Pc: 1,00E+00
Pm: 1,00E+00
Pu: 1,00E+00
Pv: 1,00E+00
Pw: 1,00E+00
Pz: 1,00E+00

Valeurs du risque

R1 (u): 6,79E-09
R1 (v): 3,40E-06
R1 (w): 0,00E+00
R1 (z): 0,00E+00
R2 (v): 0,00E+00
R2 (w): 0,00E+00
R2 (z): 0,00E+00
R3 (v): 0,00E+00

R4 (c): 2,20E-05
R4 (m): 2,90E-03
R4 (u): 0,00E+00
R4 (v): 1,70E-05
R4 (w): 6,79E-05
R4 (z): 6,81E-03

Ligne:Communication

Nl: 6,79E-03
Ni: 6,88E-01
Nda: 0,00E+00
Pc: 1,00E+00
Pm: 1,00E-04
Pu: 1,00E+00
Pv: 1,00E+00
Pw: 1,00E+00
Pz: 1,00E+00

Valeurs du risque

R1 (u): 6,79E-09
R1 (v): 3,40E-06
R1 (w): 0,00E+00
R1 (z): 0,00E+00
R2 (v): 0,00E+00
R2 (w): 0,00E+00
R2 (z): 0,00E+00
R3 (v): 0,00E+00
R4 (c): 2,20E-05
R4 (m): 2,90E-07
R4 (u): 0,00E+00
R4 (v): 1,70E-05
R4 (w): 6,79E-05
R4 (z): 6,81E-03

Risque tolérable

En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risques de :
Perte de vie humaine

La valeur Ra du risque tolérable est :
 $Ra1 = 0,00001$ pour le risque de type 1

Analyse du risque

L'analyse des risques présents dans la structure, conduite sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mis en évidence:

Perte de vie humaine

Le risque total R1 n'est pas plus grand que le risque tolérable Ra1; adopter des mesures de protection adéquates pour réduire le risque n'est donc pas nécessaire.

Protections

Zone Z1: Zone vie

Aucune protection présente

Ligne1: Puissance

Aucune protection présente

Ligne2: Communication

Aucune protection présente

Conclusions

Puisque pour chaque type de risque présent dans la structure sa valeur totale n'excède pas le risque tolérable Ra, au sens du guide UTE 17-100-2, l'adoption de mesures de protection n'est pas nécessaire.

SELON LE GUIDE UTE 17-100-2 LA STRUCTURE EST AUTO PROTEGEE CONTRE LA Foudre.

Structure : Zone de stockage

- Fréquence de foudroiement
Ng: 1,23
- Utilisation principale: industriel
- Type: entouré d'objets plus hauts
- Blindage: absent
- Surface équivalente d'exposition
A (m): 190
B (m): 65
H (m): 3,5
Hmax (m):
Surface (m²): 4512,84
- Particularité: Pas applicable

Lignes externes

Ligne1: Ligne fictive

Type: signal - souterrain

Caractéristique de la ligne

Ligne de longueur (m): 1

Résistivité (ohm x m): 500

Blindage (ohm/km): pas de protection

Position relative

entouré d'objets plus hauts

Facteur d'environnement

rural

Système intérieur: Ligne fictive

Type de câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm/km

Tension de tenue: 1,5 kV

Parafoudres coordonnés: Absent

Parafoudres arrivée ligne: Absent

Zones

Zone Z1: Zone de stockage

Dangers particuliers: risque de panique faible

Risque d'incendie: ordinaire

Protections anti-incendie: manuel

Blindage (ohm/km): absent

Type de sol: béton

Protections contre les tensions de pas et de contact: pas de protection

Systèmes intérieurs présents dans la zone:

Ligne fictive - Le système est relié à la ligne: Ligne fictive

Calculs

Zone Z1: Zone de stockage

Nd: 5,55E-03
Nm: 4,08E-01
Pa: 1
Pb: 1
Pc: 1,00E+00
Pm: 1,00E-04
ra: 1,00E-02
r: 0,5
h: 2,00E+00
rf: 1,00E-02

Composantes du risque

R1: Rb Ru Rv
R2:
R3:
R4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Valeurs des dommages

R1: Lf: 0,05 Lo: Lt: 0,0001
R2: Lf: Lo:
R3: Lf:
R4: Lf: 0,5 Lo: 0,01 Lt:

Valeurs du risque

R1 (b): 2,78E-06
R1 (u): 0,00E+00
R1 (v): 0,00E+00
R4 (b): 1,39E-05

Ligne:Ligne fictive

Nl: 0,00E+00
Ni: 6,88E-04
Nda: 0,00E+00
Pc: 1,00E+00
Pm: 1,00E-04
Pu: 1,00E+00
Pv: 1,00E+00
Pw: 1,00E+00
Pz: 1,00E+00

Valeurs du risque

R1 (u): 0,00E+00
R1 (v): 0,00E+00
R1 (w): 0,00E+00
R1 (z): 0,00E+00
R2 (v): 0,00E+00
R2 (w): 0,00E+00
R2 (z): 0,00E+00
R3 (v): 0,00E+00

R4 (c): 5,55E-05
R4 (m): 4,08E-07
R4 (u): 0,00E+00
R4 (v): 0,00E+00
R4 (w): 0,00E+00
R4 (z): 6,88E-06

Risque tolérable

En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risques de :
Perte de vie humaine

La valeur Ra du risque tolérable est :
Ra1 = 0,00001 pour le risque de type 1

Analyse du risque

L'analyse des risques présents dans la structure, conduite sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mis en évidence:

Perte de vie humaine

Le risque total R1 n'est pas plus grand que le risque tolérable Ra1; adopter des mesures de protection adéquates pour réduire le risque n'est donc pas nécessaire.

Protections

Zone Z1: Zone de stockage
Aucune protection présente
Ligne1: Ligne fictive
Aucune protection présente

Conclusions

Puisque pour chaque type de risque présent dans la structure sa valeur totale n'excède pas le risque tolérable Ra, au sens du guide UTE 17-100-2, l'adoption de mesures de protection n'est pas nécessaire.

SELON LE GUIDE UTE 17-100-2 LA STRUCTURE EST AUTO PROTEGEE CONTRE LA Foudre.

Date 16/03/2012

Cachet et signature

6 Installation intérieure du système de protection contre la foudre

6.1 Généralités

L'installation intérieure de protection contre la foudre doit empêcher l'apparition d'étincelles dangereuses dans la structure à protéger, dues à l'écoulement du courant dans l'installation extérieure de protection contre la foudre ou dans les éléments conducteurs de la structure.

Les étincelles peuvent apparaître entre, d'une part l'installation extérieure et, d'autre part les composants suivants:

- les installations métalliques;
- les systèmes intérieurs;
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes pénétrant dans la structure.

NOTE 1 Une étincelle apparaissant dans des structures à risque d'explosion est toujours considérée comme dangereuse. Dans ce cas, des mesures complémentaires de protection sont prescrites et sont à l'étude (voir Annexe E).

NOTE 2 Pour la protection contre les surtensions dans les systèmes électriques et électroniques, voir la CEI 62305-4.

Les étincelles dangereuses peuvent être évitées à l'aide:

- d'une équipotentialité conformément à 6.2, ou
- d'une isolation électrique entre éléments conformément à 6.3.

6.2 Liaison équipotentielle de foudre

6.2.1 Généralités

L'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion de l'installation extérieure de protection contre la foudre avec:

- l'ossature métallique de la structure,
- les installations métalliques,
- les systèmes intérieurs,
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure.

Si une équipotentialité de foudre est réalisée pour l'installation intérieure de protection, une partie du courant de foudre peut s'écouler à l'intérieur et cet aspect doit être pris en compte.

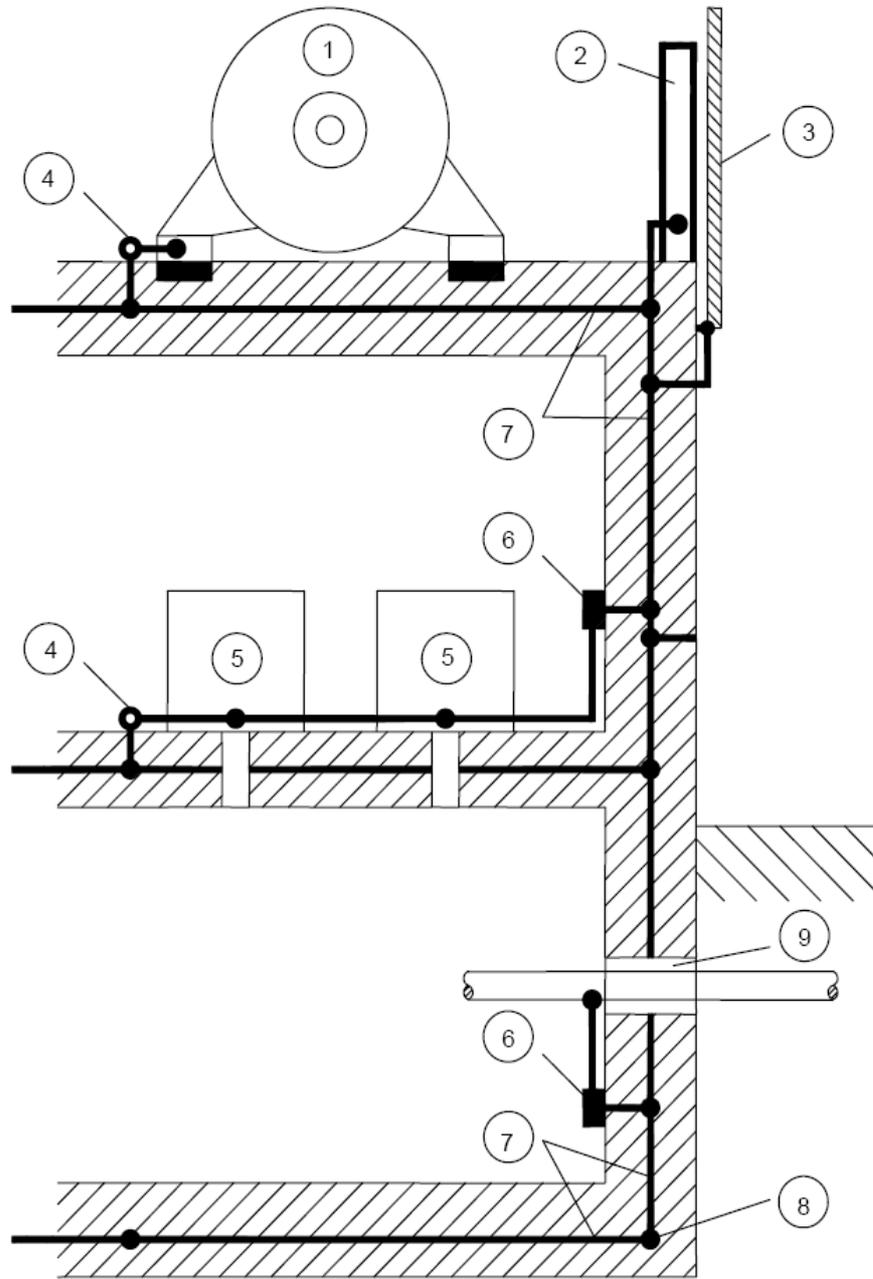
Les moyens d'interconnexion peuvent être:

- les conducteurs d'équipotentialité, si une continuité naturelle n'est pas obtenue;
- les parafoudres, si les conducteurs d'équipotentialité ne sont pas réalisables.

Leur réalisation est importante et doit être concertée avec l'opérateur du réseau de communication, le distributeur du réseau de puissance et d'autres opérateurs ou autorités concernées, du fait d'éventuelles exigences conflictuelles.

Les parafoudres doivent être installés de manière à pouvoir être inspectés.

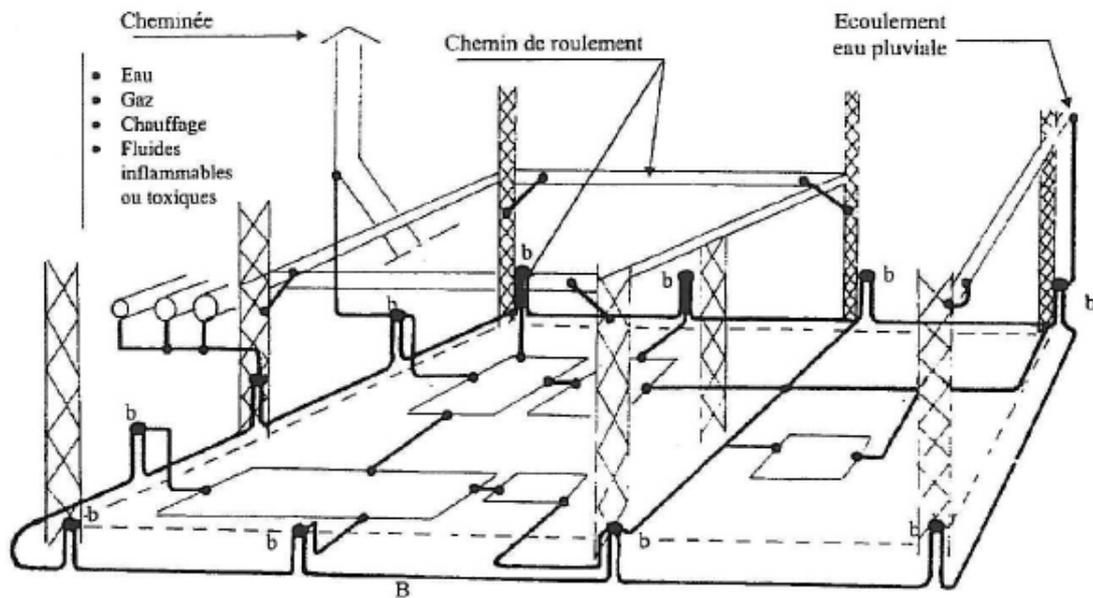
NOTE Si un système de protection est installé, des parties métalliques extérieures à la structure à protéger peuvent être affectées. Il convient que cela soit pris en compte lors de la conception. Des équipotentialités avec des parties métalliques extérieures peuvent aussi être nécessaires.



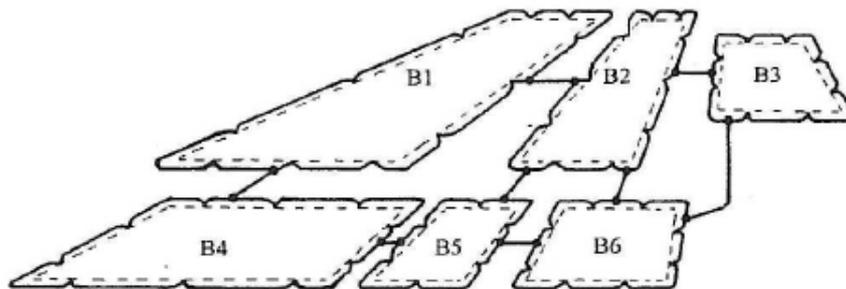
IEC 2110/05

Légende

1 Matériel électrique de puissance	6 Barre d'équipotentialité
2 Poutre métallique	7 Armature acier dans le béton (avec maillage superposé)
3 Revêtement métallique de façade	8 Boucle à fond de fouille
4 Borne d'équipotentialité	9 Point de pénétration commun des divers services
5 Matériel électrique ou électronique	

Fig. 5.1 – Exemple de réseau équipotentiel (plan de masse)**LEGENDE :**

- b : Borne ou barrette.
 B : Boucle de terre en tranchée.

Fig. 5.2 – Constitution d'un réseau maillé à partir de boucles élémentaires

ANNEXE N° 23

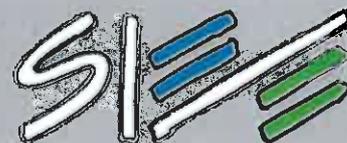
ETUDE DES ZONES INONDABLES DU REYRAN

ESTEREL GRANULATS

**ETUDE DES ZONES INONDABLES
DU REYRAN**

**Analyse de l'incidence du remblaiement d'une
gravière et de la réalisation d'un hangar agricole
sur l'écoulement de la crue centennale**

Novembre 1999
Dossier n° 99 07 31



Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement

ESTEREL GRANULATS

ETUDE DES ZONES INONDABLES DU REYRAN

Analyse de l'incidence du remblaiement d'une
gravière et de la réalisation d'un hangar agricole
sur l'écoulement de la crue centennale

SOMMAIRE

- A - ETUDE HYDROLOGIQUE	5
I. LE BASSIN VERSANT DU REYRAN	6
I.1. DESCRIPTION GENERALE	6
I.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT	12
II. LA PLUVIOMETRIE LOCALE	12
II.1. PLUIES JOURNALIERES	12
II.2. PLUIES DE DUREE INFERIEURE A 24 HEURES	14
II.2.1. Analyse des données disponibles	14
II.2.2. Extrapolation sur le secteur d'étude	15
III. CALCUL DES DEBITS DE CRUE	16
III.1. DEBITS AU DROIT DU PEAGE	16
III.1.1. Calcul du débit de pointe décennal	17
III.1.2. Calcul du débit de pointe centennal	20
III.2. DEBITS EN AMONT IMMEDIAT DE LA CONFLUENCE AVEC LE GARGALON	22
III.3. SYNTHESE	23
- B - CALCULS HYDRAULIQUES ET CARTOGRAPHIE	24
I. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES	25
II. PRINCIPES DE LA MODELISATION	25
III. MODELISATION DE LA CRUE CENTENNALE DU REYRAN	26
III.1. RESULTATS	26
III.2. CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES	28
III.3. INTERPRETATION DES RESULTATS	35
III.3.1. Analyse globale	35
III.3.2. Analyse de détail au droit des zones de projet	37
III.3.2.1. Zone de remblaiement	38
III.3.2.2. Zone d'implantation de deux hangars	40
IV. MODELISATION DE LA CRUE DECENNALE	42
<hr/> ANNEXES	44
<hr/>	
ANNEXE 1 : DÉCOUPAGE DU BASSIN VERSANT EN POLYGONES DE THIESSEN	45
ANNEXE 2 : STATION HYDROMÉTRIQUE DE SAINTE-BRIGITTE	46
ANNEXE 3 : PROFILS EN TRAVERS DU REYRAN	47

LISTE DES PLANCHES

N°	INTITULE
1	Plan de localisation
2	Bassins versants du Reyran et du Gargalon
3	Contexte hydrogéologique
4	Carte géologique
5	Extrapolation des débits par la méthode du GRADEX
6	Cartographie des zones inondables par une crue centennale du Reyran.
7	Définition des zones où $V > 0,5$ m/s ou $H > 1$ m
8	Ligne d'eau centennale du Reyran
9	Zone de remblaiement : comparaison du profil en long de la digue avec la ligne d'eau centennale du Reyran
10	Zones d'implantation des hangars agricoles

ANNEXES

N°	INTITULE
1	Découpage du bassin versant en polygones de THIESSEN
2	Station hydrométrique de Sainte Brigitte
3	Profils en travers du Reyran

AVANT-PROPOS

Estérel Granulats envisage de réaliser deux opérations distinctes (remblaiement d'une gravière et construction d'un hangar agricole) en bordure du Reyran (83) pour lesquelles les services de l'urbanisme et de la police de l'eau demandent une étude hydraulique.

L'objet de l'étude consiste à déterminer les conditions d'écoulement et les zones inondables du Reyran pour la crue centennale en situation actuelle, afin de déterminer si les zones de projet sont inondables pour une telle crue, puis de définir, le cas échéant, l'incidence des aménagements prévus sur les conditions d'écoulement des crues.

Le linéaire d'étude (*cf. planche 1*) s'étend du pont de la bretelle de l'autoroute près de la zone industrielle du Capitou au franchissement de l'A8 à proximité du site du barrage de Malpassé, soit un linéaire total de 4,5 km environ.

Les résultats de cette étude permettront alors aux services de l'état de se prononcer sur la faisabilité "hydraulique" des projets et sur les éventuelles mesures compensatoires ou préconisations de réalisation à mettre en œuvre.

DOSSIER 99 07 31



Société d'ingénierie
pour l'Eau et l'Environnement

ESTEREL GRANULATS

Etude hydraulique du Reyran

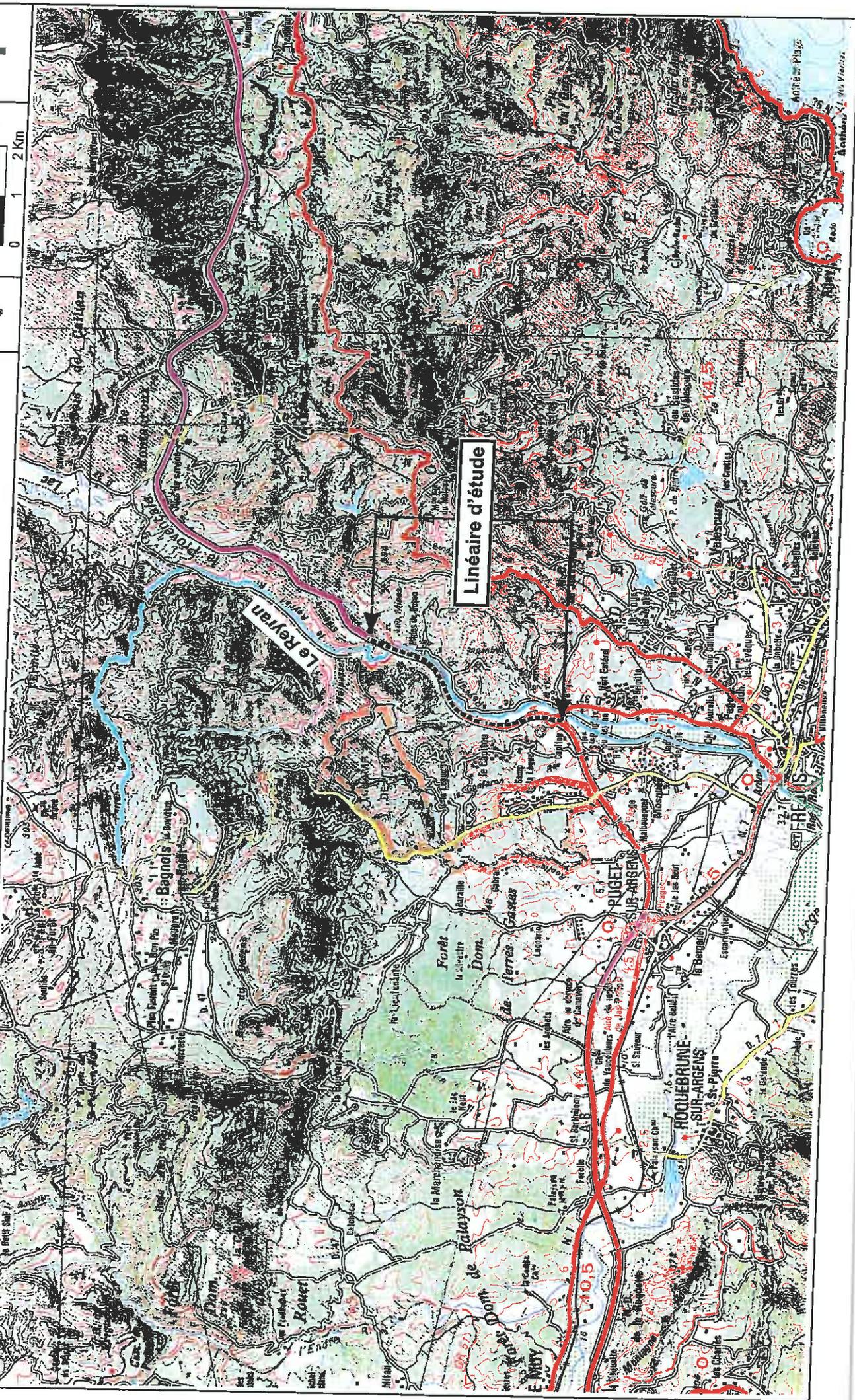
PLAN DE LOCALISATION

Fond de plan I.G.N.
carte n° 68

Echelle : 1 / 100 000°



1



- A -

ETUDE HYDROLOGIQUE

I. LE BASSIN VERSANT DU REYRAN

I.1. DESCRIPTION GENERALE

A l'extrémité aval du linéaire étudié (pont de l'autoroute A8 au péage de Capitou), le bassin versant du Reyran totalise une superficie de 73 km², pour un linéaire de 19 km environ (cf. planche 2). Il est principalement rural, et constitué de forêts denses.

Le Reyran prend sa source 1,5 km au Nord de Bagnols en Forêt, à près de 300m d'altitude, puis s'écoule selon un axe Ouest/Est de l'amont vers l'aval, passe à 2 km au Sud-Ouest du lac de Saint-Cassien et s'oriente alors selon un axe Nord/Sud qu'il conserve globalement jusqu'à la mer.

Sur le bassin versant étudié, les principaux affluents du Reyran sont la Buenne, qui le rejoint en amont immédiat du site de l'ancien barrage de Malpassé et le Gargalon, qui se jette dans le Reyran en rive gauche, 300 m environ en amont du pont du péage.

Sur sa partie aval, le Reyran, qui se présente sous la forme d'un chenal en béton de dimensions importantes, contourne Fréjus par l'Ouest puis rejoint la mer au droit du débouché de l'Argens.

D'un point de vue hydrogéologique (cf. planche 3), le bassin versant du Reyran est principalement constitué de "roches métamorphiques (schistes, micoshistes, gneiss) imperméables en profondeur mais rendues perméables superficiellement par altération et décompression"¹.

Les principales structures géologiques présentes sur le bassin sont les suivantes (cf. planche 4) :

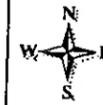
- Orthogneiss megmatitiques du bois de Bagnols
- Gneiss métatexitiques hétérogènes, présents sur l'extrémité amont du bassin versant
- Ensembles de grés gris à jaune, d'argiles et de conglomérats, à cinérites fréquentes, sur une bande de 1 km de large environ en rive gauche du Reyran.

¹ Source : carte hydrogéologique du département du Var.

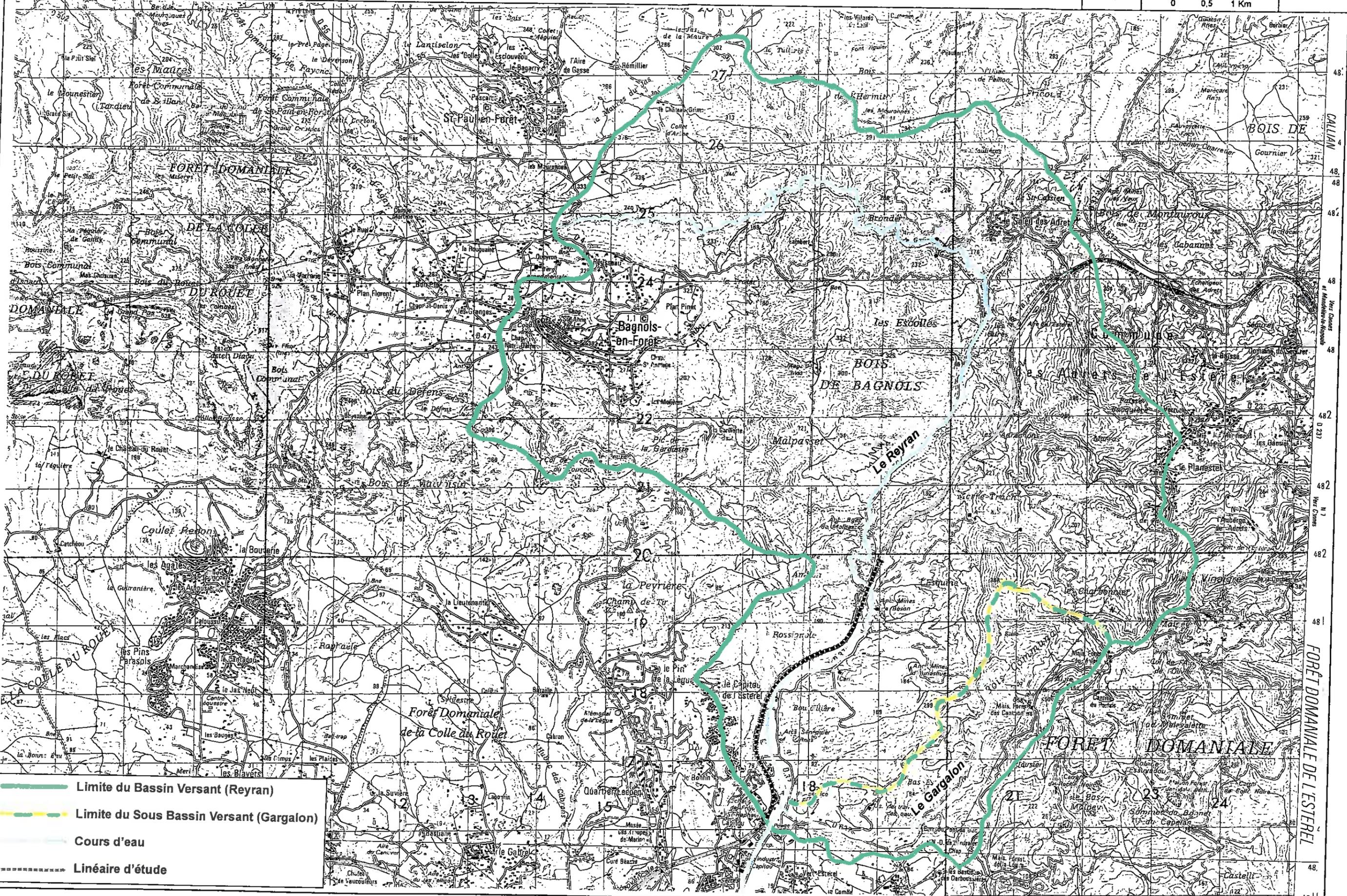
BASSINS VERSANTS DU REYRAN ET DU GARGALON

SI Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement

Etude hydraulique du Reyran



0 0.5 1 Km



— Limite du Bassin Versant (Reyran)
— Limite du Sous Bassin Versant (Gargalon)
— Cours d'eau
 Linéaire d'étude

DOSSIER 99 07 31



Société d'ingénierie
pour l'Eau et l'Environnement

ESTEREL GRANULATS

Etude hydraulique du Reyran

CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

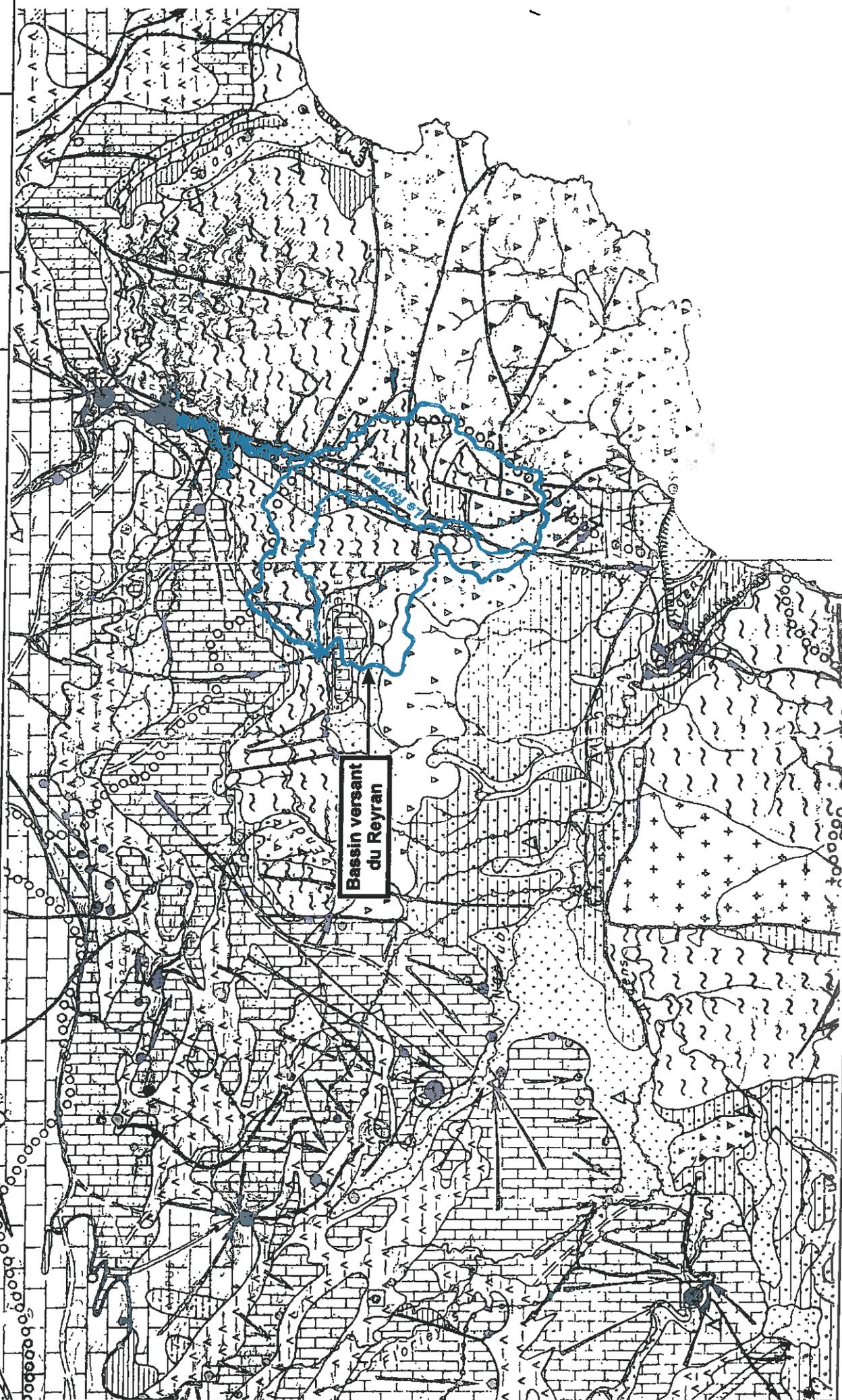
extrait de la carte hydrogéologique du département du Var (BRGM)



Echelle : 1 / 200 000^e

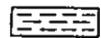


3a

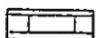


NAPPES ETENDUES DANS DES TERRAINS AQUIFERES POREUX - ALLUVIONS, SABLES, CONGLOMERATS


Nappes phréatiques généralement en relation avec des rivières, le plus souvent drainées, plus rarement alimentées par elles. Ressources en eau généralement abondantes mais limitées par les dimensions de la couche aquifère.



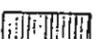
Aquifères alluviaux complexes comportant plusieurs nappes superposées mais en relation par drainage et changement latéral de faciès. Nappes captives ou semi-captives (plaines littorales)

NAPPES ETENDUES DANS DES TERRAINS AQUIFERES FISSURES - CALCAIRES, CALCAIRES DOLOMITIQUES, DOLOMITES


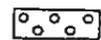
Plateaux et massifs calcaires et dolomitiques généralement karstiques (Crétacé inférieur, Crétacé supérieur calcaire, Jurassique supérieur et inférieur, Trias moyen) Eaux souterraines généralement profondes. Points d'eau assez rares. Sources peu nombreuses, mais localement à gros débit. Pertes et résurgences des cours d'eau.



Massifs calcaires et dolomitiques plissés et fracturés à réseaux aquifères à compartiments



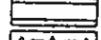
Jurassique moyen. Alternances de bancs calcaires et marneux. Terrains peu perméables dans l'ensemble mais qui, lorsqu'ils sont tectonisés, peuvent donner lieu à des circulations actives au niveau des intercalations calcaires.

NAPPES LOCALES DISCONTINUES, NIVEAUX PERMEABLES INTERCALES AU SEIN DE FORMATIONS ESSENTIELLEMENT MARNEUSES. POINTS D'EAU ET PETITES SOURCES A DEBIT SOUVENT INTERMITTENT


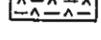
Formations complexes alluviales et fluvioglaciales. Nappes discontinues localisées dans des couches lenticulaires (Poudingue de Volansole)



Formations en alternance. Eocène et Crétacé supérieur continental: marnes et sables, Carbonifère: grès et schistes



Formations en alternance calcaires-marnes ou grès marnes. Crétacé supérieur marin. Miocène, Fliocène marin.



Marnes à lentilles gypseuses et dolomitiques du Trias supérieur



Formations essentiellement gréseuses et pélitiques du Trias inférieur et du Permien sédimentaire pouvant présenter localement des circulations aquifères au sein de niveaux à plus forte granulométrie, fissurés ou altérés. Molasses miocènes de Durance.



Série gréseuse et pélitique d'âge permien intercalée de coulées volcaniques localement perméables



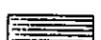
Terrains volcaniques en larges entablissements localement aquifères

RESSOURCES EN EAU ESSENTIELLEMENT SUPERFICIELLES SUR TERRAINS IMPERMEABLES. POINTS D'EAU ET PETITES SOURCES NOMBREUSES A FAIBLE DEBIT

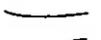

Roches intrusives - Granite, diorite, dont l'ordre d'altération, lorsqu'elle est suffisamment développée, constitue de petits aquifères



Roches métamorphiques (schistes, micaschistes, gneiss) imperméables en profondeur mais rendues perméables superficiellement par altération et décompression.



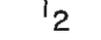
Argiles, marnes du Plaisancien et du Miocène, imperméables.

STRUCTURE


Contours entre terrains d'âge différent - Limites stratigraphiques



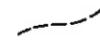
Faïlle et chevauchement



Origine du tracé des coupes

HYDROLOGIE DE SURFACE


Cours d'eau aérien à circulation pérenne



Cours d'eau aérien à circulation temporaire



Perte pérenne ou temporaire



Cuvette de retenue



Ligne de partage des eaux superficielles



- Bassins



- Sous-bassins



- Dépression fermée

Sources - Débits moyens

● 0 à 10 l/s

● 10 à 100 l/s

● 100 à 500 l/s

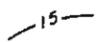
● 500 à 2000 l/s

● Supérieur à 2000 l/s

● Source temporaire

● Source minérale

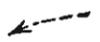
● Source thermominérale (Gréoux_04)

HYDROLOGIE SOUTERRAINE


Nappe alluviale - Courbe isopiézométrique



Sens d'écoulement des eaux souterraines et extension probable du drainage



Sens d'écoulement des eaux souterraines et extension probable du drainage sous recouvrement



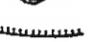
Ligne de partage des eaux souterraines



Relation prouvée par tracage (tracé théorique)

HYDROCHIMIE


Marais salés ou saumâtres



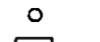
Limite de l'intrusion salée dans les nappes



Source sulfatée calcique et magnésienne

OUVRAGES


Forage en exploitation



Puits en exploitation



Source avec station de pompage



Station de jaugeage permanente



Barrage



Principaux canaux et conduites d'adduction d'eau



Ouvrage d'adduction des eaux du Verdon (Société du Canal de Provence) Réseau principal:



- à ciel ouvert



- en galerie

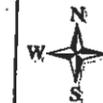


Galeries de drainage d'exploitation minière



Exhaures minières (bouxite)

CARTE GEOLOGIQUE

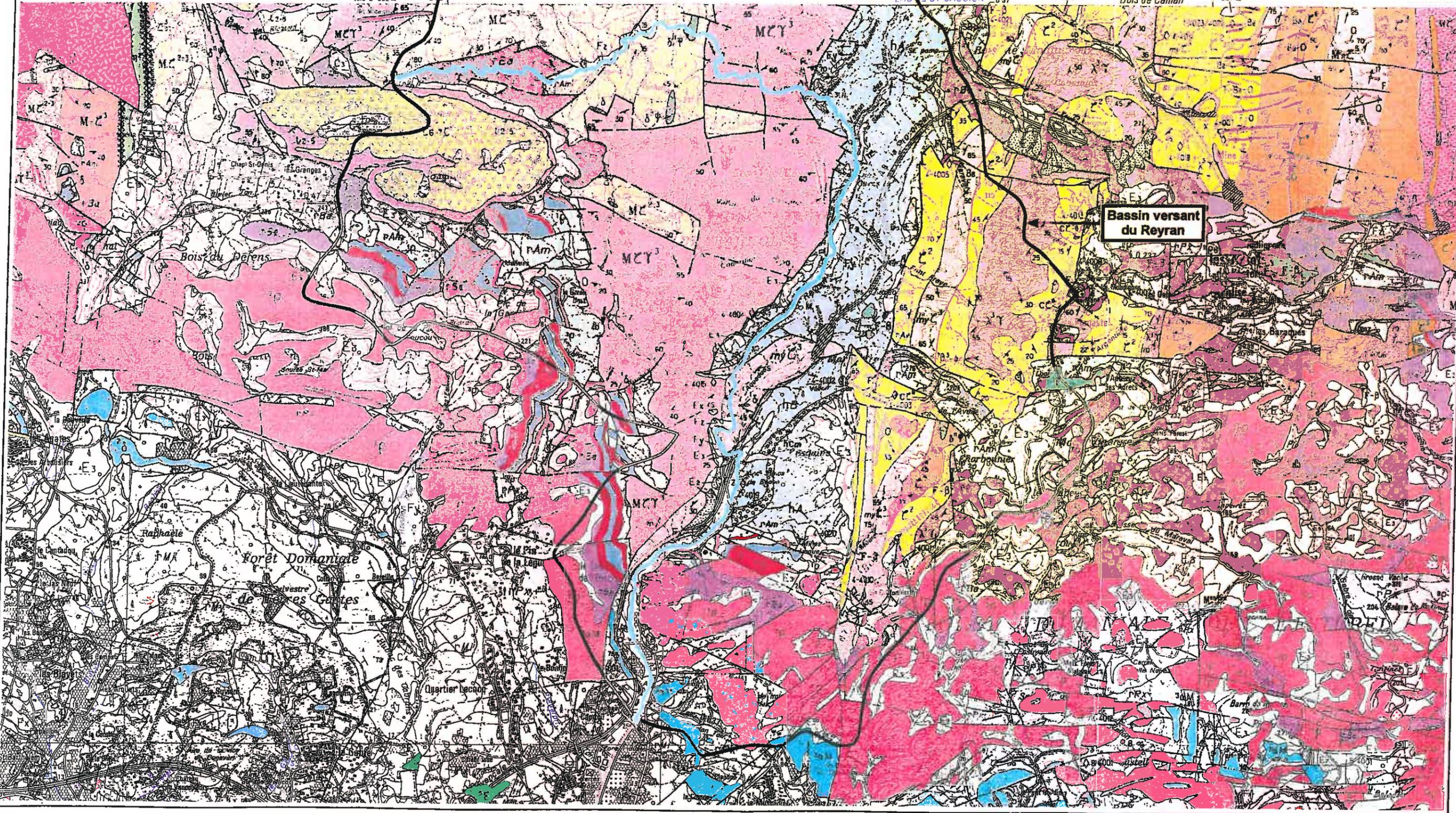


FAYENCE 3543

1024 - FRÉJUS - CANNES - 1/50 000

310	311	6° 40'	312	313	314	315	316	317	318	6° 45'	319	320	321	322	323	324	6° 50'	325	326	327	328
948	949		950	951	952	953	954	955	956	4,90 gr	957	958	959	960	961	962	15,00 gr	963	964	965	966

Forêt Domaniale de St-Paul-en-Forêt



**Bassin versant
du Reyran**

FORMATIONS SUPERFICIELLES

- Terrasses fluviales**
- Fz** Très basse terrasse (Holocène à actuel)
Alluvions caillouteuses ou sablo-graveleuses, limons
 - Fy** Basse terrasse
Alluvions caillouteuses
 - Fx** Moyenne terrasse
Alluvions caillouteuses
 - Fw** Haute terrasse ou nappe sommitale (Pliocène supérieur à Quaternaire basal)
Alluvions fluviales caillouteuses

MÉSOZOÏQUE

- Trias**
- Rhétien (rh)**
Alternance de calcaires roux et de marnes jaunes résédés
 - L3** Norian? (Trias évaporitique TG)
Marnes gypseuses et dolomies
 - L6-7F** Ladinien-Carnien (Trias carbonaté TC-D-E-F)
F - Calcaires jaunes à térébratules et encrinés
 - L6-7E** E - Marnes dolomitiques blanchâtres
 - L6-7D** D - Calcaires noirs
 - L6-7C** C - Calcaires gréseux, brèches
 - L2-5** Scythien moyen-Anisien (Trias détritique tA-B, faciès Buntsandstein)
Grès jaunâtres et argiles berliolées

VOLCANISME PERMIEN

- Roches intermédiaires**
- Rhyolite rouge orangé
 - Roches acides**
 - Rhyolite fluidale (= pyroméride), à sphérophyses
 - Rhyolite fluidale (= pyroméride), aphyrique à sphérolites
 - Piperno rhyolitique à nombreuses fiammes
 - Coulée de rhyolite fluidale
 - Coulée de rhyolite bréchique
 - Coulées de rhyolite ignimbritique rouge à orangé, très riche en phénocristes
1 - faciès fluidal (= pyroméride)
 - Filons et lambeaux de coulée de rhyolite fluidale, à faciès d'agglomérat
 - Coulée de rhyolite ignimbritique, riche en phénocristes
 - Coulée de rhyolite ignimbritique à fragments de ponces
 - Coulée de rhyolite fiammé
 - Filons de rhyolite aphyrique sans position stratigraphique définie
- Roches basiques**
- Lambeaux de coulée d'ovawaite à labrador (Estérel)
S dans le bas Argens (Formation du Muy)
 - Coulée de mugérite (Estérel)
S dans le bas Argens (Formation des Pradineux)
 - Coulée de mugérite (Estérel)
S dans le bas Argens (Formation des Pradineux)
 - Coulée de basalte doléritique (Formation d'Ambon)
 - Coulée de basalte calco-alcalin et brèches volcaniques (Formation de l'Avellan)

PALÉOZOÏQUE

- Carbonifère**
BASSIN DU REYRAN
Série d'Aurillac
- hA** Ensemble de grès gris à jaunes, d'argiles et de conglomérats, à cinérites fréquentes
 - hB** Conglomérat intermédiaire
Conglomérat massif à gros éléments, à empreintes de sigillaires et passées de charbon
 - Série de Bozon
 - hs** Grès et argiles gris à noirs, à niveaux de charbon
Au sommet, boghead à Pila
 - BASSIN DE PLAN-DE-LA-TOUR
Série supérieure
 - h** Conglomérats et grès feldspathiques, à lentilles de charbon à traces de végétaux
 - h'** Rhyolite ou microgranite gris-blau
 - Série inférieure
 - h'** À la base, conglomérats bruns à rouille, puis ensemble de grès feldspathiques
 - BASSINS DE PENNAFORT ET DES PIERRES
Carbonifère indifférencié
 - h** Grès gris à gros quartz blancs et passés de charbon à restes végétaux

SOCLE ANTÉ-CARBONIFÈRE
FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

- Unité des gneiss orientaux
TANNERON ORIENTAL
- MoL³λ** Gneiss leptynitiques migmatitiques ocellés (gneiss de Mandelieu)
 - ε¹⁻²** Micaschistes à deux micas, sillimanite, disthène et grenat (micaschistes de Mandelieu)
 - ε²ε³** Alternance de gneiss plagioclasiques et de gneiss micacés
 - MrL⁵** Gneiss migmatitiques rubano-ocellés (migmatites d'Auribeau)
 - MCY³** Orthogneiss migmatitiques à grenat (orthogneiss de Tanneron)
 - ε⁶** Gneiss sombres à biotite et hornblende
 - ε³** Gneiss micacés à deux micas, sillimanite et tourmaline (gneiss micacés de Tanneron)
 - ε²** Gneiss plagioclasiques à deux micas (gneiss du valon du Chemin-Charrier)
 - λ³γ** Ortholeptynites roses à grenat (leptynites des Adret)
 - ε** Gneiss sombres à biotite et grenat (gneiss de St-Cassien)
 - myL³** Gneiss mylonitiques ocellés (gneiss de la Moure)
 - δ¹¹ψ** Amphibolites à reliques éclogitiques
 - CC^B** Cipolins et gneiss-à-silicates-calciques

TANNERON OCCIDENTAL ET MASSIF DE STE-MAXIME

- MC²⁻³** Gneiss métatextitiques hétérogènes à sillimanite (gneiss des Petites-Maures et du Reyran amont)
 - CC^B** Cipolins et gneiss-à-silicates-calciques
 - ε¹** Gneiss à cordiérite et grenat
 - ε¹** Leucogranite migmatitique à structure planaire
 - myL³** Gneiss mylonitiques ocellés (gneiss de Malpasset et des Issambres)
 - ε¹** Gneiss sombres à biotite
 - MCY³** Orthogneiss migmatitiques
1 - du bois de Bagnole
2 - du Fournel et du Moutard
 - MrL⁵** Gneiss migmatitiques rubano-ocellés (migmatites de Peygros)
 - ε⁵** Gneiss sombres à biotite et hornblende
 - ML²⁻³** Gneiss métatextitiques hétérogènes à sillimanite
1 - avec cordiérite (gneiss de la villa Bonnefoy)
2 - sans cordiérite (gneiss de l'Adret de Gueis)
 - MrL³** Gneiss migmatitiques rubanés à nodules de sillimanite (migmatites de Castel-Dièou)
 - δ¹¹ψ** Amphibolites à reliques éclogitiques
 - Unité de Bormes
 - εγ³** Orthogneiss lenticulaires à deux micas (gneiss de Bormes)
 - ε¹⁻²ε²** Micaschistes à deux micas, staurolite, disthène, grenat (micaschistes à minéraux) et gneiss micacés à deux micas
 - δ³** Amphibolites
 - Leptynites roses (leptynites de l'Aille)
 - Unité de La Garde-Freinet
 - MC²⁻³** Gneiss métatextitiques hétérogènes à sillimanite (gneiss de la forêt communale des Arcs)
1 - avec cordiérite
2 - sans cordiérite
 - ε¹⁻²** Micaschistes à deux micas, sillimanite et grenat
 - MCY³** Orthogneiss migmatitiques
 - δ¹¹λ³** Amphibolites et leptynites associées (amphibolites de la forêt communale des Arcs)
- FORMATIONS PLUTONIQUES VARISQUES**
- Granite de Plan-de-la-Tour
 - Granite porphyroïde
 - Leucogranites microlitiques
 - Microgranite porphyrique
 - Granite du Rouet
 - Granite porphyroïde à cordiérite
 - Granite à grain fin à cordiérite

I.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

Le tableau ci-après synthétise les caractéristiques du bassin versant du Reyran, d'une part, au droit du pont aval de l'A.8, et, d'autre part, en amont immédiat de la confluence avec le Gargalon.

CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT DU REYRAN				
	Superficie	Plus long cheminement hydraulique	Pente pondérée	Temps de concentration
• Au droit du pont du péage	73 km ²	19,3 km	0,8 %	12 h
• En amont de la confluence avec le Gargalon	66 km ²	19 km	0,8 %	12 h

Le calcul du temps de concentration du bassin versant a reposé sur l'application des formules de Ventura et Passini (la moyenne des deux valeurs obtenues a été retenue).

II. LA PLUVIOMETRIE LOCALE

II.1. PLUIES JOURNALIERES

Les postes pluviométriques les plus représentatifs du bassin versant étudié se situent sur les communes de Fréjus, Bagnols en Forêt et les Adrets de l'Estérel, et présentent des chroniques respectives de 50, 25 et 36 années de mesure.

Le poste du Luc - Cannet des Maures, utilisé pour les pluies inférieures à 24 heures (*cf. paragraphe suivant*) présente pour les pluies journalières une chronique de 51 années.

Les maximas journaliers fournis par Météo France ont fait l'objet d'ajustements statistiques afin de déterminer les pluies journalières décennale et centennale.

Les résultats de ces ajustements (méthode de GUMBEL) sont présentés ci-dessous.

Poste pluviométrique	Pluie journalière décennale (mm)	Pluie journalière centennale (mm)
<i>Fréjus</i>	107	152
<i>Bagnols en Forêt</i>	127	189
<i>Adrets de l'Estérel</i>	141	214
<i>Luc - Cannet des Maures</i>	119	175

Afin d'estimer les pluies journalières décennale et centennale associées au bassin versant étudié, nous avons utilisé la méthode de Thiessen, qui consiste à affecter à chaque pluviomètre P_i une surface de bassin versant S_i , définie comme lieu des points les plus proches de la station pluviométrique considérée.

On pondère les valeurs données par le pluviomètre P_i par le rapport S_i/S_{total} , et on obtient ainsi les valeurs de précipitations prenant en compte la répartition géométrique des stations pluviométriques.

Le découpage des polygones de Thiessen, présenté en annexe, indique que le pluviomètre de :

- Fréjus couvre 8 % du bassin versant
- Bagnols en Forêt couvre 56 % du bassin versant
- Adrets de l'Estérel couvre 36 % du bassin versant

Ces coefficients de pondération permettent d'obtenir pour le bassin versant, les valeurs de pluies journalières décennale et centennale suivantes :

<p>P_{10} - bassin versant ≈ 131 mm P_{100} - bassin versant ≈ 195 mm</p>
--

II.2. PLUIES DE DUREE INFERIEURE A 24 HEURES

Le temps de concentration du bassin versant étudié étant inférieur à 24 heures, l'estimation des débits de crue nécessite une analyse de la pluviométrie locale, à des pas de temps inférieurs à 24 heures (données pluviographiques).

II.2.1. Analyse des données disponibles

Le poste pluviographique du Luc - Cagnet des Maures, qui est le pluviographe le plus proche du secteur, est géré par Météo France depuis 1973 et présente une chronique de 24 années.

Les données, acquises auprès de Météo-France, ont fait l'objet d'ajustements statistiques afin de déterminer les quantiles théoriques, c'est à dire les hauteurs de précipitations associées aux durées 1 h, 2 h et 6 h et 12 h, et ce, pour les périodes de retour 10 ans et 100 ans.

Les résultats de ces ajustements (méthode du renouvellement) sont assemblés dans le tableau ci-après :

DUREE DE LA PLUIE	HAUTEUR PRECIPITEE (mm)	
	FREQUENCE DECENNALE	FREQUENCE CENTENNALE
1 heure	49,1	77,9
2 heures	63,5	101,7
6 heures	94,0	155,5
12 heures	115,8	183,9

II.2.2. Extrapolation sur le secteur d'étude

Afin de tenir compte du contexte pluviométrique propre au secteur d'étude, un calage des données observées au Luc est nécessaire.

Ainsi, les hauteurs précipitées sur la zone d'étude sont extrapolées à partir des observations du Luc en faisant l'hypothèse classiquement admise que les hauteurs précipitées sur les deux sites se déduisent par une affinité dont le rapport est indépendant de la durée de l'épisode;

Autrement dit, pour une période de retour donnée, le rapport K calculé entre la pluviométrie sur 24h sur le secteur d'étude (valeurs pondérées associées au bassin versant) et la pluviométrie observée sur 24 heures au Luc reste variable pour les durées de pluies inférieures.

Les valeurs de K, calculées pour les périodes de retour 10 ans et 100 ans sont :

$$K = \frac{P_{10} - \text{Bassin versant}}{P_{10} - \text{Luc}} \approx \frac{P_{100} - \text{Bassin versant}}{P_{100} - \text{Luc}} \approx 1,1$$

Les hauteurs précipitées sur le bassin versant étudié pour les différentes durées (de 1 heure à 12 heures) et périodes de retour peuvent ainsi être estimées.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs obtenues :

DUREE DE LA PLUIE	HAUTEUR PRECIPITEE SUR LE BASSIN VERSANT ETUDIE (mm)	
	T = 10 ANS	T = 100 ANS
1 heure	54	85,7
2 heures	69,8	111,9
6 heures	103,4	171,0
12 heures	127,4	202,3

III. CALCUL DES DEBITS DE CRUE

L'objet de cette partie est de déterminer les débits de pointe de période de retour 10 ans et 100 ans sur le linéaire étudié.

Les calculs ont été menés dans un premier temps au droit du pont de péage (extrémité aval du secteur d'étude) où une station hydrométrique gérée par la D.I.R.EN. est implantée.

Les débits sur la partie amont du linéaire modélisé ont ensuite été déduits des débits retenus au droit du péage.

III.1. DEBITS AU DROIT DU PEAGE

Les calculs de débits de crue peuvent reposer soit sur des formules basées sur la pluviométrie, soit sur une analyse statistique des données hydrométriques disponibles.

Plusieurs méthodes ont été appliquées afin d'en comparer les résultats, elles sont présentées ci-après.

III.1.1. Calcul du débit de pointe décennal

a) *Description des méthodes de calcul*

□ Méthode CRUPEDIX

La méthode CRUPEDIX de calcul des débits de crue décennaux est basée sur l'emploi d'une formule statistique s'appuyant sur l'observation des crues de nombreux cours d'eau français.

On peut présenter cette relation sous la forme suivante :

$$Q_{10} = S^{0.8} \times (P/80)^2 \times R$$

avec	Q ₁₀ :	débit instantané de crue de fréquence décennale, en m ³ /s
	S :	superficie du bassin versant (=73 km ² au droit du péage)
	P :	précipitation journalière de fréquence décennale (=131 mm sur le bassin du Reyran)
	R :	coefficient régional (=1 pour le bassin du Reyran)

□ Méthode rationnelle

Cette méthode repose sur les données pluviométriques, à travers la formulation classique $Q = Cr.i.A$ qui consiste à supposer que le débit est proportionnel à l'intensité de la pluie qui l'engendre (i) et à la superficie du bassin versant (A).

Cette relation peut aussi s'écrire de façon plus explicite :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot Cr \cdot \frac{P}{t_c} \cdot A$$

avec	Q _p :	débit de pointe (m ³ /s)
	Cr :	coefficient de ruissellement théorique
	T _c :	temps de concentration du bassin versant (≈12 heures)
	P :	pluviométrie relative à t _c
	A :	superficie du bassin versant (≈ 73 km ² au droit du péage)

Le coefficient de ruissellement théorique est fonction de la morphologie, la pédologie, et le couvert des sols.

L'examen des caractéristiques du bassin versant du Reyran a conduit à retenir pour l'occurrence décennale un coefficient de ruissellement égal à 40 %.

L'intensité pluviométrique est donnée par la formule de Montana :

$$i = at^{-b}$$

avec | i = intensité de la pluie en mm/h
 | t = durée de la pluie en heures

Les coefficients a et b correspondant aux épisodes de retour 10 ans et 100 ans, calculés d'après la pluviométrie retenue sur le bassin versant (cf. paragraphe II.2.2.), pour des pluies de durée voisine de 12 heures sont présentés ci-dessous.

Période de retour de la pluie	Coefficients de Montana	
	a	b
10 ans	55,93	0,666
100 ans	91,87	0,677

□ Analyse statistique des données hydrométriques

La station hydrométrique de Ste Brigitte, implantée sous le pont du péage de Capitou, est gérée par la D.I.R.EN. depuis 1971 et présente une chronique de 24 années complètes.

Les débits instantanés maximums annuels ont fait l'objet d'un ajustement statistique afin de déterminer les quantiles théoriques associés à différentes périodes de retour.

Il est couramment admis en hydrologie qu'une chronique de n données permet d'estimer les quantiles jusqu'à l'occurrence $2n$. Autrement dit, la série de 24 années de mesures de débit du Reyran permet le calcul des débits de crue jusqu'à l'occurrence cinquantennale **au maximum**.

Les résultats de cet ajustement (méthode de GUMBEL) sont présentés ci-après.

Période de retour	Débit de pointe (m ³ /s)	Intervalle de confiance à 95 %
2 ans	50	[42 , 60]
5 ans	72	[62 ; 91]
10 ans	86	[74 ; 110]
20 ans	100	[85 ; 130]
50 ans	120	[99 , 160]

b) résultats

Le tableau ci-dessous synthétise les valeurs de débit décennal au pont du péage, obtenues selon les méthodologies décrites ci-avant.

Méthode d'estimation	Débit décennal au pont du péage (m ³ /s)
Crupedix	83
Méthode rationnelle	87
Ajustement statistique	86

Les trois estimations obtenues sont du même ordre de grandeur.

Compte-tenu du fait que la qualité des mesures de débits réalisées à la station hydrométrique de Sainte-Brigitte est qualifiée de "Bonne en hautes eaux", et que la taille de la chronique disponible (24 années complètes) permet une estimation relativement fiable pour une période de retour décennale, nous conserverons pour valeur du débit décennal au droit du péage la valeur obtenue par analyse statistique des données hydrométriques, soit :

Q₁₀ - péage ≈ 86 m³/s
--

III.1.2. Calcul du débit de pointe centennal

a) Méthodes d'évaluation

Etant donné la taille de la chronique disponible à la station hydrométrique de Sainte Brigitte (24 années complètes), l'analyse statistique des données ne peut être menée pour la période de retour 100 ans, le risque étant de minimiser le débit de crue centennal.

Par conséquent, le débit centennal a été estimé à partir de l'analyse de la pluviométrie.

Deux méthodes ont été utilisées en parallèle :

- La méthode du Gradex
- La méthode rationnelle

□ Extrapolation de débits par la méthode du Gradex

La méthode du Gradex, mise au point par DUBAND en 1967 (E.D.F.) permet la détermination des crues de probabilité très faible à partir de la valeur du Gradex, qui correspond à la pente de la droite d'ajustement d'une loi de Gumbel sur la série pluviométrique.

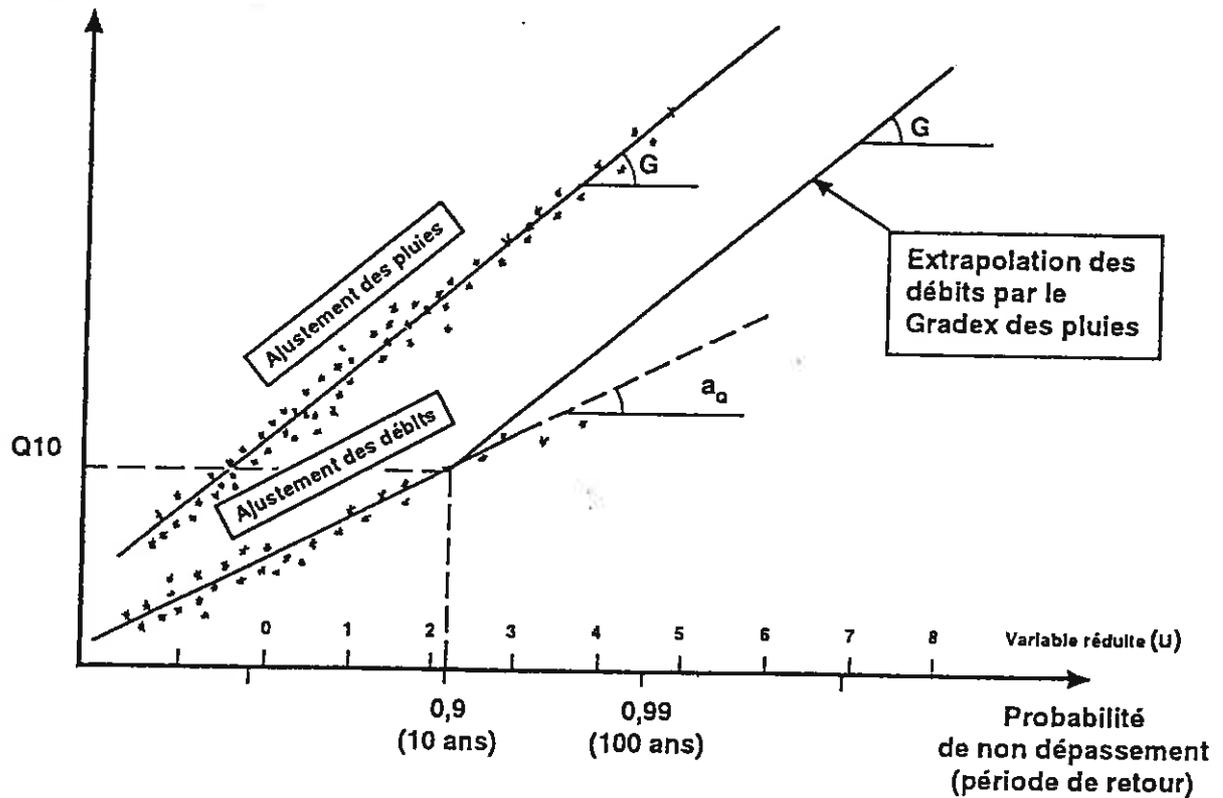
Cette technique suppose qu'à partir du débit décennal considéré comme débit pivot, le débit évolue en fonction de la période de retour de la même façon que la pluviométrie (cf. planche 5).

Le Gradex des pluies de 12 heures (temps de concentration du bassin du Reyran) est de 29 mm à la station Le Luc - Cagnet des Maures.

Rappelons que la pluviométrie retenue sur le bassin versant étudié est supérieure de 10 % à celle du Luc, d'où un Gradex des pluies de 12 heures voisin de 32 mm sur le bassin versant.

Rapportée à la superficie du bassin versant et à son temps de concentration, la valeur du Gradex devient en débit :

$$G = \frac{32 \times 73}{3,6 \times 12} = 54 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q, P exprimés en m³/s

a_0 = Pente de la droite d'ajustement des débits (Gradex des débits)

G = Pente de la droite d'ajustement des pluies (exprimées en m³/s) = Gradex pluviométrique

$G > a_0$

L'extrapolation du débit centennal Q_{100} à partir du débit pivot décennal Q_{10} conformément aux principes énoncés ci-dessus s'écrit alors :

$$Q_{100} = Q_{10} + G (U_{100} - U_{10})$$

où U_{10} et U_{100} désignent les valeurs centrées réduites de la loi de Gumbel relatives aux périodes de retour 10 ans et 100 ans respectivement.

□ Calcul du débit centennal par la méthode rationnelle

L'estimation du débit centennal peut également reposer sur l'application de la méthode rationnelle, à condition de prendre en compte l'évolution du coefficient de ruissellement qui tend à augmenter avec la période de retour de l'événement pluvieux, du fait de la saturation progressive des sols.

La méthode du Soil Conservation Service des Etats Unis, propose une formulation couramment admise de cette évolution.

Pour un événement donné, celle-ci s'écrit :

$$Cr = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P^2 + 0,8.S.P} \quad (i)$$

avec :	Cr :	coefficient de ruissellement lors de l'événement
	P :	pluviométrie de l'événement (mm)
	S :	rétenion maximale potentielle du bassin versant (mm)

Dans cette formulation, la rétenion maximale potentielle S est une constante du bassin versant. Sa valeur peut donc être estimée en écrivant l'équation (i) adaptée à l'événement décennal.

La résolution de cette équation du second degré conduit à $S \approx 110$ mm.

A partir de cette valeur de la rétenion maximale potentielle et de la pluviométrie centennale, on peut alors déterminer le coefficient de ruissellement théorique centennal Cr_{100} en appliquant la formule (i) à l'événement centennal.

On obtient ainsi : $Cr_{100} \approx 0,55$

En reprenant la formule rationnelle, on peut alors estimer le débit centennal du Reyran au droit du pont du péage :

$$Q_{100} = \frac{1}{3,6} \cdot Cr_{100} \cdot \frac{P_{100}^2}{tc} \cdot A$$

b) Résultats

Les résultats de l'estimation du débit centennal selon les deux méthodologies détaillées ci-avant sont les suivants :

Méthode d'estimation	Débit centennal au pont du péage (m ³ /s)
Gradex	213
Méthode rationnelle	191

L'écart entre les deux valeurs est relativement faible (voisin de 10 %). Afin d'aller dans le sens de la sécurité, nous retiendrons l'estimation obtenue par la méthode du Gradex, soit :

$$Q_{100} - \text{péage} \approx 213 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.2. DEBITS EN AMONT IMMEDIAT DE LA CONFLUENCE AVEC LE GARGALON

En amont immédiat de la confluence avec le Gargalon (soit environ 300 m en amont du pont du péage), la superficie du bassin versant du Reyran est voisine de 66 km².

Afin de déterminer les débits de crue en ce point du linéaire d'étude, nous appliquons la formule $Q = \alpha S^{0,8}$, qui signifie que, pour une occurrence donnée, le débit en un point du linéaire de cours d'eau est proportionnel à la superficie drainée élevée à la puissance 0,8.

Il est ainsi possible de déduire les débits de crue décennale et centennale en amont de la confluence avec le Gargalon, par extrapolation des débits retenus au pont de péage, soit :

Q_{10} amont Gargalon	$\approx 79 \text{ m}^3/\text{s}$
Q_{100} amont Gargalon	$\approx 196 \text{ m}^3/\text{s}$

III.3. SYNTHESE

Le tableau ci-dessous synthétise les débits de pointe retenus pour les crues décennale et centennale du Reyran.

Afin d'aller dans le sens de la sécurité, les débits estimés en amont immédiat de la confluence avec le Gargalon seront retenus pour l'ensemble du linéaire situé entre l'extrémité amont (pont de l'A.8) et la confluence avec le Gargalon, alors que sur le tronçon aval (entre le Gargalon et le pont du péage), la valeur estimée au pont du péage est retenue.

Tronçon	Débit décennal retenu (m ³ /s)	Débit centennal retenu (m ³ /s)
<i>Amont</i> : du pont de l'A.8 au Gargalon	79	196
<i>Aval</i> : du Gargalon au pont du péage	86	213

- B -

**CALCULS HYDRAULIQUES ET
CARTOGRAPHIE**

I. RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

Une reconnaissance de terrain approfondie a été réalisée, afin d'appréhender le fonctionnement hydraulique de la zone d'étude et d'implanter les profils en travers nécessaires à la modélisation des écoulements.

Au total, 23 profils en travers du lit mineur et des champs majeurs du Reyran ont été levés, sur un linéaire de 4,5 km environ.

Ces profils ont été levés par Paul COURBON, Géomètre Expert au Luc. Ils sont localisés en plan sur les planches 6 et rassemblés en annexe.

Les ouvrages présents sur le linéaire (ponceau, gués) ont également été levés et intégrés au modèle de calcul.

Les visites de terrain ont également permis d'apprécier la rugosité du lit, des berges et des champs majeurs, en fonction de l'entretien et de la densité de végétation.

II. PRINCIPES DE LA MODELISATION

Les calculs en ligne d'eau sont réalisés par modélisation des écoulements en régime permanent graduellement varié.

Le débit en un point du secteur étudié est alors considéré comme constant dans le temps.

Le modèle utilisé est le code de calcul HEC, développé par Hydrology Engineering Center (Davis, Californie, Etats-Unis). Il présente la particularité de gérer les changements de régime (passage infra à supra-critique et réciproquement) et permet la prise en compte des ouvrages de franchissement.

Le calage du modèle repose sur les observations de crues historiques (enquête auprès des riverains), complétées par une estimation sur le terrain des paramètres de rugosité du fond, des berges et du champ majeur.

Les coefficients de Strickler, représentatifs de cette rugosité, varient entre 7 (en champ majeur où la végétation est très dense) et 20 dans le lit mineur.

La condition aval imposée au modèle est la cote de hauteur normale au profil aval (P1), qui correspond au début du chenal bétonné qui s'étend du péage à la mer.

III. MODELISATION DE LA CRUE CENTENNALE DU REYRAN

Dans un premier temps, la modélisation a été réalisée pour la crue d'occurrence centennale, afin de déterminer les conditions d'écoulement (hauteurs, vitesses) et de procéder à la cartographie des zones inondables.

Les débits simulés sont les débits de pointe estimés lors de l'étude hydrologique, soit :

- 196 m³/s sur la majeure partie du linéaire (*profils P.4 à P.23*) ;
- 213 m³/s à l'aval de la confluence avec le Gargalon (*profils P.1 à P.3*).

La prise en compte d'un débit plus élevé sur la partie aval se justifie par le débouché du Gargalon, en amont immédiat du pont du péage (*cf. volet A étude hydrologique*).

III.1. RESULTATS

Les calculs de lignes d'eau réalisés pour la crue centennale du Reyran ont permis de définir, en chaque profil :

- La côte de ligne d'eau ;
- Les vitesses moyennes d'écoulement en lit mineur ainsi qu'en champs majeur droit et gauche ;
- La répartition des débits entre le lit mineur et les champs majeurs.

Les résultats obtenus sont présentés ci-après sous forme de tableau.

RESULTATS DE LA MODELISATION - CRUE CENTENNALE DU REYRAN

Profil n°	Distance cumulée (m)	Cote du fond (m NGF)	Cote de l'eau (m NGF)	Débit total (m3/s)	Répartition des débits (m3/s)			Vitesses moyennes (m/s)		
					Champ majeur gauche	Lit mineur	Champ majeur droit	Champ majeur gauche	Lit mineur	Champ majeur droit
23	4460	33.90	37.69	196	4.1	182.6	9.3	0.3	1.9	0.3
22	4250	32.11	35.82	196	1.0	173.8	21.2	0.5	5.2	1.3
21	3950	27.91	31.56	196	0.4	194.6	1.0	0.3	3.8	0.4
20	3810	26.52	30.20	196	6.5	189.0	0.5	0.8	4.2	0.3
19	3680	26.00	28.21	196	3.6	91.8	100.6	0.7	3.4	1.1
18	3420	22.82	26.84	196	12.6	95.4	88.1	0.5	2.1	0.6
17	3200	21.62	26.70	196	10.8	177.1	8.1	0.2	1.0	0.2
16	2820	21.57	26.58	196	26.4	152.4	17.2	0.3	1.0	0.3
15	2700	21.57	26.48	196	6.6	182.8	6.6	0.2	1.3	0.3
14	2570	21.58	26.36	196	2.1	178.7	15.2	0.3	1.6	0.3
13	2420	21.57	26.03	196	9.4	184.7	2.0	0.5	2.2	0.2
12	2370	21.61	25.99	196	6.1	180.8	9.1	0.4	1.9	0.4
11	2260	21.60	25.97	196	2.0	188.3	5.7	0.2	1.3	0.3
10	2030	21.57	25.87	196	2.5	193.2	0.4	0.2	1.1	0.1
9	1970	21.43	25.55	196	8.0	166.7	21.3	0.5	2.6	0.5
8	1680	21.40	24.74	196	2.6	175.6	17.8	0.5	2.5	0.5
7	1460	20.90	23.64	196	0.3	195.3	0.5	0.3	2.9	0.4
6	1280	20.79	22.74	196	9.0	179.3	7.7	0.4	2.0	0.4
5	830	17.56	20.40	196	11.2	137.0	47.8	0.6	3.0	0.7
4	570	16.00	19.49	196	0.8	149.2	46.0	0.2	1.6	0.4
3	350	15.28	19.31	213	8.4	175.1	29.6	0.3	1.1	0.3
2	120	15.31	18.96	213	1.6	210.9	0.5	0.2	1.9	0.2
1	0	15.08	17.82	213		213.0			3.9	

III.2. CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES

Les limites des zones inondées par la crue centennale ont été reportées sur le fond IGN et sont présentées ci-après sur les planches 6.

Ces limites ont été définies à partir des résultats de la modélisation, au droit de chaque profil en travers et interpolées entre les profils d'après les observations de terrain et les données topographiques disponibles.

En outre, la cartographie réalisée présente l'aléa inondation selon deux paramètres hydrauliques :

- **La hauteur de submersion** qui peut, au-delà de certaines limites, constituer une gêne sensible, voire un danger, pour les vies humaines et les constructions ;
- **La vitesse d'écoulement** qui traduit l'énergie de l'eau et donc sa capacité à charrier des corps flottants pouvant endommager des constructions.

Dans cet objectif, ont été représentées :

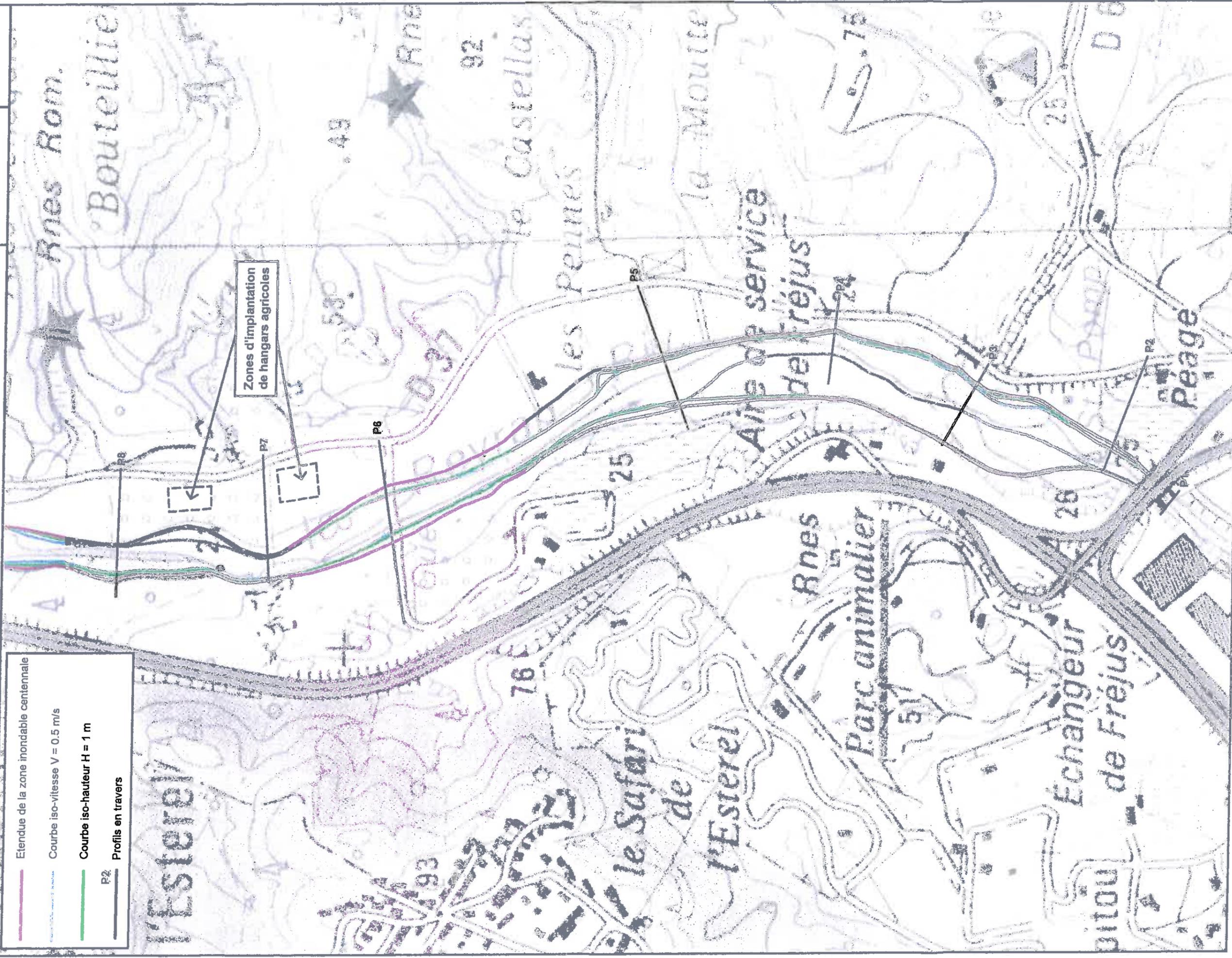
- **Les courbes isohauteurs 1 m**, qui marquent la limite des zones dont la hauteur de submersion dépasse 1 m ;
- **Les courbes isovitesses 0,5 m/s**, qui marquent la limite des zones où la vitesse d'écoulement dépasse 0,5 m/s.

De plus, les planches 7 présentent la courbe enveloppe de ces deux courbes, c'est à dire la limite des zones inondables où, à la fois, la hauteur d'eau est inférieure à 1 m et la vitesse d'écoulement inférieure à 0,5 m/s.

CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES PAR UNE CRUE CENTENNALE DU REYRAN



- Etendue de la zone inondable centennale
- Courbe iso-vitesse $V = 0.5 \text{ m/s}$
- Courbe iso-hauteur $H = 1 \text{ m}$
- P2 Profils en travers

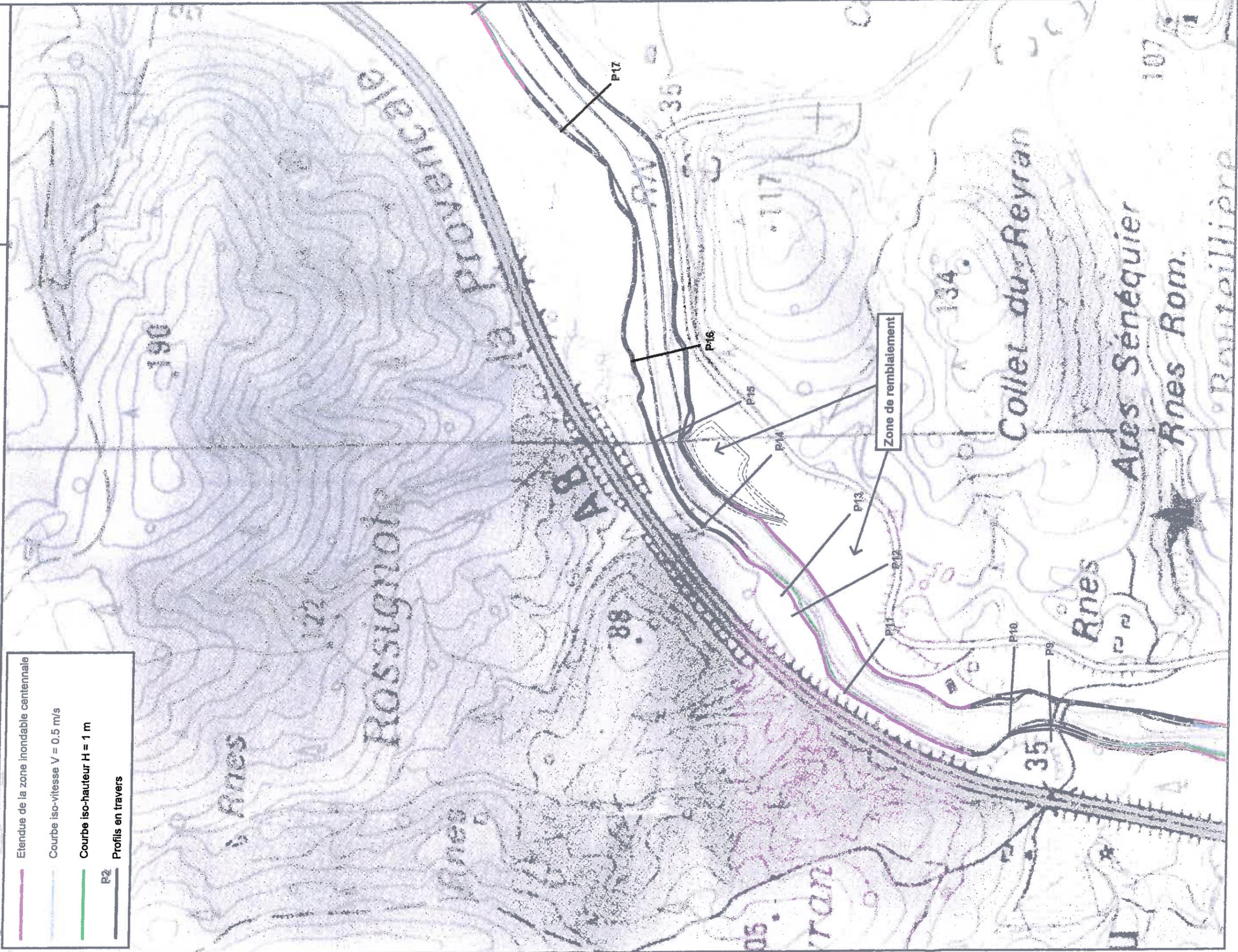


Zones d'implantation
de hangars agricoles

CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES PAR UNE CRUE CENTENNALE DU REYRAN



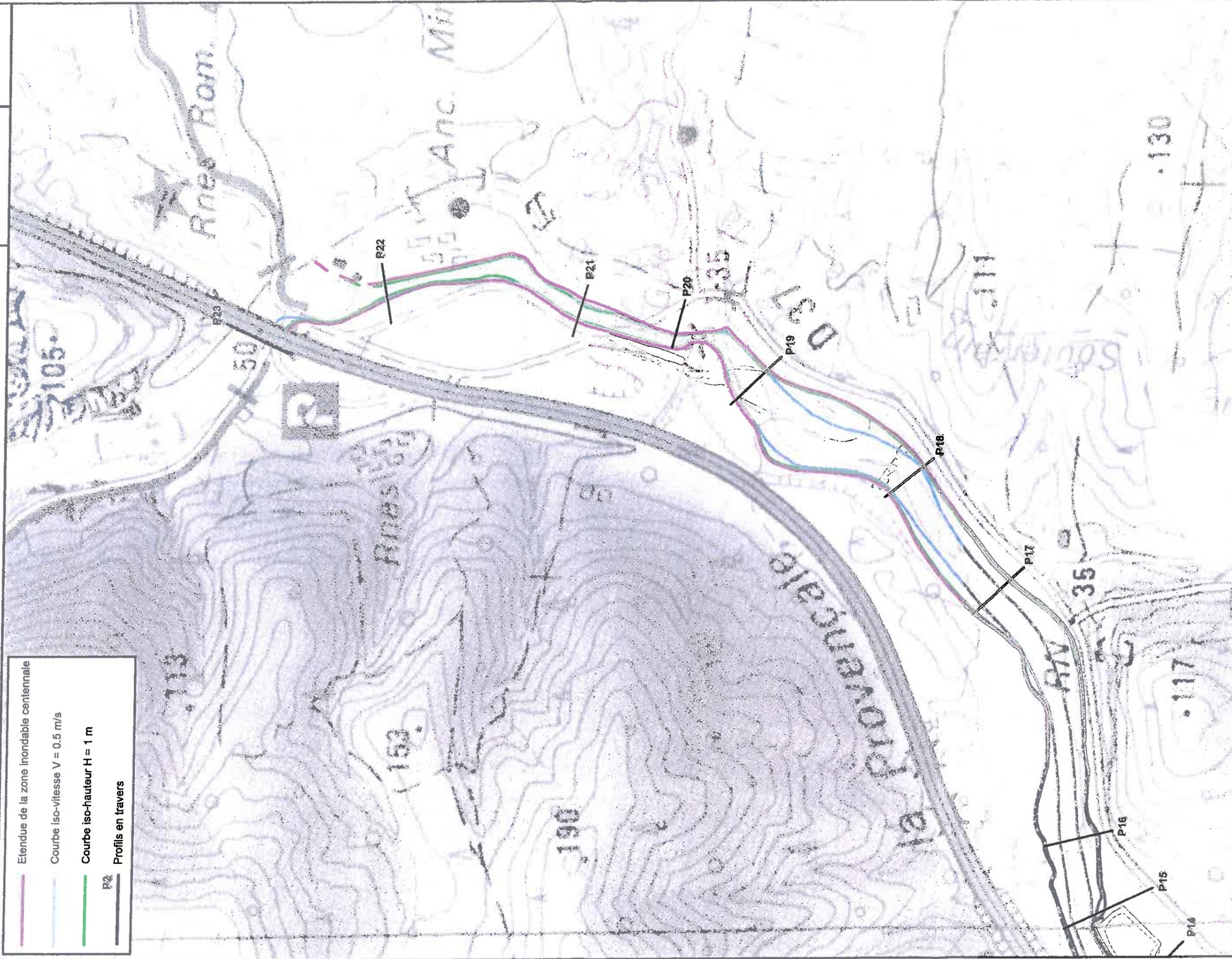
-  Etendue de la zone inondable centennale
-  Courbe iso-vitesse $V = 0.5 \text{ m/s}$
-  Courbe iso-hauteur $H = 1 \text{ m}$
-  P2 Profils en travers



CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES PAR UNE CRUE CENTENNALE DU REYRAN



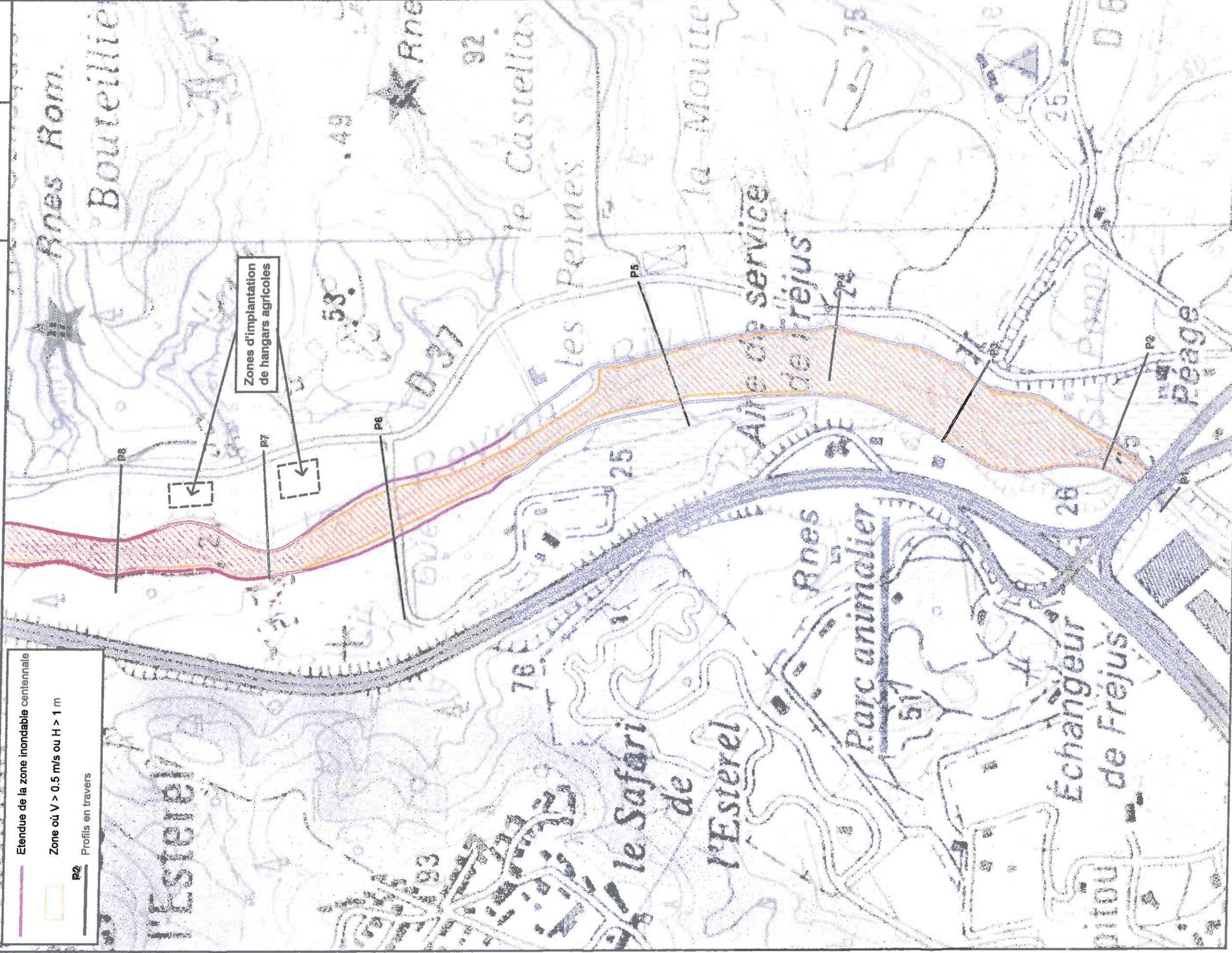
-  Etendue de la zone inondable centennale
-  Courbe iso-vitesse V = 0.5 m/s
-  Courbe iso-hauteur H = 1 m
-  P2
-  Profils en travers



DEFINITION DES ZONES OÙ V > 0.5 m/s OU H > 1 m



- Etendue de la zone inondable centennale
- Zone où V > 0.5 m/s ou H > 1 m
- P2 Profils en travers

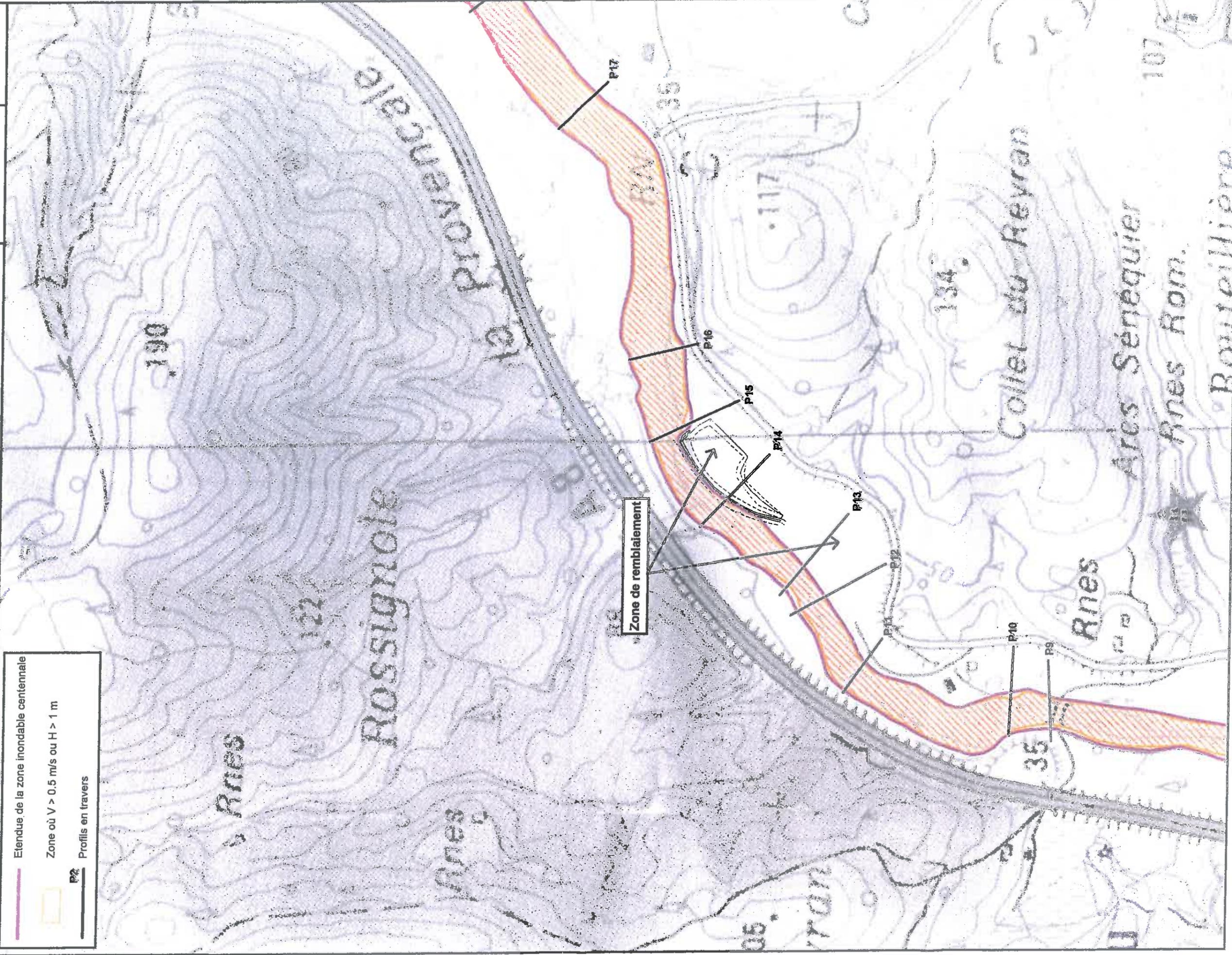


Zones d'implantation
de hangars agricoles

DEFINITION DES ZONES OÙ $V > 0.5 \text{ m/s}$ OU $H > 1 \text{ m}$



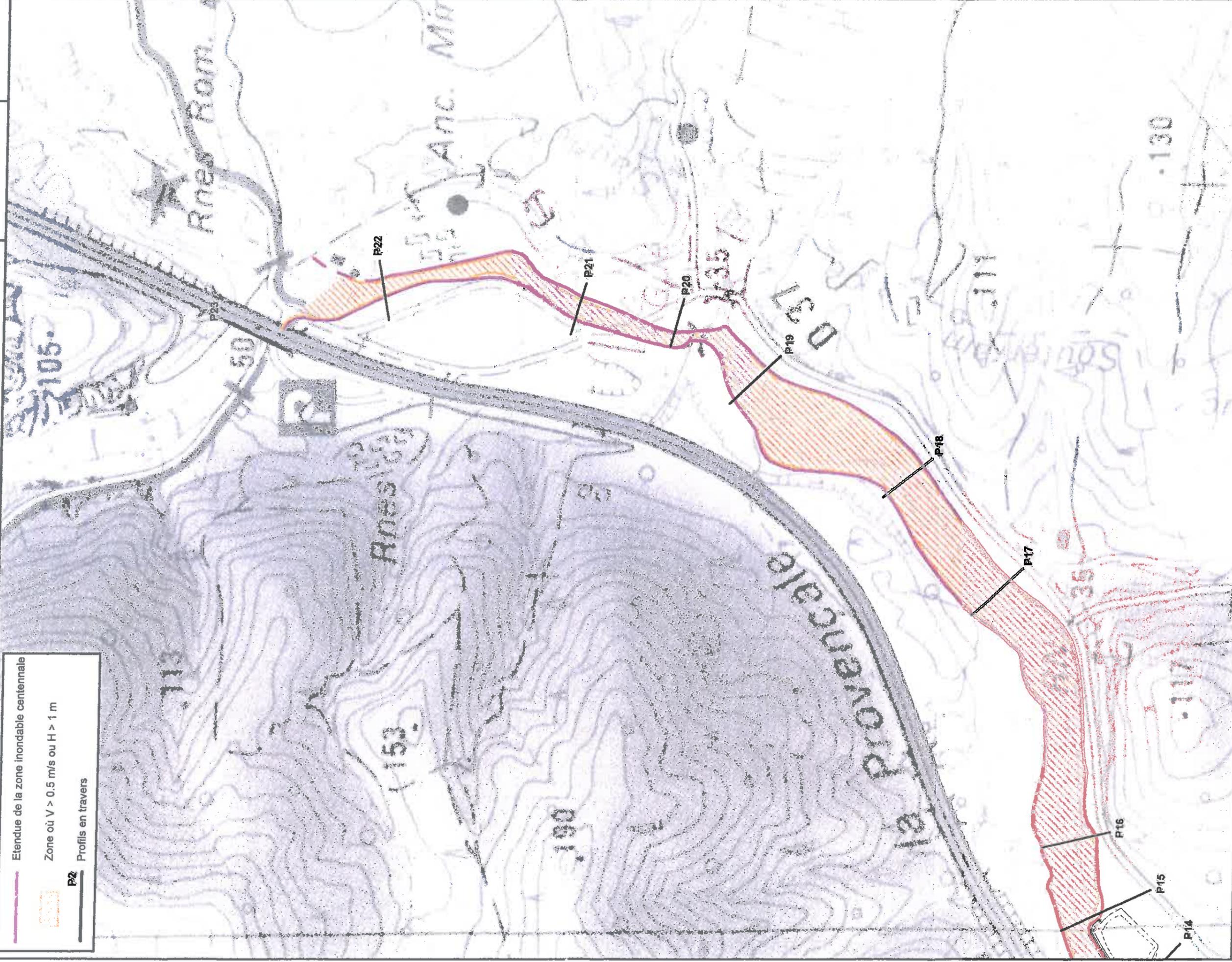
-  Etendue de la zone inondable centennale
-  Zone où $V > 0.5 \text{ m/s}$ ou $H > 1 \text{ m}$
-  P2 Profils en travers



DEFINITION DES ZONES OÙ $V > 0.5$ m/s OU $H > 1$ m



-  Etendue de la zone inondable centennale
-  Zone où $V > 0.5$ m/s ou $H > 1$ m
-  Profils en travers



III.3. INTERPRETATION DES RESULTATS

III.3.1. Analyse globale

L'examen des conditions d'écoulement de la crue centennale et du profil en long du Reyran sur le linéaire étudié (*cf. planche 8*) permet de distinguer quatre tronçons homogènes en terme de pente du lit et de conditions d'écoulement :

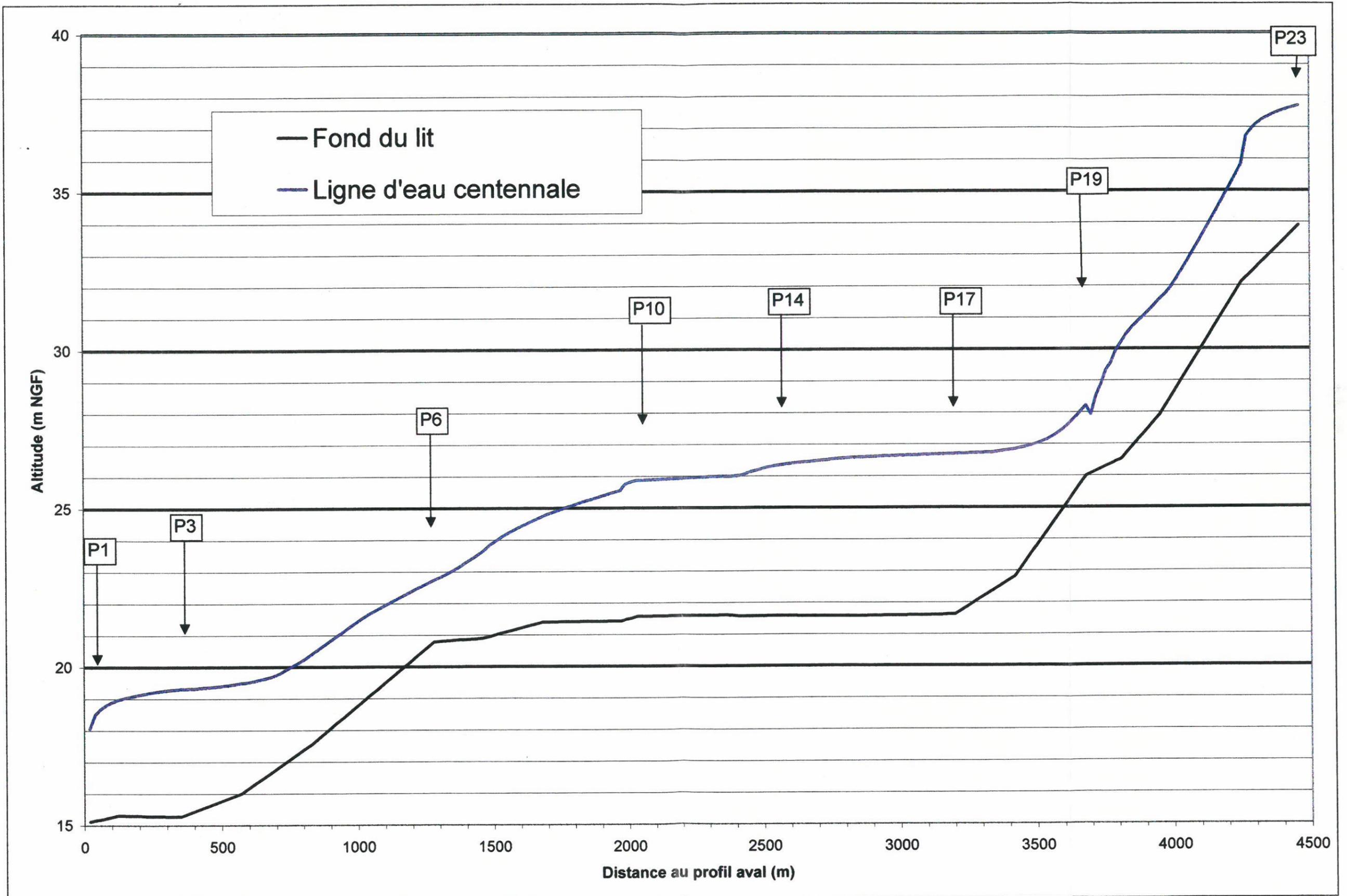
- **Sur le quart amont du linéaire (profils P. 23 à P. 17)**, le Reyran présente une pente relativement conséquente (1 % environ), qui se traduit par un régime d'écoulement en limite pluvial/torrentiel sur une partie du linéaire, avec des vitesses d'écoulement importantes en lit mineur (de 2 à 5 m/s environ).

Au niveau du profil 19, un ressaut se forme pour la crue centennale, traduisant le passage d'un régime torrentiel en amont à un régime fluvial en aval.

En effet, entre P. 19 et P. 17, malgré la pente importante, le régime d'écoulement est influencé par l'aval, où les hauteurs d'eau sont plus importantes et les vitesses plus faibles (*cf. planche 8*).

La zone inondable, de faible extension latérale entre P. 22 et P. 20 (20 à 35 m de largeur environ), s'élargit entre P. 19 et P. 17 (60 à 70 m de largeur moyenne, atteignant environ 120 m entre P. 19 et P. 18, dans une zone de divagation du cours d'eau).

- **Le deuxième tronçon**, constitué des profils P. 17 à P. 6, se caractérise par une pente très faible (0,05 % en moyenne), qui entraîne des hauteurs d'eau importantes (4 à 5 m environ pour la crue centennale), et des vitesses d'écoulement modestes (entre 1 et 3 m/s en moyenne en lit mineur, et 0,1 à 0,5 m/s en moyenne en champs majeurs).



La largeur du lit majeur est assez restreinte sur l'ensemble de ce tronçon, variant généralement entre 40 et 60 m. Ainsi, pour la crue centennale, le Reyran reste confiné entre, en rive droite, le versant très raide sur lequel est implantée l'autoroute A.8, et, en rive gauche, un talus nettement marqué sur l'ensemble du tronçon, et qui prend la forme d'une digue entre les profils P. 14 et P. 9, le champ majeur gauche ayant fait l'objet d'extraction de matériaux (zone qu'il est actuellement projeté de remblayer).

- **Le troisième tronçon**, situé entre les profils P. 6 et P. 3, présente une pente moyenne nettement supérieure au tronçon précédent, de l'ordre de 0,5 % en moyenne.

Les vitesses d'écoulement restent toutefois modérées (1 à 3 m/s en lit mineur, et 0,2 à 0,7 m/s en moyenne en champs majeurs).

La zone inondable par la crue centennale s'étend sur ce tronçon sur une largeur de 80 à 100 m en moyenne, et concerne uniquement les étendues densément boisées qui longent le Reyran.

En rive gauche, la terrasse constituée d'étendues cultivées et limitées à l'Est par la R.D. 37 n'est pas inondable par la crue centennale (à fortiori la R.D. 37 est hors d'eau sur l'ensemble du linéaire d'étude).

- **Le quatrième tronçon**, correspond en réalité à l'extrémité aval du linéaire d'étude (en aval de la confluence avec le Gargalon), sur lequel la pente du lit redevient faible (de l'ordre de 0,1 %).

La présence en aval du tronçon du grand chenal bétonné, se traduit par une ligne d'abaissement, c'est à dire une diminution de la hauteur d'eau de l'amont vers l'aval, couplée avec une augmentation progressive de la vitesse en lit mineur, voisine de 1 m/s en P3, 2 m/s en P4 et 4 m³/s à l'entrée du chenal béton (P1).

III.3.2. Analyse de détail au droit des zones de projet

L'objectif de cette partie est d'affiner la connaissance des conditions d'écoulement de la crue centennale du Reyran au droit des deux zones de projet :

- Zone de remblaiement (profils P. 14 à P. 9) ;

- Zone d'implantation de deux hangars agricoles (entre P.8 et P. 6).

III.3.2.1. Zone de remblaiement

La Société ESTEREL GRANULATS envisage de remblayer des terrains situés en rive gauche du Reyran, et qui ont fait l'objet d'extractions de matériaux lors des dernières décennies.

En situation actuelle, cette zone est séparée du Reyran par une digue, et forme une sorte de petit plan d'eau sur sa partie Nord.

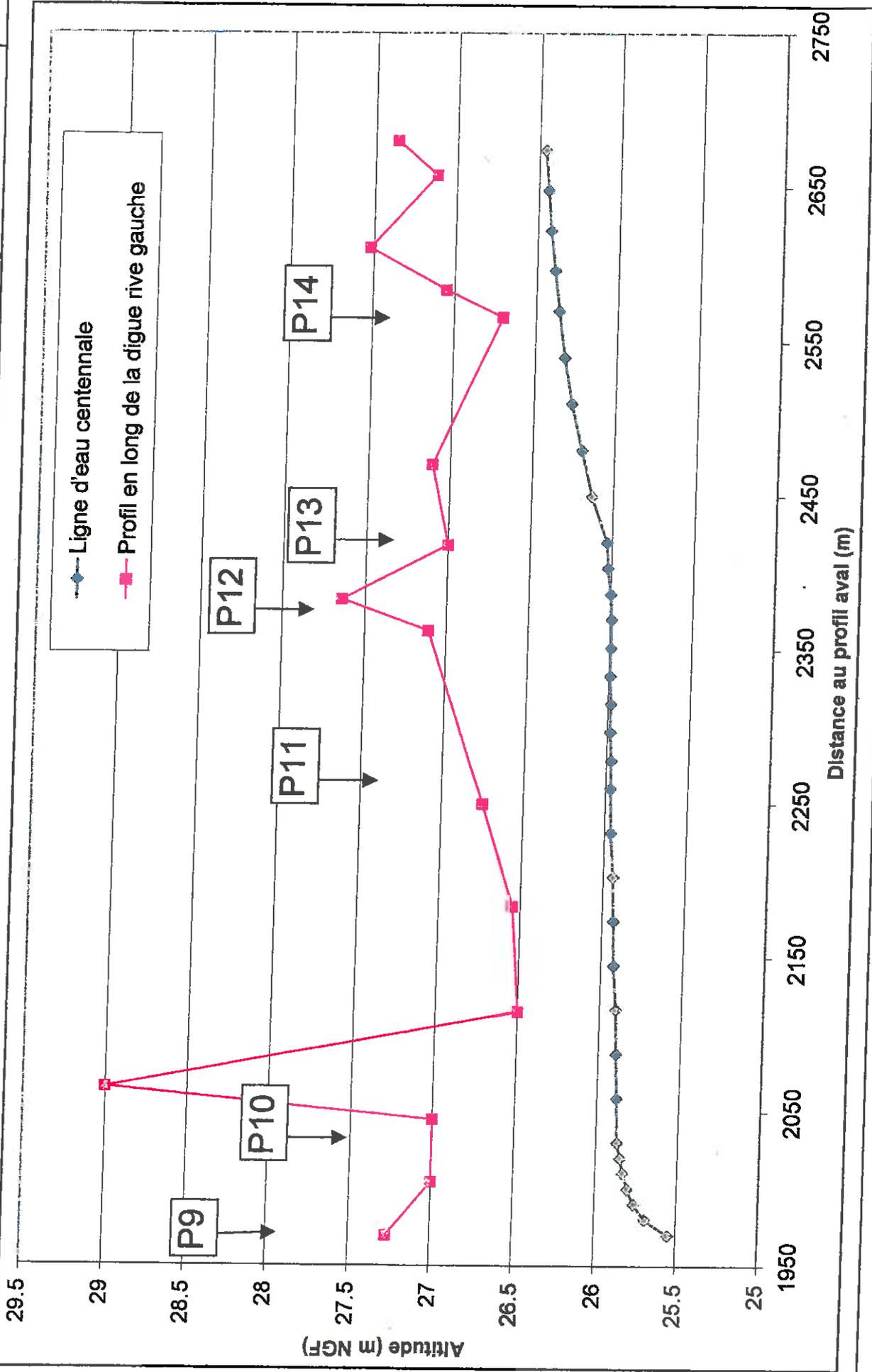
Un des enjeux de l'étude est de vérifier si ces terrains sont inondables lors d'une crue centennale du Reyran, auquel cas leur remblaiement pourrait limiter une zone d'expansion de crue, artificiellement créée du fait des extractions de matériaux.

Or, la modélisation des écoulements a permis d'établir que, dans la configuration actuelle d'endiguement, les terrains qu'il est projeté de remblayer ne sont pas inondables par une crue centennale. Ceci est mis en évidence sur la planche 9, qui présente le profil en long de la digue, entre les profils P. 9 et P. 14, sur lequel a été reportée la ligne d'eau centennale.

La revanche au-dessus de la ligne d'eau centennale, voisine de 0,6 à 1 m en moyenne, avoisine les 40 cm au minimum, au droit du profil P. 14.

Par conséquent, la zone qu'il est projeté de remblayer n'étant pas inondable pour une crue centennale, l'incidence du remblaiement sur l'écoulement des crues sera nulle, au moins jusqu'à l'occurrence centennale.

ZONE DE REMBLAIEMENT : Comparaison du profil en long de la digue avec la ligne d'eau centennale du Reyran



III.3.2.2. Zone d'implantation de deux hangars

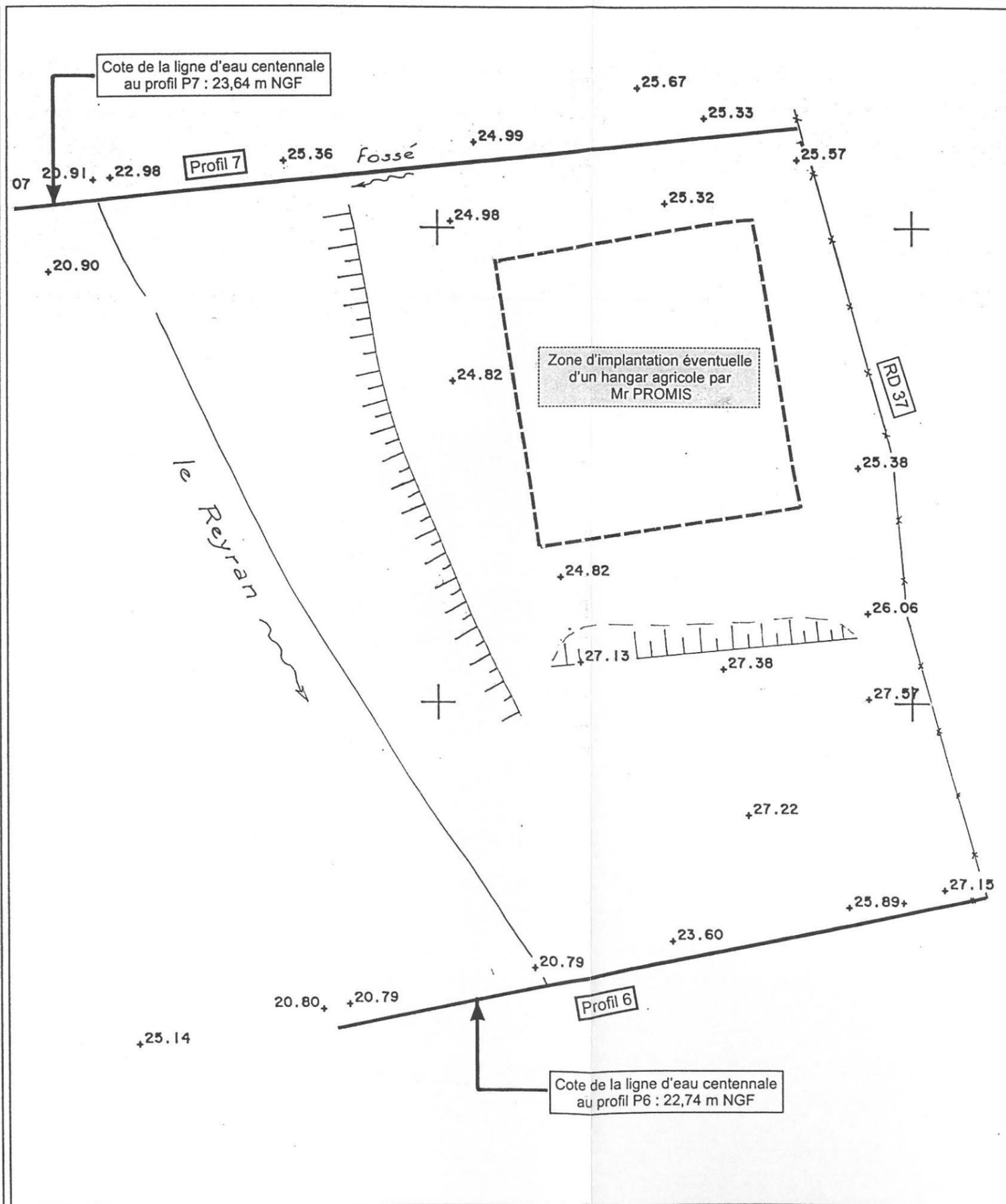
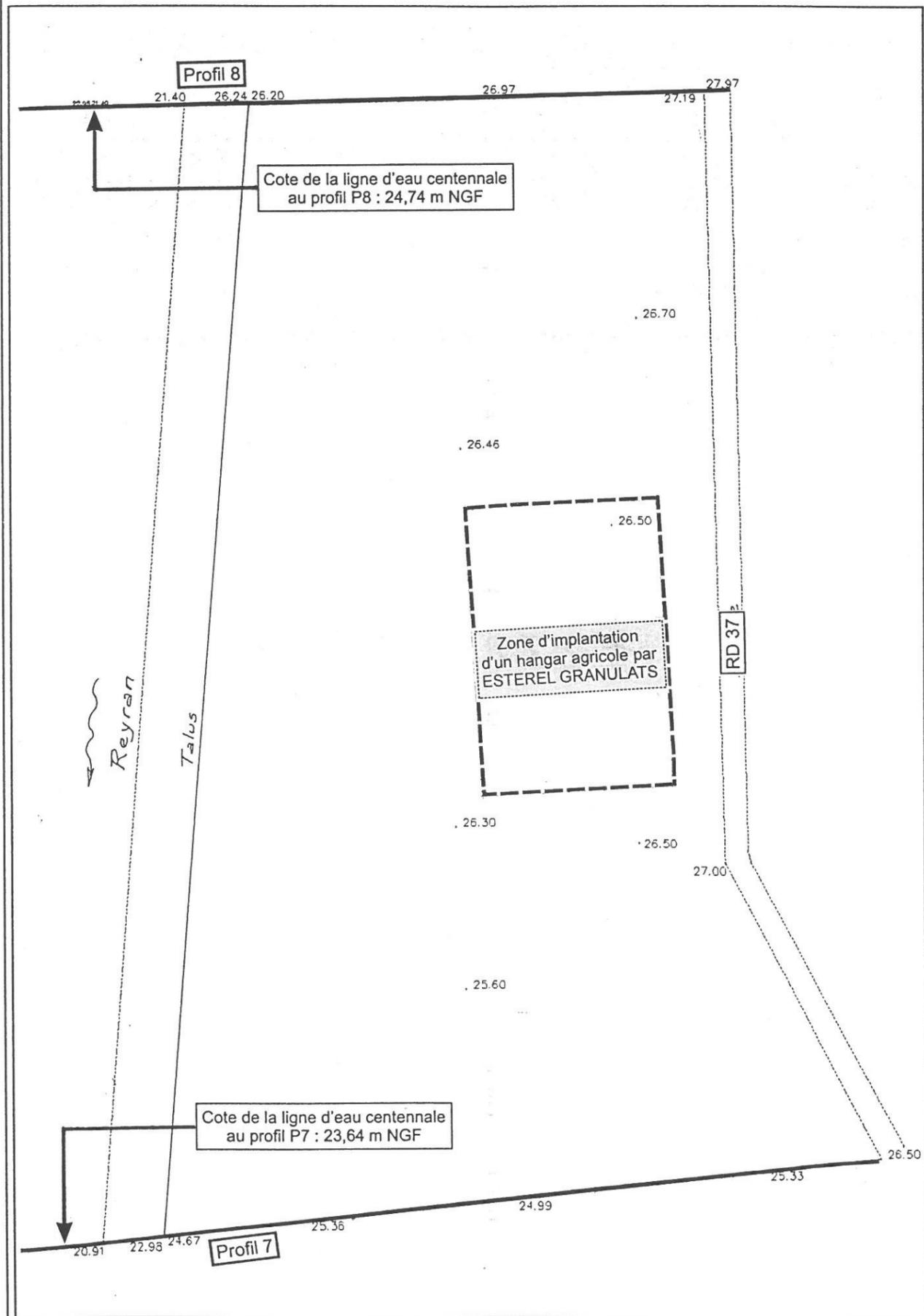
Les projets d'implantation de hangars en rive gauche du Reyran, entre ce dernier et la R.D.37, concernent :

- la création, par la Société Esterel Granulats, d'un hangar agricole entre les profils P. 7 et P.8 ;
- la création éventuelle, par M. PROHIS d'un hangar agricole entre les profils P. 6 et P. 7.

La planche 10 présente les plans topographiques au 1/1000^{ème} réalisés sur les zones d'implantation projetées des hangars en vue d'affiner la connaissance du risque inondations sur ces secteurs.

Il apparaît, par comparaison des cotes d'eau centennales et du niveau du terrain naturel au droit des futurs hangars, que ceux-ci ne seront pas situés en zone inondable par la crue centennale, la revanche entre terrain naturel et ligne d'eau étant de l'ordre de 1,5 m au minimum en ce qui concerne le hangar prévu entre P. 7 et P. 8, et de l'ordre de 1,2 m au minimum pour le hangar prévu entre P 6 et P 7.

En conséquence, l'incidence hydraulique de l'implantation de hangars agricoles telle que représentée sur la planche 10, est nulle au moins jusqu'à l'occurrence centennale.



IV. MODELISATION DE LA CRUE DECENNALE

A titre indicatif, une modélisation des écoulements a été menée pour la crue décennale.

Les débits simulés sont les débits de pointe estimés lors de l'étude hydrologique, soit :

- 79 m³/s sur la majeure partie du linéaire (profils P. 4 à P. 23) ;
- 86 m³/s à l'aval de la confluence avec le Gargalon (profils P. 1 à P. 3), afin de prendre en compte les apports de ce cours d'eau.

Les calculs de ligne d'eau réalisés pour la crue décennale du Reyran ont permis de définir, en chaque profil :

- la cote de la ligne d'eau
- les vitesses moyennes d'écoulement en lit mineur ainsi qu'en champs majeurs droit et gauche
- la répartition des débits entre le lit mineur et les champs majeurs.

Le tableau page suivante synthétise les résultats obtenus.

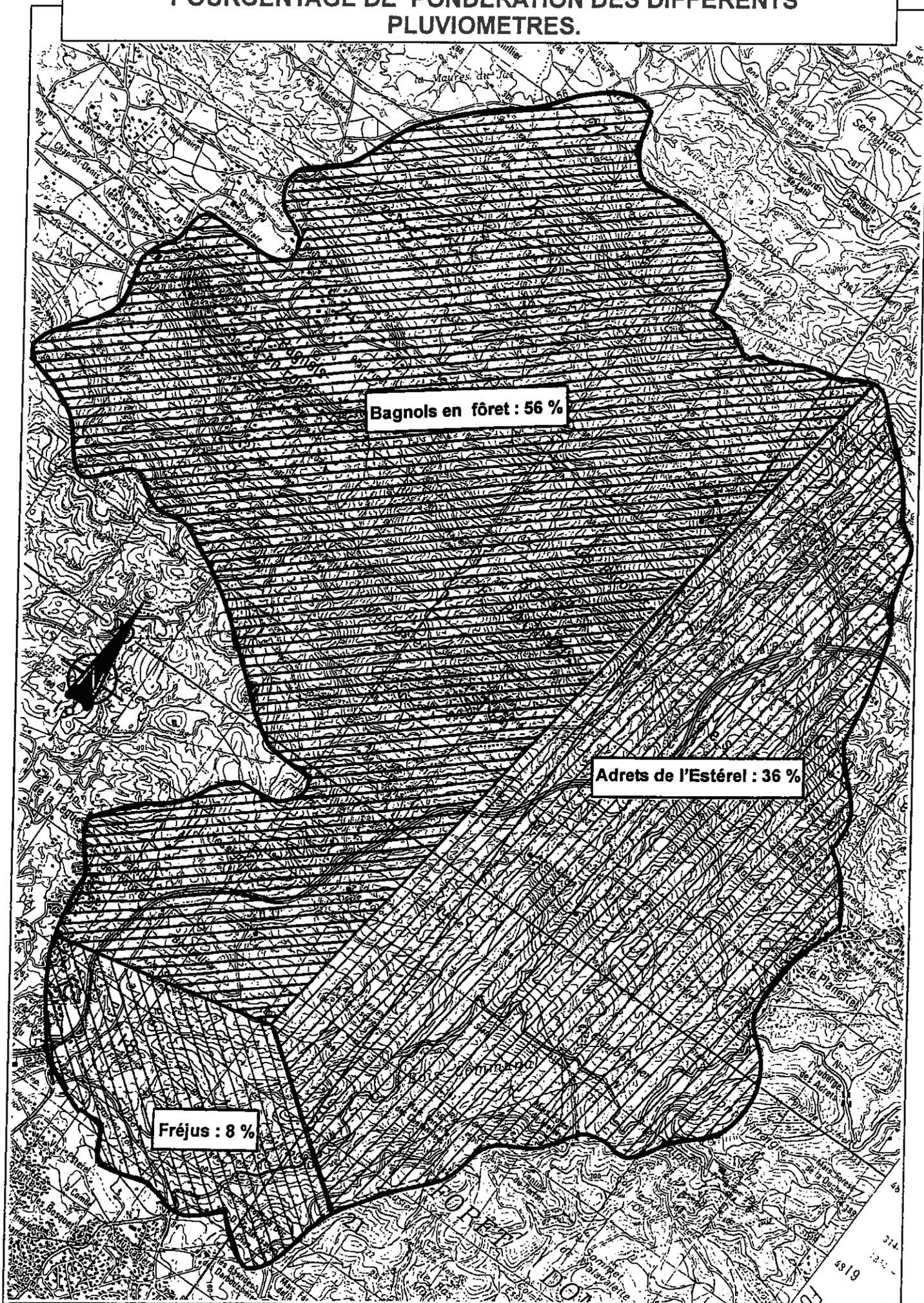
RESULTATS DE LA MODELISATION - CRUE DECENNALE DU REYRAN

Profil n°	Distance cumulée (m)	Cote du fond (m NGF)	Cote de l'eau (m NGF)	Débit total (m3/s)	Répartition des débits (m3/s)			Vitesses moyennes (m/s)			
					Champ majeur gauche	Lit mineur	Champ majeur droit	Champ majeur gauche	Lit mineur	Champ majeur droit	
23	4460	33.90	35.98	79		79.0				1.7	
22	4250	32.11	34.50	79		72.7	6.3			3.7	0.9
21	3950	27.91	30.18	79		79.0				2.9	
20	3810	26.52	28.90	79	0.4	78.5	0.1	0.3		2.8	0.2
19	3680	26.00	27.29	79	0.9	39.0	39.1	0.5		2.5	0.8
18	3420	22.82	25.18	79	3.8	42.1	33.1	0.4		1.6	0.5
17	3200	21.62	25.02	79	1.2	75.6	2.3	0.1		0.7	0.1
16	2820	21.57	24.92	79	8.5	64.9	5.6	0.2		0.7	0.2
15	2700	21.57	24.86	79	0.1	77.4	1.6	0.0		0.9	0.2
14	2570	21.58	24.78	79	0.3	76.7	2.0	0.1		1.0	0.2
13	2420	21.57	24.58	79	2.8	76.2		0.3		1.4	
12	2370	21.61	24.55	79	1.7	74.9	2.4	0.2		1.2	0.2
11	2260	21.60	24.51	79	0.6	77.4	1.1	0.1		0.8	0.1
10	2030	21.57	24.44	79	0.9	78.0	0.0	0.1		0.7	0.1
9	1970	21.43	24.29	79	2.4	71.7	4.9	0.3		1.6	0.3
8	1680	21.40	23.53	79	0.7	75.9	2.4	0.3		1.7	0.3
7	1460	20.90	22.77	79		79.0	0.1			1.8	0.2
6	1280	20.79	21.89	79	2.2	75.1	1.8	0.3		1.5	0.3
5	830	17.56	19.44	79	1.8	68.2	9.0	0.4		2.3	0.4
4	570	16.00	18.12	79	0.0	72.7	6.3	0.1		1.5	0.2
3	350	15.28	17.79	86	1.3	78.8	5.9	0.1		0.8	0.2
2	120	15.31	17.53	86	0.2	85.6	0.1	0.2		1.3	0.1
1	0	15.08	16.75	86		86.0				2.9	

ANNEXES

ANNEXE 1 :
DECOUPAGE DU BASSIN VERSANT
EN POLYGONES DE THIESSEN

**DECOUPAGE DU BASSIN VERSANT EN POLYGONES DE THIESSEN
POURCENTAGE DE PONDERATION DES DIFFERENTS
PLUVIOMETRES.**



ANNEXE 2 :
STATION HYDROMETRIQUE DE
SAINTE-BRIGITTE



Y5325010 Le Reyran à Fréjus [Ste-Brigitte] - 71 km2
 Zone hydrographique : Y5325010 Altitude : 15 m Département : 83 Var
 Producteur : DIREN PACA Tél. : 4.42.66.65.68
 E-Mail : philippe.blanc@paca.environnement.gouv.fr



CARACTERISTIQUES GENERALES D'UNE STATION

Généralités

Cours d'eau : Le Reyran	Précision cours d'eau :
Département : Var	Type de station : Station à une échelle
Bassin versant topographique (km2) : 71.000	Bassin versant réel (km2) : 71.000 Connu
Type de projection : LAMBERT II étendu	Unité débit : m3/s Unité section : m2 Unité hauteur : cm
Date de mise en service : 01 avri 1970 12:00	Date de mise hors service :
Données consultables :	Code Jacquet :
	Statut : Station avec signification hydrologique

Producteur

Principal : DIREN PACA	Associé :
------------------------	-----------

Commentaires

Station de mesures jugée indispensable après la catastrophe de Malpasset, couplée à un pluviographe, elle enregistre en continu les données nécessaires à la bonne connaissance de ce bassin versant.

Localisation

Du	Au	X (m)	Y (m)	Tronçon hydrographique	Pkm	Libellé de la carte
01 avri 1970 12:00		956 835	1 840 071	Y5325010		Y5325010.101

Commentaire :

Y5325010 Le Reyran à Fréjus [Ste-Brigitte] - 71 km2

Zc hydrographique : Y5325010

Altitude : 15 m

Département : 83 Var

Producteur : DIREN PACA

Tél. : 4.42.66.65.68

E-Mail : philippe.blanc@paca.environnement.gouv.fr



DONNEES DISPONIBLES

Débits :

- Absents
- Provisoires
- Invalidés
- Validés douteux
- Validés bons

Hauteurs :

- Absentes
- Présentes

(Les années incomplètes sont représentées par des X.)

Année	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	
Débits													XXXXXX									
Hauteurs																						
Année	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Débits													XXXX		XXXX							XXXX
Hauteurs																						

Y5325010 Le Reyran à Fréjus [Ste-Brigitte] - 71 km2

Code hydrographique : Y5325010

Altitude : 15 m

Département : 83 Var

Producteur : DIREN PACA

Tél. : 4.42.66.65.68

E-Mail : philippe.blanc@paca.environnement.gouv.fr



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Finalité de la station : Hydrométrie générale

Régime

Premier mois de l'année hydrologique : septembre

Premier mois de l'année d'étiage : janvier

Loi pour le module : Galton

Loi pour les étiages : Galton

Régime influencé : Pas ou faiblement

Commentaire sur l'influence :

Qualité globale des mesures

En basses eaux : Bonne

Commentaire :

En moyennes eaux : Bonne

Commentaire :

En hautes eaux : Bonne

Commentaire :

Altitude du zéro de l'échelle

Du	Au	Zéro de l'échelle (m)	Nivellement
01 avri 1970 12:00		15.370	NGF 1884



Banque Nationale de Données pour l'Hydrométrie et l'Hydrologie

Données extraites le 05/10/1999



Y5325010 Le Reyran à Fréjus [Ste-Brigitte] - 71 km2
 Zone hydrographique : Y5325010 Altitude : 15 m Département : 83 Var
 Producteur : DIREN PACA
 E-Mail : philippe.bianc@paca.environnement.gouv.fr
 Tél. : 4.42.66.65.68

CARTE DE LOCALISATION

Période début : 01 avril 1970

fin :

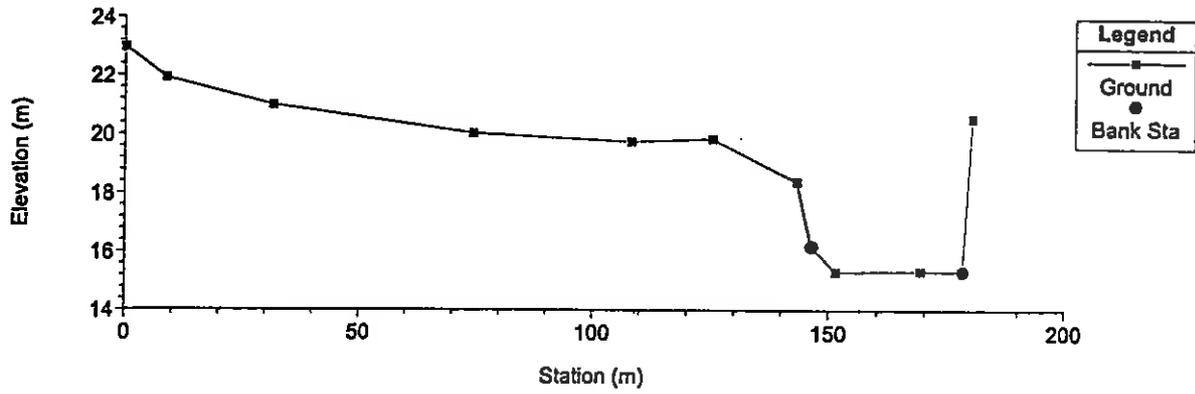
Coordonnées X : 956 835 Y : 1 840 071



ANNEXE 3 :
PROFILS EN TRAVERS DU REYRAN

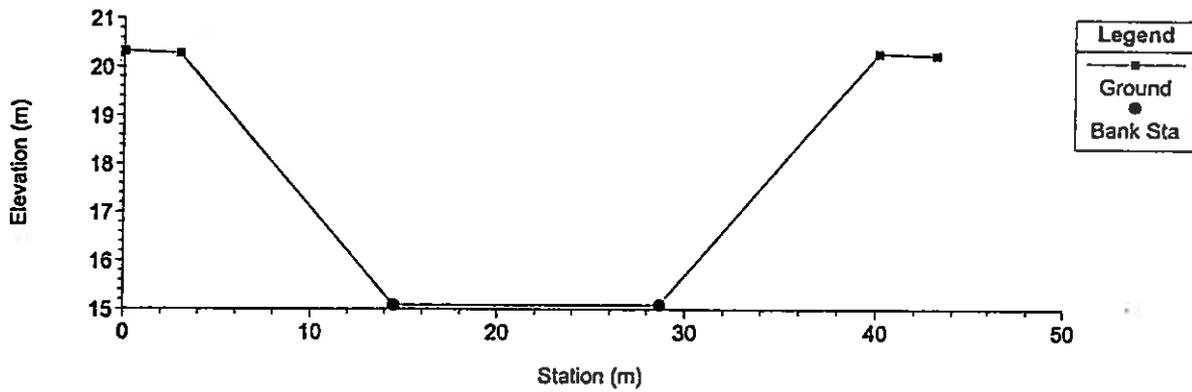
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 2



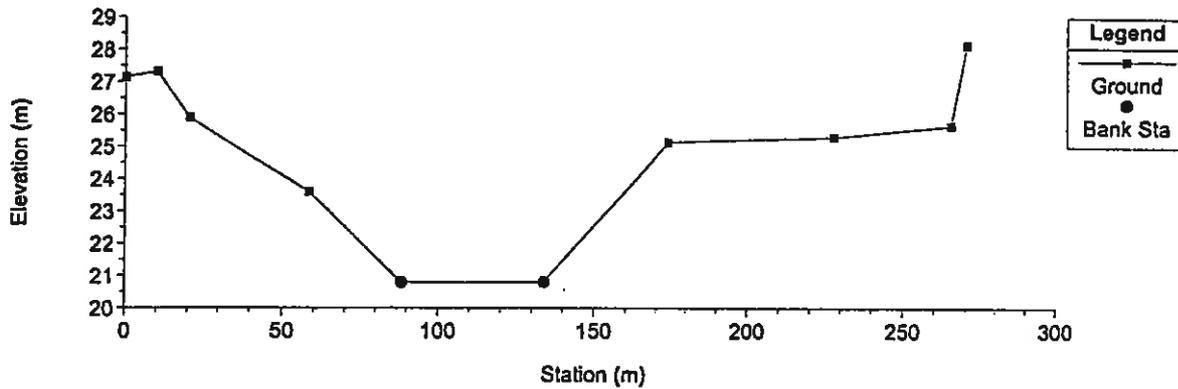
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 1



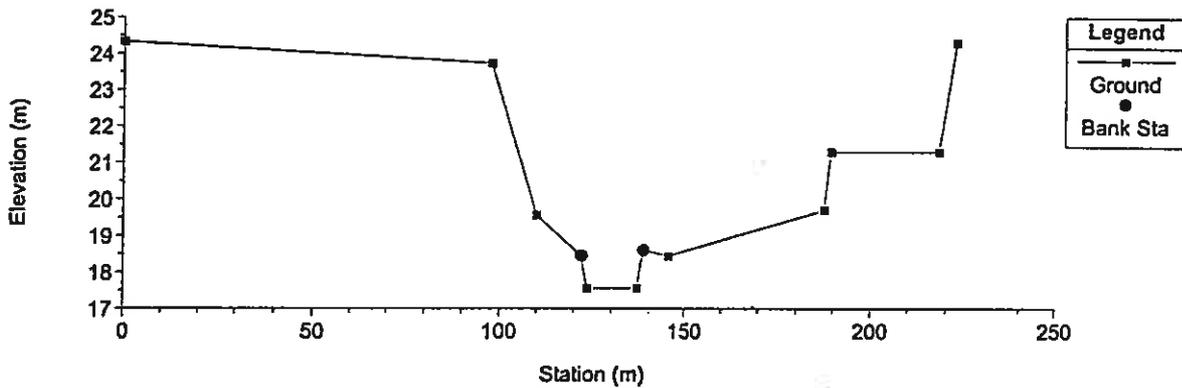
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 6



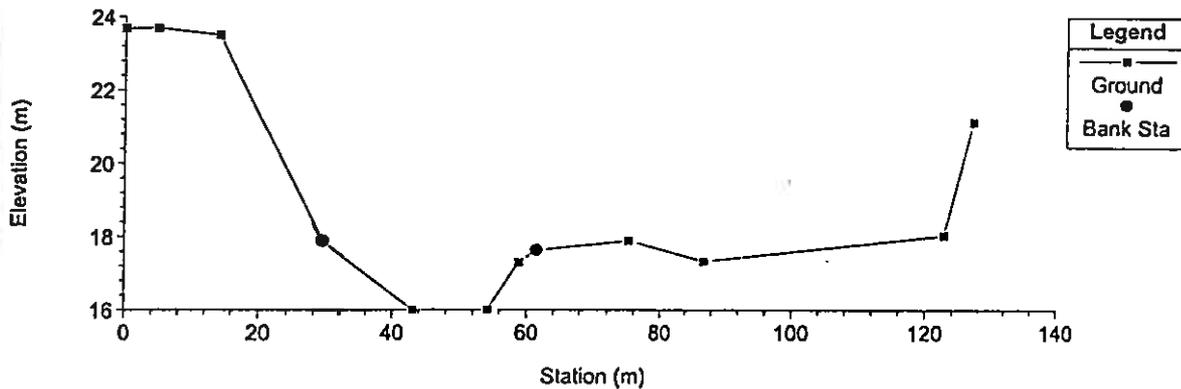
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 5



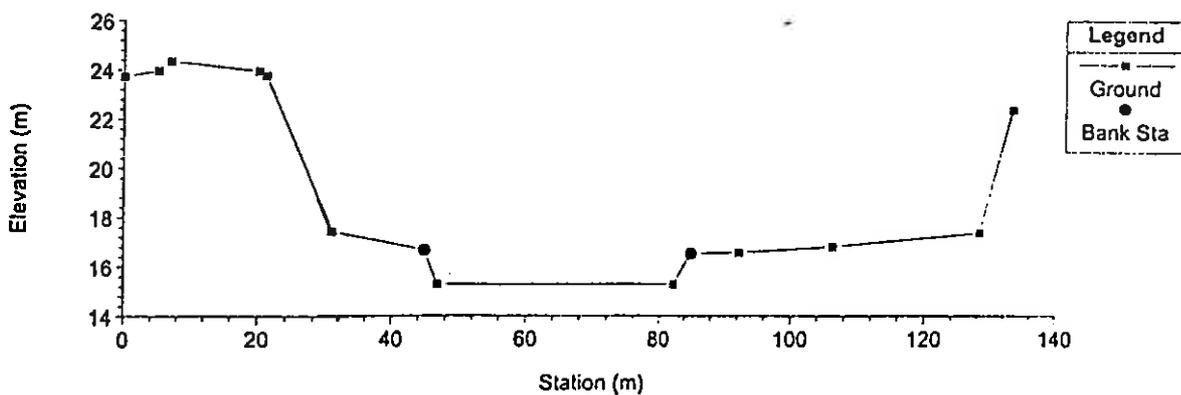
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 4

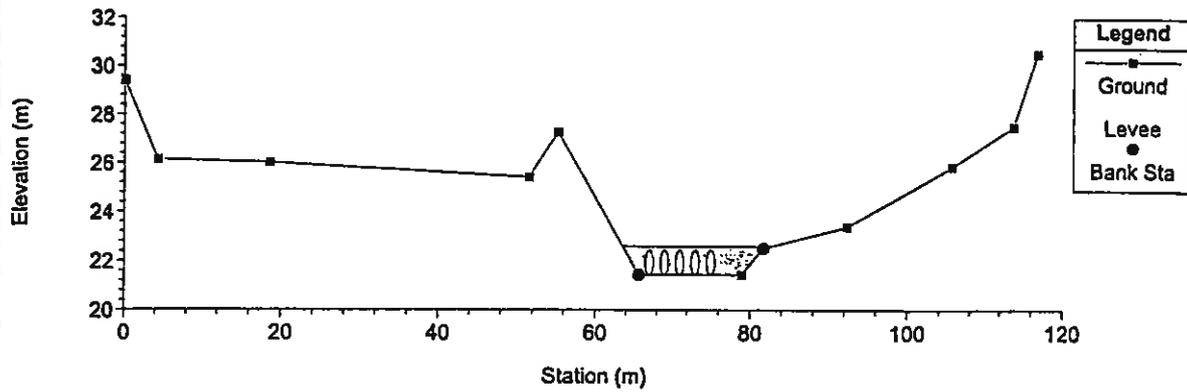


Etude hydraulique du Reyran (83)

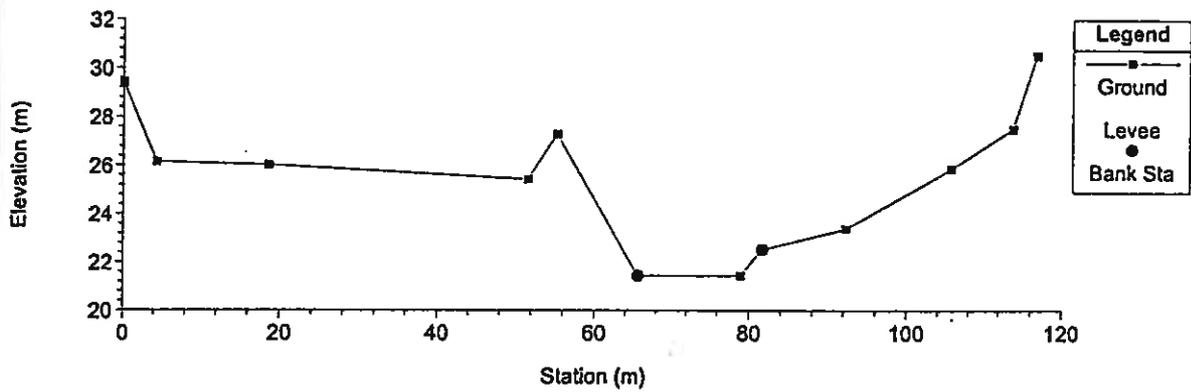
RS = 3



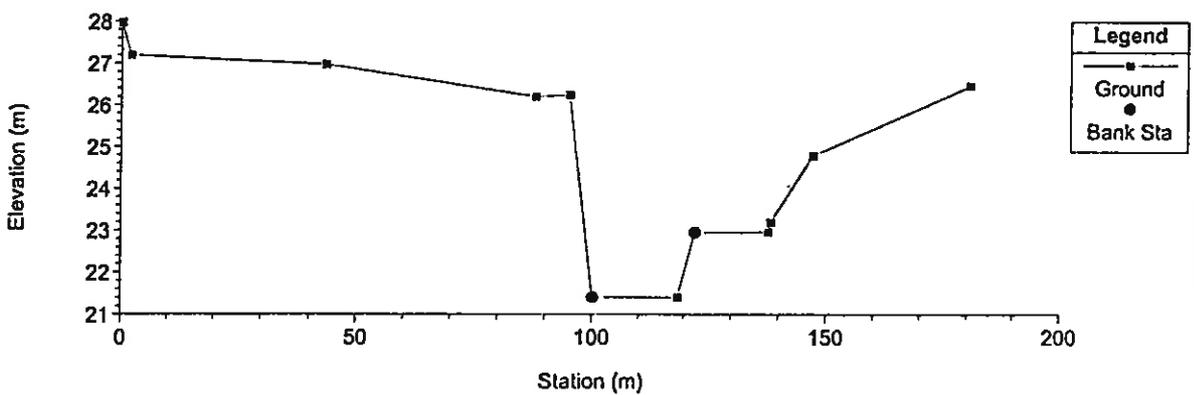
Etude hydraulique du Reyran (83)
RS = 8.9



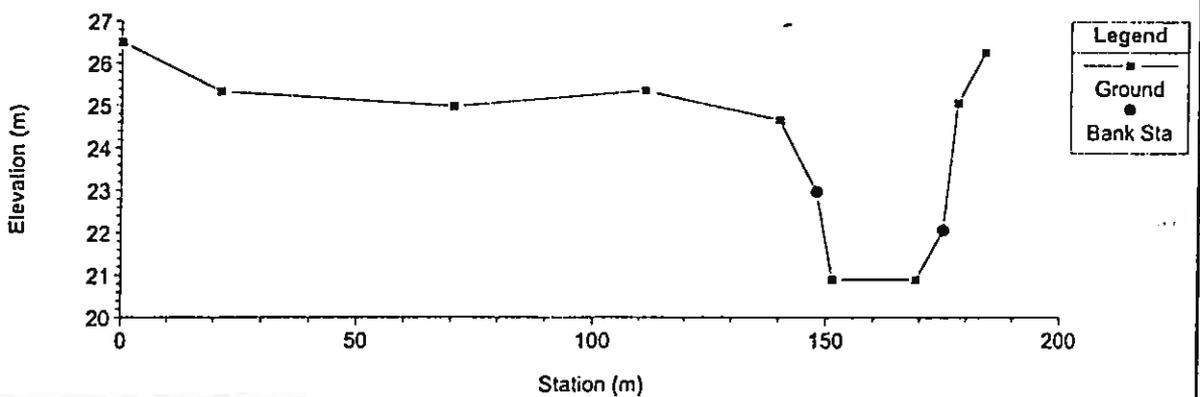
Etude hydraulique du Reyran (83)
RS = 8.8



Etude hydraulique du Reyran (83)
RS = 8

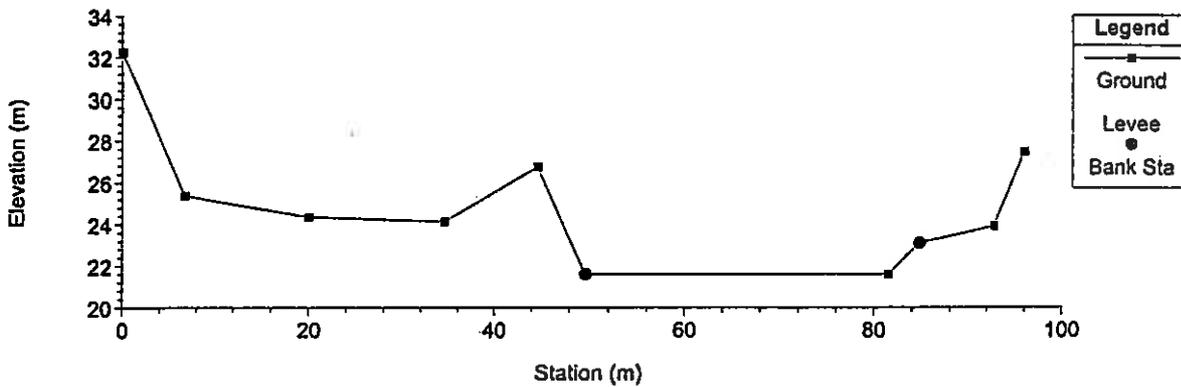


Etude hydraulique du Reyran (83)
RS = 7



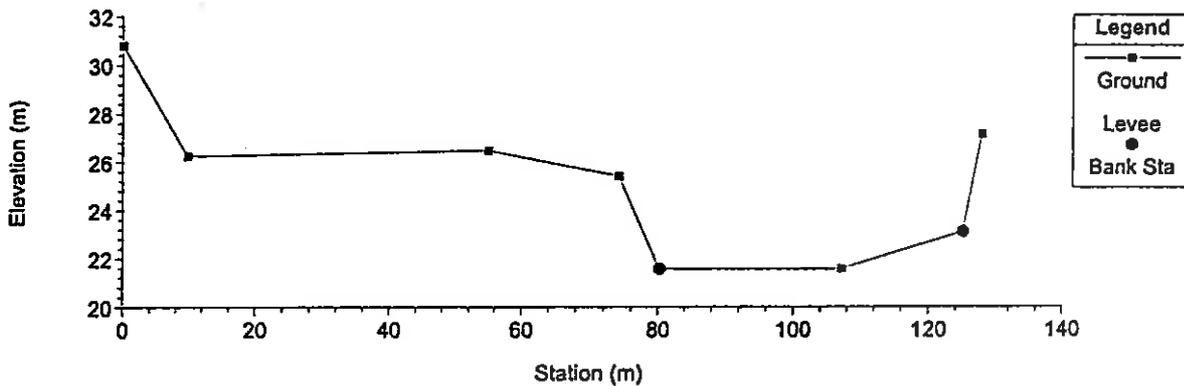
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 11



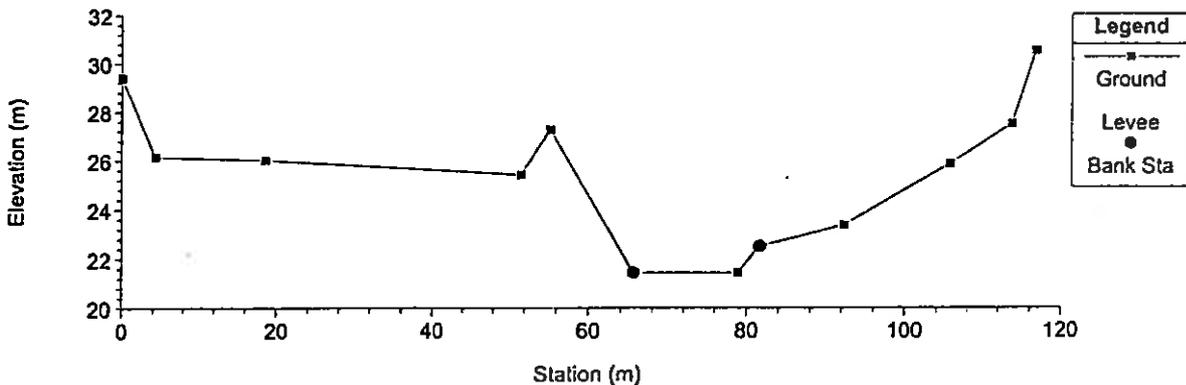
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 10



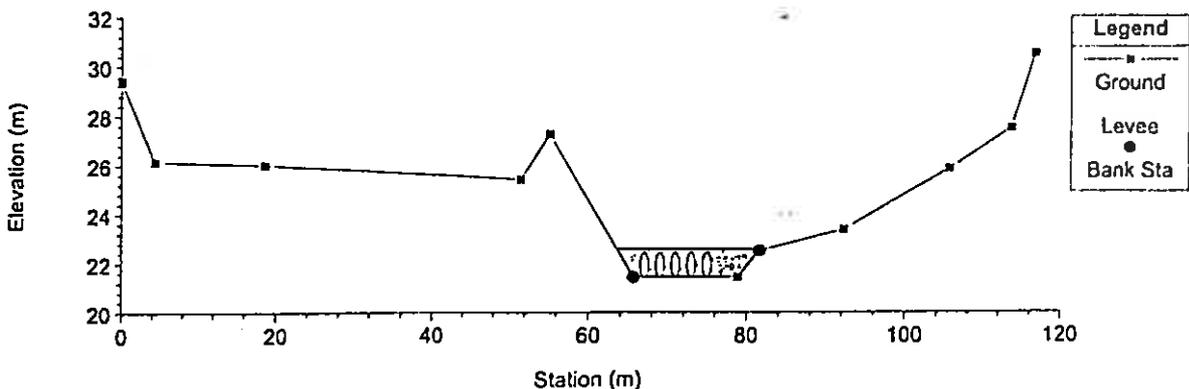
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 9



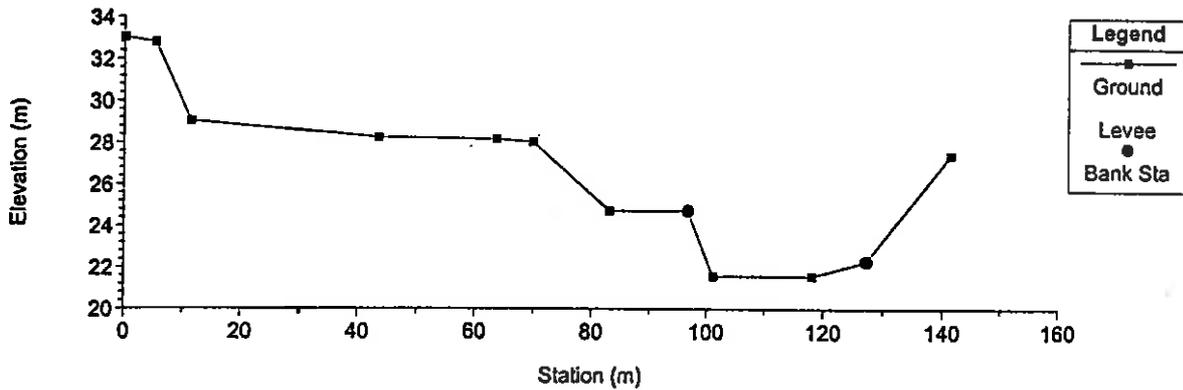
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 8.9



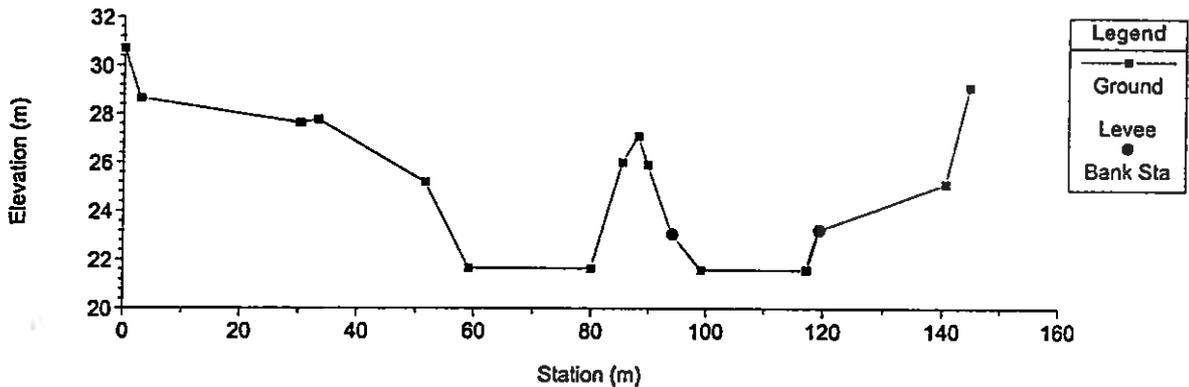
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 15.



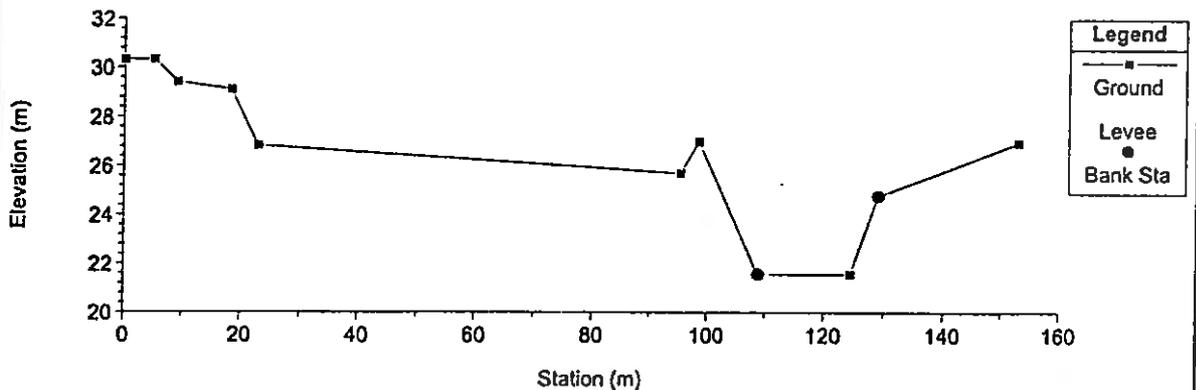
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 14.



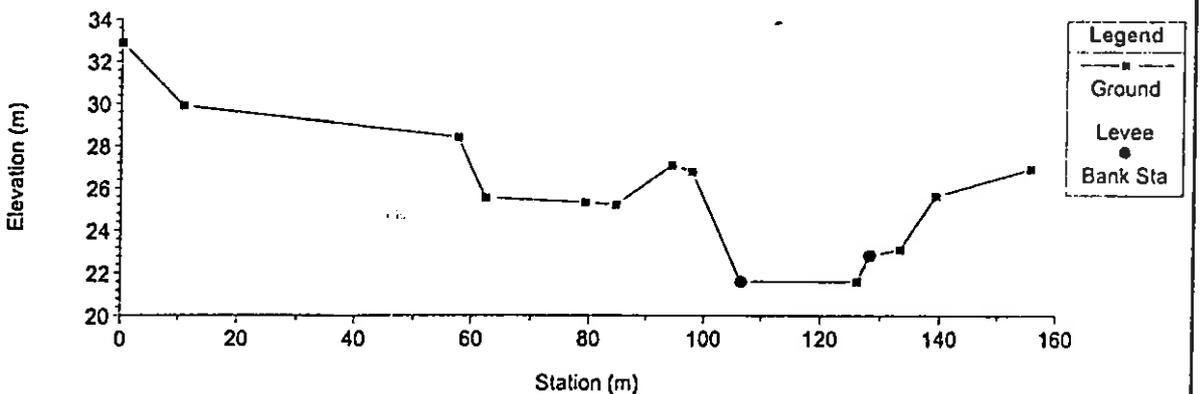
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 13



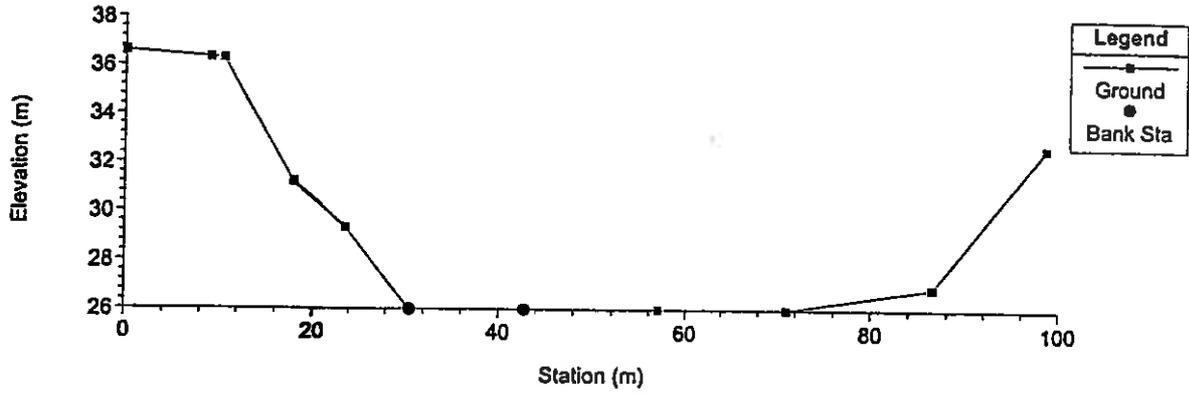
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 12



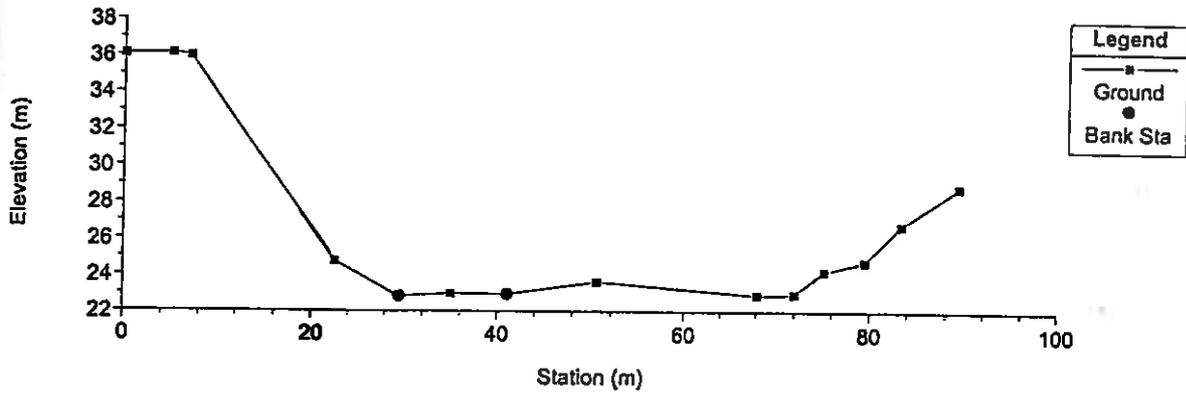
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 19.



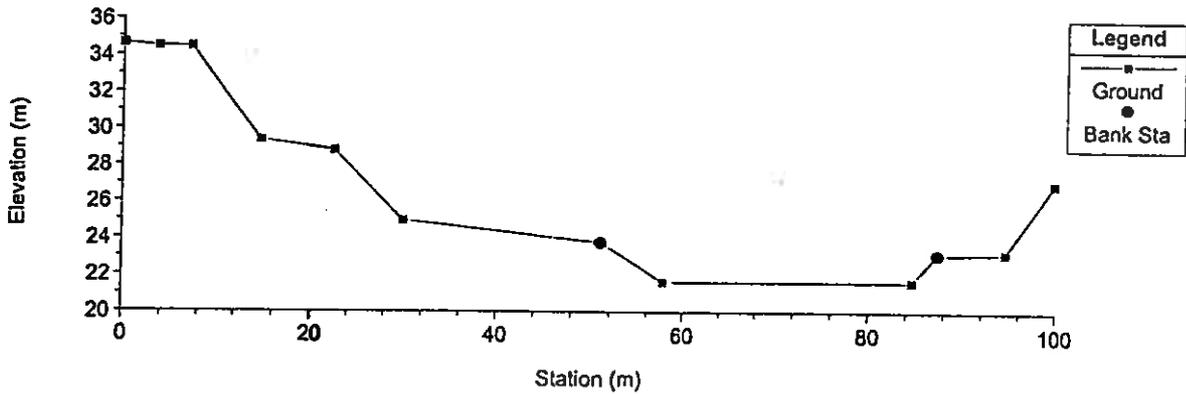
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 18.



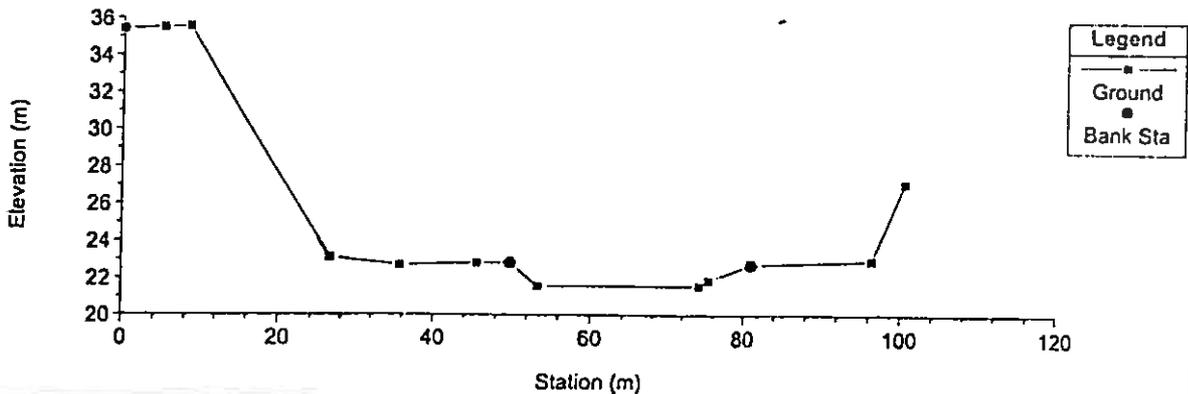
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 17.



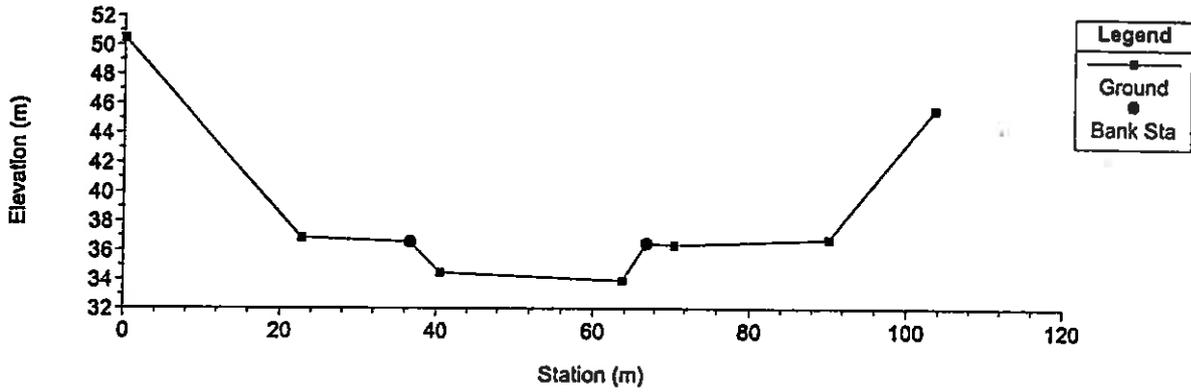
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 16.



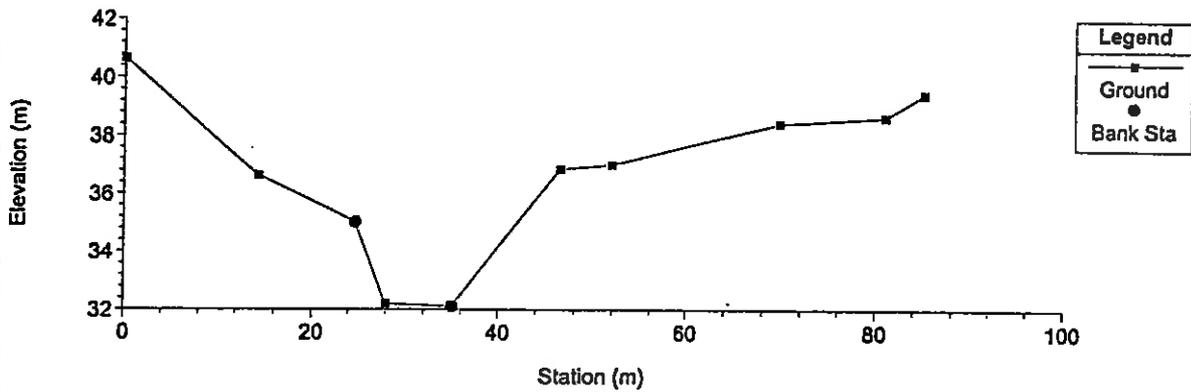
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 23.



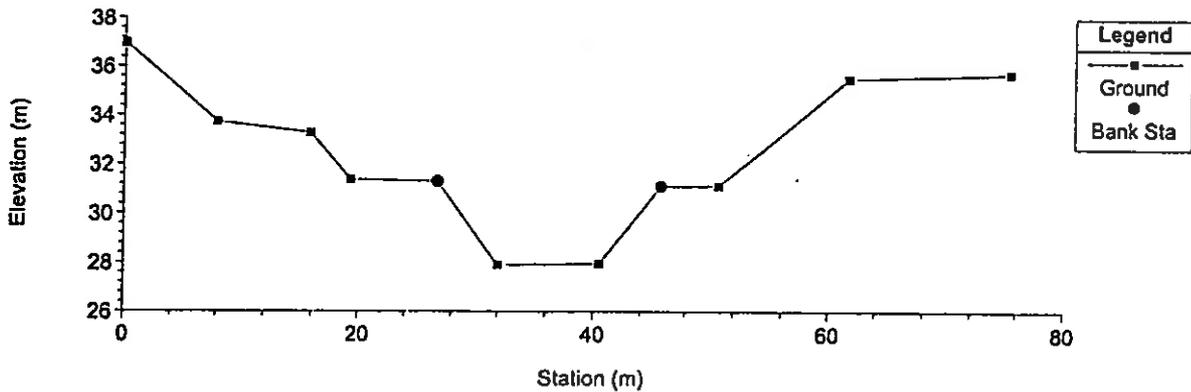
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 22.



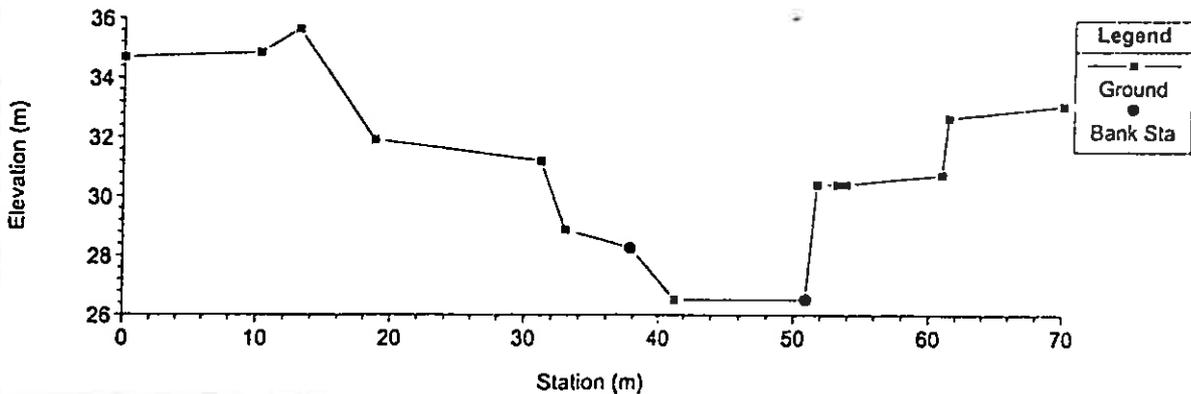
Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 21.



Etude hydraulique du Reyran (83)

RS = 20.





Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement

SIEE Sud-Ouest

Parc Technologique du Canal
2, rue Grotto
31 520 Ramonville Saint Agne
Tél : 05 61 73 67 54
Fax : 05 61 73 67 73
e-mail : sisee.sud.ouest@sisee.fr

SIEE

335, Avenue du Chateau d'Ô
34093 Montpellier Cedex 5
Tél : 04 67 41 65 41
Fax : 04 67 04 28 08
e-mail : sisee@sisee.fr

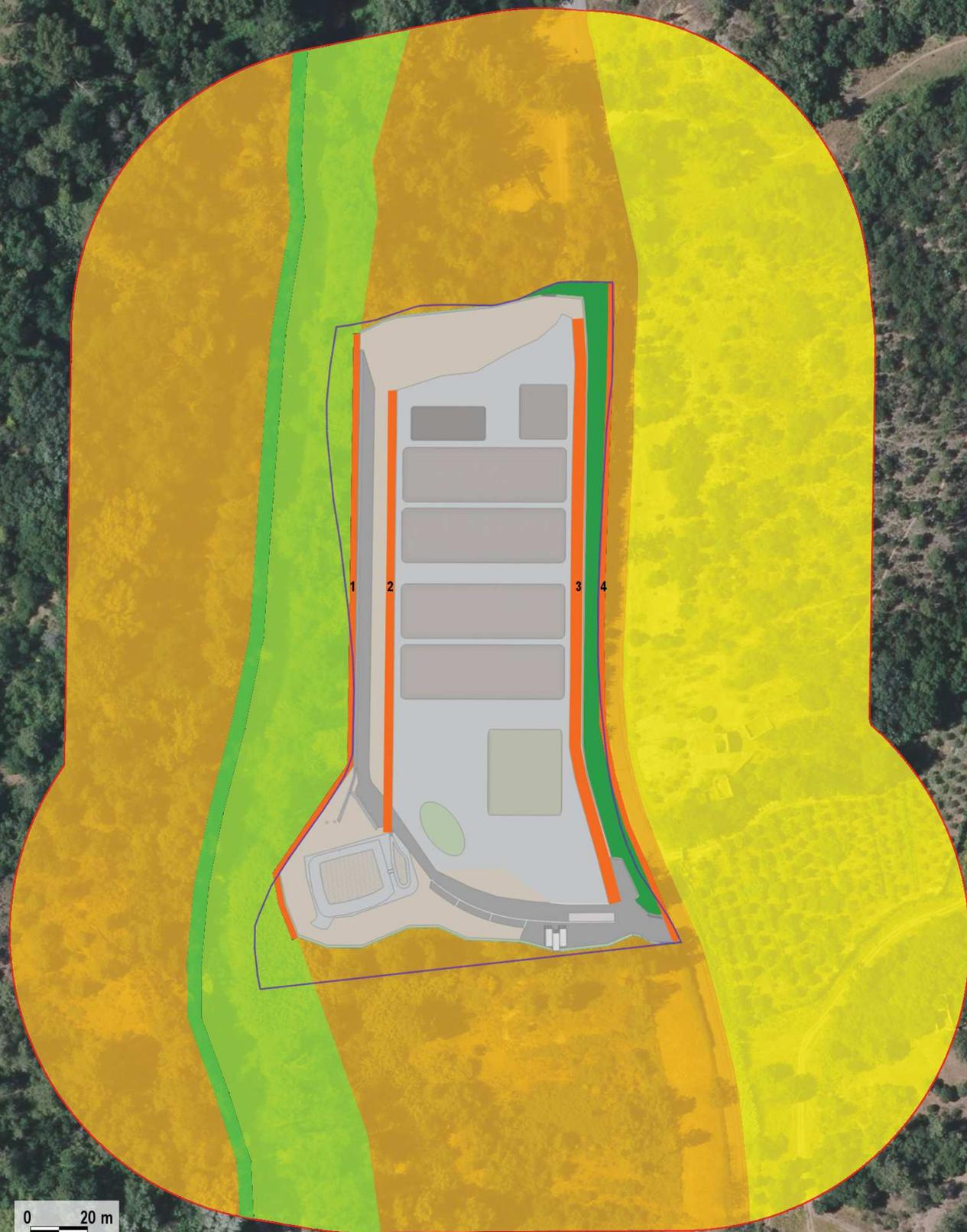
SIEE Paca

Le Mercure C
Pôle d'Aix les Milles
13 851 Aix en Provence Cedex 3
Tél : 04 42 39 42 16
Fax : 04 42 39 42 17
e-mail : sisee.paca@sisee.fr

ANNEXE N° 24

PLAN GENERAL DE DEBROUSSAILLEMENT

PLAN GENERAL DES MESURES DE DEBROUSSAILLEMENT



-  Limite cadastrale parcelle CN41 (ICPE)
-  Périmètre OLD (100 m depuis la clôture)
-  Zone dépourvue de végétation (hormis herbe rase)
 - 1 - 2 m depuis la clôture
 - 2 - 3 m depuis la dalle de compostage
 - 3 - 4 m depuis la dalle de compostage
 - 4 - 2 m depuis la route départementale

-  OLD de droit commun
-  Milieu prairial très ouvert
-  Entretien spécifique de la ripisylve (rive gauche)
-  Ripisylve naturelle (rive droite)
-  Masque végétal à plantation irrégulière



ANNEXE N° 25

CONFORMITE REGLEMENTAIRE

AM 22/04/2008

STAR ENVIRONNEMENT - FREJUS

SITUATION DU SITE VIS-A-VIS DE L'ARRÊTE MINISTERIEL DU 22 AVRIL 2008 MODIFIE

Textes réglementaires pris en considération :

- Arrêté Ministériel du 22 Avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à Autorisation en application du titre Ier du livre V du Code de l'environnement, modifié par l'arrêté Ministériel du 27 Juillet 2012 modifiant divers arrêtés relatifs au traitement de déchets.
- Circulaire du 6 Juin 2009 relative à l'application de l'Arrêté du 22 Avril 2008 sur les installations de compostage soumises à Autorisation.

TITRE II**PRESCRIPTIONS APPLICABLES**

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
Chapitre I^{er} – Dispositions générales		
3	<p>1. Une installation de compostage comprend au minimum :</p> <ul style="list-style-type: none"> × une aire* (ou équipement dédié) de réception/tri/contrôle des matières entrantes ; × une aire* (ou équipement dédié) de stockage des matières entrantes, adaptée à la nature de celles-ci ; × une aire* (ou équipement dédié) de préparation, le cas échéant ; × une aire* (ou équipement dédié) de fermentation aérobie ; × une aire* (ou équipement dédié) de maturation ; × une aire (ou équipement dédié) d’affinage/criblage/formulation, le cas échéant ; × une aire de stockage des composts et déchets stabilisés avant expédition, le cas échéant. <p>A l’exception de celles qui sont abritées dans un bâtiment fermé, ces différentes aires sont situées à 8 mètres au moins des limites de propriété du site.</p> <p>L’arrêté préfectoral peut prévoir un nombre minimal d’aires inférieur dans le cas du compostage de déjections animales.</p>	<p>Site composé à terme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une aire de réception drèches et déchets verts non broyés. - Une aire de réception des biodéchets. - Une aire de réception du bois non broyé. - Une aire de broyage. - Une aire de stockage du mélange biodéchets / déchets verts broyés en attente d’expédition vers d’autres sites pour traitement. - Une aire de stockage du bois broyé en attente d’expédition pour valorisation énergétique en chaufferie. - Une zone tampon pour le stockage des drèches et déchets broyés en attente de compostage ou en attente d’expédition vers d’autres sites pour traitement. - Une aire de fermentation. - Une aire de maturation. - Une aire de criblage. - Une aire de stockage du compost. - Une aire de stockage des refus de criblage. <p>Ces différentes aires sont localisées à plus de 8 m des limites de propriété.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
3 (suite)	<p>2. L'installation n'est pas implantée dans le périmètre de protection rapproché d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine.</p> <p>L'installation est implantée de manière à ce que les différentes aires et équipements mentionnés au 1 soient situés :</p> <ul style="list-style-type: none"> × à au moins 50 mètres des habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers, établissements recevant du public, à l'exception de ceux en lien avec la collecte ou le traitement des déchets. Cette distance minimale est portée de 50 à 200 mètres pour les aires signalées avec un astérisque (*) au 1 du présent article lorsqu'elles ne sont pas fermées, avec traitement des effluents gazeux, et à 100 mètres pour lesdites aires d'installations compostant des effluents d'élevage connexes de l'établissement qui les a produits. La distance minimale de 200 mètres s'applique également aux installations, fermées ou non, qui traitent des déchets comportant des matières d'origine animale autres que les ordures ménagères résiduelles, la FFOM, les déchets d'aliments de la restauration, les déjections animales et les matières stercoraires ; × à au moins 35 mètres des puits et forages extérieurs au site, des sources, des aqueducs en écoulement libre, des rivages, des berges des cours d'eau, de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, à des industries agroalimentaires, ou à l'arrosage des cultures maraîchères ou hydroponiques ; × à au moins 200 mètres des lieux publics de baignade et des plages ; × à au moins 500 mètres des piscicultures et des zones conchylicoles. <p>L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir des distances minimales d'implantation par rapport aux lieux publics de baignade, plages et piscicultures plus faibles sous réserve qu'une telle modification n'ait pas d'impact sur la qualité des eaux des zones concernées.</p>	<p>Au vu des données fournies au §1.6.3.c de l'étude d'impact, site non implanté dans un périmètre de protection d'un captage en eau potable.</p> <p>Installation implantée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à 380 m des premières habitations, - à au moins 35 m des berges du Reyran, - à 6 km du premier point d'eau extérieur au site recensé, - pas de lieux de baignade ni plage à proximité, - pas de pisciculture ni zone conchylicoles à proximité.
4	<p>Le site doit être clos à une hauteur minimale de 2 mètres de manière à interdire toute entrée non autorisée à l'intérieur du site. Cette disposition ne s'applique toutefois pas aux installations connexes d'un élevage compostant ses propres effluents.</p>	<p>Site entièrement clôturé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un grillage de 2 m. - Ou un talus d'une hauteur minimale de 2 m. <p>Portail fermé à clé en heures non ouvrées.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
5	<p>L'accès aux différentes aires de l'installation telles que mentionnées à l'article 3 est conçu de façon à permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Les bâtiments éventuels sont desservis, sur au moins une face, par une voie carrossable. Une surface au moins équivalente à celle de l'andain de fermentation ou de maturation le plus important est maintenue libre en permanence dans l'enceinte de l'installation pour faciliter l'extinction en cas d'incendie.</p> <p>En cas de local fermé, une des façades est équipée d'ouvrants permettant le passage de sauveteurs équipés.</p> <p>Les voies de circulation, les pistes et voies d'accès sont nettement délimitées, maintenues en état de propreté et dégagées de tout objet susceptible de gêner la circulation. L'exploitant fixe les règles de circulation et de stationnement applicables à l'intérieur de son installation.</p>	<p>Totalité du site accessible aux pompiers depuis le portail au Sud-est du site. Un second accès est disponible au Nord du site en cas de besoin.</p> <p>Zone libre de tout stockage disponible à l'entrée du site (aire de manœuvre) ainsi qu'au Nord du site.</p> <p>Plan de circulation en place sur le site.</p>
6	<p>L'exploitant prend les dispositions appropriées qui permettent d'intégrer l'installation dans le paysage.</p> <p>L'ensemble de l'installation est entretenu et maintenu en permanence en état de propreté. Les opérations de nettoyage et d'entretien sont menées de façon à éviter toute nuisance et tout risque sanitaire.</p> <p>L'exploitant prend les mesures nécessaires pour lutter contre les proliférations d'insectes et de rongeurs et pour éviter le développement de la végétation sur les tas de compost, et ce sans altération de ceux-ci. Les abords de l'installation, placés sous le contrôle de l'exploitant, sont aménagés et maintenus en bon état de propreté.</p>	<p>Talus en bordure Ouest du site.</p> <p>Nettoyage régulier de la plateforme.</p> <p>Pas de présence de rongeurs sur le site.</p>
7	<p>Toutes les aires mentionnées à l'article 3 sont imperméables et équipées de façon à pouvoir recueillir les eaux de ruissellement y ayant transité, les jus et les éventuelles eaux de procédé.</p>	<p>L'ensemble des aires mentionnées à l'article 3 sont imperméabilisées par une dalle béton, en pente de façon à recueillir et diriger vers le bassin de collecte l'ensemble des eaux de ruissellement.</p>
8	<p>L'entreposage des déchets et matières entrants doit se faire de manière séparée de celui des composts, selon leur nature, sur les aires identifiées réservées à cet effet. Les produits finis et déchets destinés à un retour au sol doivent être stockés par lots afin d'en assurer la traçabilité.</p> <p>Tout entreposage à l'air libre de matières pulvérulentes, très odorantes ou fortement évolutives est interdit.</p>	<p>Aires de réception et de stockage des intrants (déchets verts et matières végétales broyées ou non) localisées au Sud site, et distinctes de l'aire de stockage du compost au Nord de la plate-forme.</p> <p>Compost réalisé et stocké par lots.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
9	Si des produits tels que filtres, produits de neutralisation, liquides inhibiteurs ou produits absorbants sont utilisés de manière courante ou occasionnelle pour prévenir ou traiter les nuisances odorantes, l'exploitant dispose de réserves suffisantes de ces produits.	Sans objet.
Chapitre II – Admission des intrants		
10	<p>Sont admissibles dans un centre de compostage pour la production de compost destiné à la mise sur le marché ou à l'épandage les seuls déchets et matières présentant un intérêt pour les sols ou la nutrition des plantes ou pour le bon déroulement du processus de compostage.</p> <p>Certains déchets, susceptibles d'évoluer en anaérobie et de générer des nuisances odorantes, doivent, dès que possible, le cas échéant après fragmentation, être mélangés avec des produits présentant des caractéristiques complémentaires (structurant, carboné, sec), dont l'installation doit disposer en quantité suffisante.</p> <p>L'arrêté d'autorisation fixe la liste des natures de déchets et de matières que l'exploitant est autorisé à admettre dans son installation de compostage.</p> <p>Toute admission envisagée par l'exploitant de déchets ou de matières d'une nature différente de celle mentionnée dans l'arrêté d'autorisation susceptible d'entraîner un changement notable des éléments des dossiers de demande d'autorisation initiale est portée à la connaissance du préfet.</p>	<p>Cahier des charges définissant les produits acceptés sur la plateforme détaillé au §4.3.1 de la présentation générale.</p> <p>Matières premières réceptionnées contrôlées dès leur arrivée sur le site par un opérateur STAR ENVIRONNEMENT : uniquement des matières végétales déchets verts, drèches de parfumeries non solvantées et biodéchets.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
11	<p>L'exploitant d'une installation de compostage élabore un ou des cahiers des charges pour définir la qualité des déchets admissibles. Avant la première admission d'un déchet dans son installation et en vue d'en vérifier l'admissibilité, l'exploitant demande au producteur du déchet ou à la collectivité en charge de la collecte une information préalable sur la nature et l'origine du déchet et sa conformité par rapport au cahier des charges. Cette information préalable est renouvelée tous les ans et conservée au moins trois ans par l'exploitant.</p> <p>Dans le cas du compostage de boues d'épuration destinées à un retour au sol, l'information préalable précise également :</p> <ul style="list-style-type: none"> × la description du procédé conduisant à la production de boues ; × pour les boues urbaines, le recensement des effluents non domestiques traités par le procédé décrit ; × une liste des contaminants susceptibles d'être présents en quantité significative dans les boues au regard des installations raccordées au réseau de collecte dont les eaux sont traitées par la station d'épuration ; × une caractérisation de ces boues au regard des substances pour lesquelles des valeurs limites sont fixées par l'arrêté du 8 janvier 1998 susvisé, réalisée selon la fréquence indiquée dans ledit arrêté. <p>L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées le recueil des cahiers des charges et des informations préalables qui lui ont été adressées.</p>	<p>Procédure d'acceptation des déchets présentée au §4.3.1 de la Présentation Générale.</p> <p>Formulaire d'information préalable renouvelé tous les ans.</p> <p>Sans objet.</p> <p>Cahier des charges et informations préalables disponibles sur le site.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
12	<p>Chaque admission de matières et de déchets donne lieu à une pesée préalable hors site ou lors de l'admission et à un contrôle visuel à l'arrivée sur le site.</p> <p>Une estimation des quantités entrantes peut faire office de pesée si l'installation ne reçoit qu'une seule catégorie de déchets d'un seul producteur, si elle traite moins de 5000 t/an de déchets ou dans le cas où les seuls déchets compostés sont des déjections animales avec éventuellement des déchets verts.</p> <p>Toute admission de déchets autres que des déjections animales ou des déchets végétaux fait l'objet d'un contrôle de non-radioactivité du chargement.</p> <p>Toute admission de déchets ou de matières donne lieu à un enregistrement de :</p> <ul style="list-style-type: none"> × la date de réception, l'identité du transporteur et les quantités reçues ; × l'identité du producteur des déchets ou de la collectivité en charge de leur collecte et leur origine avec la référence de l'information préalable correspondante ; × pour les boues issues du traitement des eaux usées, les résultats des analyses aux fréquences prévues par l'arrêté du 8 janvier 1998 permettant d'attester de leur conformité aux limites de qualité exigées par ce texte ; × la nature et les caractéristiques des déchets reçus avec le code correspondant de la nomenclature figurant à l'annexe II de l'article R. 541-8 du code de l'environnement ; × la date prévisionnelle de fin de traitement, correspondant à la date d'entrée du compost ou du déchet stabilisé sur l'aire de stockage des matières traitées. <p>Les livraisons refusées sont également signalées dans ce registre, avec mention des motifs de refus et de la destination des déchets refusés indiquée par le producteur ou la collectivité en charge de la collecte de ces déchets.</p> <p>Cette disposition relative à l'enregistrement des matières ne s'applique pas aux effluents produits par un élevage dont l'installation de compostage est connexe.</p> <p>Les registres d'admission sont archivés pendant une durée minimale de dix ans en cas de retour au sol des composts ou des déchets et trois ans dans les autres cas. Ces registres sont tenus à la disposition de l'inspection des installations classées et, le cas échéant, des autorités de contrôles visées à l'article L. 255-9 du code rural.</p> <p>Le mélange de divers déchets ou le retour en tête des composts dans le seul but de diluer les polluants ou indésirables est interdit.</p>	<p>Contrôle visuel du chargement par l'opérateur STAR ENVIRONNEMENT, puis pesée avant et après déchargement via le pont bascule.</p> <p>Sans objet (uniquement traitement de déchets verts et matières végétales). De plus, les déchets reçus ne proviendront d'aucune activité nucléaire. Toutefois, ce contrôle pourra être réalisé si accueil de producteurs présentant un risque à ce niveau. Une procédure spécifique sera mise en place.</p> <p>STAR ENVIRONNEMENT demande une dérogation à l'article 12 alinéa 3.</p> <p>L'ensemble des informations relatives au déchet livré (identifiant du véhicule, type de déchet livré et provenance, quantité ...) sont collectées par l'opérateur du site puis enregistrées.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
Chapitre III – Exploitation et déroulement du procédé de compostage		
13	<p>Le procédé de compostage débute par une phase de fermentation aérobie de la matière, avec aération de la matière obtenue par retournements et/ou par aération forcée. Cette phase aérobie est conduite selon les dispositions indiquées à l'annexe I.</p> <p>Le temps de séjour des matières en cours de fermentation aérobie compostées dans la zone correspondante est au minimum de trois semaines, durée pouvant être réduite à deux semaines en cas d'aération forcée.</p> <p>A l'issue de la phase aérobie, le compost est dirigé vers la zone de maturation.</p> <p>L'exploitant fixe les conditions et les moyens de contrôle permettant d'éviter l'apparition de conditions anaérobies au niveau du stockage des matières entrantes ou lors des phases de fermentation ou de maturation.</p> <p>La hauteur maximale des tas et andains de matières fermentescibles lors de ces phases est à cet effet limitée à 3 mètres. La hauteur peut être portée à 5 mètres si l'exploitant démontre que cette hauteur n'entraîne pas de nuisances et n'a pas d'effet néfaste sur la qualité du compost.</p>	<p>Une fois les intrants triés et broyés, ceux-ci sont disposés sous forme d'andains au niveau de l'aire de fermentation après stockage sur la zone tampon. Aération réalisée par retournement.</p> <p>Phase de fermentation : 3 à 4 mois.</p> <p>Après fermentation, phase de maturation sur l'aire dédiée : 1 mois.</p> <p>Contrôle des différentes phases grâce au suivi régulier de température.</p> <p>Hauteur maximale des andains en fermentation : 3,5 m. STAR ENVIRONNEMENT demande une dérogation à l'article 13 alinéa 4 pour augmenter la hauteur maximale des andains limitée initialement à 3 m.</p> <p>Hauteur maximale des autres stockages : 3 m.</p> <p>La hauteur des andains en fermentation de 3,5 m a été prise en compte pour l'évaluation du débit d'odeurs maximal à respecter ainsi que dans l'évaluation des risques sanitaires. Il s'avère que le risque sanitaire présenté par les activités du site est non significatif.</p> <p>De plus cette hauteur a également été prise en compte dans l'étude des dangers (scénario d'incendie). Le risque est considéré comme faible et acceptable.</p> <p>Enfin, dès lors que l'homogénéisation des matières végétales est réalisée dans de bonnes conditions (broyage avec une granulométrie supérieure à 150) et que la fraction ligneuse est conservée, la mise en contact des matières végétales déclenche la réaction des micro-organismes (phases de fermentation et de maturation) d'un andain tabulaire de 3 mètres, voire 3,5 mètres. La qualité du compost ne sera donc pas détériorée pour un andain tabulaire d'une hauteur de 3,5 m dans le respect des normes de transformation présentes à l'annexe I du présent arrêté (surveillance de la température et de l'humidité, retournement des andains)</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
14	L'aire de stockage des composts finis est dimensionnée de façon à permettre le stockage de l'ensemble des composts fabriqués pendant une durée correspondant à la plus importante période pendant laquelle les sorties de site ne sont pas possibles, sauf si l'exploitant dispose de possibilités suffisantes de stockage sur un autre site.	Aire de stockage du compost dimensionnée pour accueillir deux mois de production (2 andains ; 1 andain = 1 mois de production).
15	<p>L'exploitant d'une installation de production de compost destiné à un retour au sol (compost mis sur le marché ou épandu, matière intermédiaire telle que définie à l'article 2) instaure une gestion par lots séparés de fabrication, depuis la constitution des andains jusqu'à la cession du compost. Il indique dans son dossier de demande d'autorisation l'organisation mise en place pour respecter cette gestion par lots. Il tient à jour un document de suivi par lot sur lequel il reporte toutes les informations utiles concernant la conduite de la dégradation des matières et de l'évolution biologique du compostage et permettant de faire le lien entre les matières entrantes et les matières sortantes après compostage. Lorsqu'elles sont pertinentes en fonction du procédé mis en œuvre, les informations suivantes sont en particulier reportées sur ce document :</p> <ul style="list-style-type: none"> × nature et origine des produits ou déchets constituant le lot ; × mesures de température et d'humidité relevées au cours du process ; × dates des retournements ou périodes d'aération et des arrosages éventuels des andains. <p>Les mesures de température sont réalisées conformément à l'annexe I. La durée du compostage doit être indiquée pour chaque lot.</p> <p>Ce document de suivi est régulièrement mis à jour, archivé et tenu à la disposition de l'inspection des installations classées pour une durée minimale de dix ans en cas de retour au sol des composts ou des déchets.</p> <p>Les anomalies de procédé et les non-conformités des produits finis doivent être relevées et analysées afin de recevoir un traitement nécessaire au retour d'expérience de la méthode d'exploitation.</p> <p>Le préfet peut toutefois adapter les dispositions ci-dessus dans le cas du compostage de déjections animales.</p>	<p>Gestion des produits par lots (1 lot = 1 mois de réception sur la zone concernée).</p> <p>Sur chaque stock de matières (andains, stock de compost, refus ...) une pancarte sur piquet indique le numéro de lot. A chaque déplacement du lot (retournements, changement d'aire), la pancarte suit.</p> <p>Un registre pour le suivi par lot sera mis en place. Seront consignés les différentes opérations réalisées ou paramètres suivis (température, retournements, arrosage ...).</p> <p>Suivi régulier de la température :</p> <ul style="list-style-type: none"> - outil de mesure : thermosonde, - nombre de piquages par lot : 10.
Chapitre IV – Devenir des matières traitées		

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
16	Sans préjudice de l'application des dispositions des articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural et des articles L. 214-1 et L. 214-2 du code de la consommation relatifs aux matières fertilisantes et supports de culture, l'exploitant tient les justificatifs relatifs à la conformité de chaque lot de produits finis tels que définis à l'article 2 du présent arrêté à la disposition de l'inspection des installations classées et des autorités de contrôle chargées des articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural.	Analyse des lots conformément à la norme NFU 44-051 (paramètres et fréquence des analyses).
17	Pour chaque matière intermédiaire telle que définie à l'article 2, l'exploitant doit respecter au minimum les teneurs limites définies dans la norme NFU 44-051 concernant les éléments traces métalliques, composés traces organiques, inertes et impuretés. Il tient les justificatifs relatifs à la conformité de chaque lot à la disposition de l'inspection des installations classées et des autorités de contrôle chargées des articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural.	Sans objet (pas de matières intermédiaires telles que définies à l'article 2)
18	L'exploitant tient à jour un registre de sortie distinguant les produits finis et les matières intermédiaires et mentionnant : <ul style="list-style-type: none"> × la date d'enlèvement de chaque lot ; × les masses et caractéristiques correspondantes ; × le ou les destinataires et les masses correspondantes. Ce registre de sortie est archivé pendant une durée minimale de dix ans et tenu à la disposition de l'inspection des installations classées et, le cas échéant, des autorités de contrôles chargées des articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural. Le cahier d'épandage tel que prévu par l'arrêté du 7 février 2005 susvisé peut tenir lieu de registre de sortie.	Un registre de sortie sera en place conformément à cette exigence. Il sera archivé sur une durée de dix ans minimum.
Chapitre V – Prévention des nuisances et des risques d'accident		

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
19	<p>L'exploitant prend les dispositions nécessaires lors de la conception, la construction et l'exploitation de l'installation pour limiter les nuisances, notamment olfactives, et les risques de pollutions accidentelles de l'air, de l'eau ou des sols.</p> <p>Il veille notamment à assurer l'aération nécessaire des matières traitées pour éviter leur dégradation anaérobie à tous les stades de leur présence sur le site. Il prend les dispositions nécessaires pour éviter la stagnation prolongée de boues en fond de bassins de rétention des eaux de ruissellement.</p> <p>L'exploitant adopte toutes dispositions nécessaires pour prévenir et limiter les envols de poussières et autres matières en mettant en place si nécessaire des écrans de végétation autour de l'installation et des systèmes d'aspersion, de bâchage ou de brise-vent pour les équipements ou stockages situés en extérieur.</p>	<p>Bassin de collecte des eaux de ruissellement de la plate-forme étanche et non connecté au milieu naturel (surverse uniquement en cas de pluies exceptionnelles supérieures à la pluie de référence. Zones d'activités imperméabilisées et en pente de façon à diriger les eaux de ruissellement vers le bassin.</p> <p>Voiries en partie imperméabilisées : eaux collectées et traitées par deux séparateurs hydrocarbures avant rejet</p> <p>Hauteur des andains de fermentation limitée à 3,5 m, et procédé réalisé avec des retournements réguliers pour assurer une bonne ventilation.</p> <p>Présence d'écrans de végétation et de talus de terre en bordure de site.</p>
19-1	<p>Dans les zones vulnérables, délimitées en application des articles R.211-75 à R.211-78 du Code de l'Environnement, les dispositions fixées par les programmes d'actions à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole prévus aux articles R.211-80 à R.211-83 du Code de l'Environnement sont applicables à l'installation.</p>	<p>Site non implanté dans une zone vulnérable aux nitrates (cartographie interactive DREAL PACA).</p>
Section I – Stockage des liquides		
20	<p>Les dispositions des articles 10 et 11 de l'arrêté du 2 février 1998 susvisé relatives au stockage de liquides susceptibles de créer une pollution sont applicables aux installations visées à l'article 1er du présent arrêté si elles stockent de tels liquides.</p>	<p>Mesures détaillées au §4.2.3 de l'Etude d'Impact.</p> <p>Produits de maintenance stockés en faible volume sur rétention, cuve de fioul domestique double-enveloppe sur rétention.</p> <p>FDS des produits stockés disponibles sur site.</p>
Section II – Effluents liquides		
21	<p>En cas de rejet dans le milieu naturel, hors plan d'épandage, des effluents provenant des aires ou équipements mentionnés au 1 de l'article 3, le réseau de collecte des effluents permet de séparer les eaux résiduaires polluées des eaux pluviales qui ne sont pas entrées en contact avec les déchets ou le compost.</p> <p>Toutes dispositions sont prises pour éviter l'entrée des eaux de ruissellement en provenance de l'extérieur du site et l'accumulation des eaux pluviales sur les aires visées à l'article 3.</p>	<p>Sans objet.</p> <p>(pas de rejet d'effluents issus des aires visées à l'article 3 au milieu naturel : uniquement eaux usées domestiques collectées dans un fosse toutes eaux puis traitées par un filtre à sable ainsi que les eaux de voiries traitées par deux séparateurs hydrocarbures).</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
22	<p>Les effluents recueillis sont recyclés dans l'installation pour l'arrosage ou l'humidification des andains lorsque c'est nécessaire. A défaut, et lorsqu'ils ne font pas l'objet d'un épandage, ils sont traités de la façon suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> × les eaux de toiture peuvent être directement rejetées dans le milieu naturel sous réserve du respect des valeurs définies à l'annexe II. La conformité des eaux rejetées aux objectifs de qualité du cours d'eau récepteur ou aux normes de rejet définies à l'annexe II est vérifiée périodiquement par l'exploitant ; × les autres eaux pluviales qui ne sont pas entrées en contact avec les déchets ou avec le compost peuvent être rejetées dans le milieu naturel au moins après passage dans un décanteur-déshuileur, ou dans le réseau pluvial desservant l'installation, s'il existe. La conformité des eaux rejetées aux objectifs de qualité du cours d'eau récepteur ou aux normes de rejet définies à l'annexe II est vérifiée par l'exploitant à une fréquence au moins semestrielle ; × les eaux résiduaires et pluviales polluées sont dirigées vers un bassin de rétention, dont la capacité est dimensionnée en fonction de l'étude d'impact. Les eaux ainsi collectées ne peuvent être rejetées, le cas échéant après traitement, que si elles respectent a minima les valeurs limites définies à l'annexe II. <p>L'arrêté d'autorisation fixe la fréquence à laquelle l'exploitant effectue la surveillance de la qualité de ces rejets.</p>	<p>Effluents collectés dans le bassin réutilisés pour l'arrosage des andains lorsque nécessaire.</p> <p>Eaux de toiture : peu de toitures (uniquement bungalow) ; eaux collectées avec les eaux de voiries.</p> <p>Eaux pluviales ruisselant sur les voiries traitées par deux séparateur hydrocarbures avant de rejoindre le milieu naturel.</p> <p>Eaux de ruissellement sur les aires d'activité (plate-forme béton) collectées et confinées dans le bassin.</p>
Section III – Déchets produits par l'installation		

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
23	<p>Toutes dispositions sont prises pour limiter les quantités des autres déchets produits au sens du 2 c de l'article 2, et pour favoriser le recyclage ou la valorisation des matières conformément à la réglementation.</p> <p>Les matières qui ne peuvent pas être valorisées sont éliminées dans des installations habilitées à les recevoir dans des conditions fixées par la réglementation en vigueur.</p> <p>L'installation dispose d'un emplacement dédié à l'entreposage des déchets dangereux susceptibles d'être extraits des déchets destinés au compostage.</p> <p>Les déchets produits par l'installation sont stockés dans des conditions prévenant les risques d'accident et de pollution (combustion, réactions ou émanations dangereuses, envols, infiltrations dans le sol, odeurs...) et évacués régulièrement.</p> <p>L'exploitant tient à jour un registre des lots de déchets destinés à un retour au sol produits par l'exploitation, sur lequel il reporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> × le type de déchet ; × l'indication de chaque lot de déchets ; × les masses et caractéristiques correspondantes ; × les dates d'enlèvement et les destinataires de chaque lot de déchets et les masses correspondantes. <p>Ce registre est tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.</p> <p>Le cahier d'épandage tel que prévu par l'arrêté du 7 février 2005 susvisé peut tenir lieu de registre des lots.</p> <p>L'exploitant doit pouvoir prouver qu'il élimine tous ses déchets et notamment ses déchets compostés en conformité avec la réglementation. Si les déchets compostés sont destinés à l'épandage sur terres agricoles, celui-ci fait l'objet d'un plan d'épandage dans le respect des conditions visées à la section IV « Epandage » de l'arrêté du 2 février 1998 modifié.</p>	<p>Détail des déchets produits et de leurs caractéristiques au §2.6 de l'Etude d'Impact.</p> <p>Déchets produits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - déchets issus du tri des intrants, - déchets liés à l'entretien des équipements, - exceptionnellement du compost non conforme. <p>Déchets confiés à des sociétés agréées (incinération ou enfouissement).</p> <p>Refus de criblage réintégrés en partie en tête de procédé.</p> <p>Sans objet (pas d'épandage).</p>
Section IV – Odeurs et poussières		
24	<p>Les poussières, gaz et composés odorants produits par les sources odorantes sont, dans la mesure du possible, captés à la source et canalisés. Les effluents gazeux canalisés sont acheminés avant rejet vers une installation d'épuration des gaz.</p> <p>Dans le cas de sources potentielles d'odeurs de grande surface non confinées (aire de stockage, andains, bassin de rétention des eaux...), celles-ci sont implantées et exploitées de manière à minimiser la gêne pour le voisinage.</p>	<p>Procédé de compostage entièrement réalisé à l'air libre. Des retournements réguliers sont effectués afin d'éviter tout début de fermentation anaérobie et ainsi limiter les odeurs susceptibles d'être générées.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
25	<p>Les rejets canalisés dans l'atmosphère, mesurés dans des conditions normalisées, contiennent moins de :</p> <ul style="list-style-type: none"> × 5 mg/Nm³ d'hydrogène sulfuré (H₂S) sur gaz sec si le flux dépasse 50 g/h ; × 50 mg/Nm³ d'ammoniac (NH₃) sur gaz sec si le flux dépasse 100 g/h. 	Sans objet.
26	<p>I. – Pour les installations nouvelles, l'étude d'impact figurant au dossier de demande d'autorisation d'exploiter établit la liste des principales sources d'émissions odorantes vers l'extérieur, qu'elles soient continues ou discontinues, et mentionne le débit d'odeur correspondant. Elle comprend une étude de dispersion atmosphérique qui prend en compte les conditions locales de dispersion des polluants gazeux et permet de déterminer les débits d'odeur à ne pas dépasser pour permettre de respecter l'objectif de qualité de l'air mentionné au paragraphe suivant et d'assurer l'absence de gêne olfactive notable aux riverains. L'étude d'impact établit également l'état initial de la situation olfactive de l'environnement du site.</p> <p>Le débit d'odeur rejeté, tel qu'il est évalué par l'étude d'impact, doit être compatible avec l'objectif suivant de qualité de l'air ambiant : la concentration d'odeur imputable à l'installation telle qu'elle est évaluée dans l'étude d'impact au niveau des zones d'occupation humaine listées à l'article 3 (habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers, établissements recevant du public à l'exception de ceux en lien avec la collecte et le traitement des déchets) dans un rayon de 3 000 mètres des limites clôturées de l'installation ne doit pas dépasser la limite de 5 uoE /m³ plus de 175 heures par an, soit une fréquence de dépassement de 2 %.</p> <p>Ces périodes de dépassement intègrent les pannes éventuelles des équipements de compostage et de traitement des composés odorants, qui sont conçus pour que leurs durées d'indisponibilité soient aussi réduites que possible.</p>	<p>Liste des principales sources d'émissions odorantes listées §2.3.1 de l'étude d'impact et dans l'évaluation du risque sanitaire.</p> <p>Dispersion atmosphérique réalisée dans le cadre de l'évaluation du risque sanitaire : l'étude odeurs montre que le débit maximal d'odeurs admissible au niveau de la plate-forme, afin de respecter la valeur limite de 5 UO/m³ à ne pas dépasser plus de 2 % du temps au niveau des zones d'occupation humaine dans un rayon de 3 km des limites clôturées, est de 22 900 UO/m²/h soit un flux global d'émission de 1,53.10⁸ UO/h.</p>

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
	<p>II. – Les exploitants des installations existantes établissent la liste des principales sources odorantes, qu'elles soient continues ou discontinues et, après caractérisation de celles-ci, réalisent une étude de dispersion pour vérifier que leur installation respecte l'objectif de qualité de l'air mentionné ci-dessus. En cas de non-respect de la limite de 5 uoE /m³ dans les conditions mentionnées à l'alinéa précédent, les améliorations nécessaires pour atteindre cet objectif de qualité de l'air doivent être apportées à l'installation ou à ses modalités d'exploitation.</p> <p>L'étude de dispersion est réalisée aux frais de l'exploitant et sous sa responsabilité par un organisme compétent. Elle n'est toutefois pas obligatoire lorsque le débit d'odeur global de l'installation ne dépasse pas la valeur de 20 millions d'unités d'odeur européennes par heure en Conditions normalisées pour l'olfactométrie (20.10⁶ uoE/h) ou lorsque l'environnement de l'installation présente une sensibilité particulièrement faible.</p>	Sans objet (plate-forme nouvellement autorisée).
	<p>III. – Pour les installations connexes d'un élevage, les dispositions applicables en matière de maîtrise des nuisances olfactives sont celles prévues dans l'arrêté du 7 février 2005 susvisé.</p>	Sans objet.
27	<p>L'arrêté préfectoral fixe la fréquence à laquelle sont réalisés les contrôles effectifs des débits d'odeurs. Ces contrôles peuvent être plus fréquents au cours de l'année qui suit la mise en service de l'installation ou en cas de plaintes de riverains.</p> <p>En tant que de besoin, le préfet peut prescrire la réalisation d'un programme de surveillance renforcée permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> × soit de suivre un indice de gêne, de nuisance ou de confort olfactif renseigné par la population au voisinage de l'installation ; × soit de qualifier, par des mesures d'intensité odorante, l'évolution du niveau global de l'impact olfactif de l'installation. 	/
Section V – Bruit et vibrations		

ARTICLE	LIBELLE	SITUATION DU SITE STAR ENVIRONNEMENT
28	<p>Les dispositions des articles 47 et 48 de l'arrêté du 2 février 1998 susvisé en matière d'émissions sonores et de vibrations mécaniques sont applicables aux installations visées à l'article 1er du présent arrêté.</p>	<p>Le site respecte actuellement l'Arrêté du 23/01/1997 en ce qui concerne ses émissions sonores.</p> <p>La modélisation acoustique réalisée en considérant le fonctionnement futur de la plate-forme montre que les émergences seront respectées au niveau des habitations les plus proches. Cependant les niveaux obtenus en limite d'exploitation sont supérieurs à la valeur limite de 70 dB(A), en considérant l'ensemble des équipements en fonctionnement simultané : une consigne sera établie pour que les différents équipements fonctionnent à des horaires différents.</p> <p>La société fera cependant réaliser de nouvelles mesures suite à la réalisation du projet afin de valider le respect des valeurs limites.</p> <p>Les équipements employés sur le site sont conformes à un type homologué.</p>
Section VI – Prélèvements et consommation d'eau		
29	<p>Les installations de prélèvement d'eau dans le milieu naturel ou dans un réseau public sont munies de dispositifs de mesure totalisateurs de la quantité d'eau prélevée. Ces dispositifs sont relevés toutes les semaines si le débit moyen prélevé dans le milieu naturel est supérieur à 10 m³/j. Le résultat de ces mesures est enregistré et tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées pendant une durée minimale de cinq ans.</p> <p>Le raccordement à une nappe d'eau ou au réseau public de distribution d'eau potable est muni d'un dispositif évitant tout retour d'eau de l'installation exploitée vers la nappe ou le réseau public. Ce dispositif est contrôlé au moins une fois par an.</p> <p>L'usage du réseau d'eau incendie est strictement réservé aux sinistres, aux exercices de secours et aux opérations d'entretien ou de maintien hors gel de ce réseau.</p>	<p>Alimentation en eau du site par le Canal de Provence (système de traitement mis en place pour le personnel). Cette alimentation sera équipée d'un compteur et d'un disconnecteur.</p>
30	<p>Toutes dispositions doivent être prises pour limiter les prélèvements d'eau, qu'elle provienne du milieu naturel ou du réseau public, notamment par utilisation des eaux pluviales, sans compromettre le bon déroulement du compostage et dans le respect des dispositions des articles 21 et 22.</p>	<p>Eaux employée en cas de besoin pour l'arrosage des andains, puisée en priorité dans le bassin collectant les eaux de ruissellement.</p>
Section VII – Compostage de sous produits animaux de catégorie 2		
<i>Sans objet pour le site STAR ENVIRONNEMENT, les produits composés étant uniquement des déchets de végétaux.</i>		