



30 septembre 2022  
Dossier N° ALU3.M.2014\_DIA

NIMES METROPOLE

**ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU  
TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES**

Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



**EXPERTISE & INGENIERIE**

BATIMENTS – INFRASTRUCTURES – ENVIRONNEMENT



**RECONNAISSANCE – DIAGNOSTIC – ETUDE – ASSISTANCE TECHNIQUE – CONTROLE – ESSAIS & INSTRUMENTATION**



NIMES METROPOLE

**ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU  
TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES**

Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



Dossier ALU3.M.2014_DIA		N° Contrat : Offre n° ALU3.M.1030 acceptée par bon de commande N°22000415 EU signée et datée du 21/06/2022					
INDICE	DATE	ETABLI PAR	VISA	VERIFIE PAR	VISA	PAGES	OBSERVATIONS
1	30/09/22	T.COSTA		E. SMAILOVIC		30 + ANNEXES	
ACSM FRANCE SAS - Siège social : 177B, avenue Louis Lumière Via Innova – ZA Espace Lunel Littoral – 34400 LUNEL Tél : 0411 932 170 / Fax : 0972 389 263 - S.A.S. au capital de 100 000 € - RCS Montpellier 799 063 789 – SIREN 799 063 789 – Code APE 7120B N° TVA : FR18 799 063 789 – Email : <a href="mailto:contact@acsm-france.com">contact@acsm-france.com</a> – Site internet : <a href="http://www.acsm-france.com">www.acsm-france.com</a>							

*Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral du prix de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement.  
A compter du paiement intégral du prix, le Client devient libre d'utiliser le Rapport et de le diffuser, à conditions de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui figurent au rapport, et notamment les conditions de validité et d'application du Rapport.*

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTE ET MISSION D'ACSM-FRANCE .....</b>	<b>4</b>
2.1	Objectifs.....	4
2.2	Base d'études.....	5
2.3	Contenu technique.....	5
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION GENERALE DU BATIMENT A .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>IMPLANTATION DES SONDAGES.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>RESULTAT DES INVESTIGATIONS SUR SITE .....</b>	<b>11</b>
5.1	Structure de toiture du PR .....	11
5.2	Schéma directeur des eaux pluviales .....	12
5.3	Géométrie, constitution .....	14
5.4	Etat des lieux, désordres.....	17
5.5	Contrôle des enrobages au ferroskan.....	19
5.5.1	Objectifs des mesures.....	19
5.5.2	Résultats des mesures statistiques d'enrobage .....	19
5.5.3	Commentaires.....	20
5.6	Contrôle de la profondeur de carbonatation des bétons suivant NF EN 14630.....	21
5.6.1	Processus de carbonatation des bétons .....	21
5.6.2	Résultats des essais .....	21
5.6.3	Commentaires.....	24
5.7	Teneurs en chlorures dans les bétons.....	25
5.7.1	Préambule.....	25
5.7.2	Processus de corrosion des aciers par les chlorures .....	25
5.7.3	Mode opératoire .....	25
5.7.4	Résultats .....	26
5.7.5	Commentaires.....	26
<b>6</b>	<b>SYNTHESE ET COMMENTAIRES .....</b>	<b>27</b>
6.1	Rappel des objectifs .....	27
6.2	Limites de l'étude.....	27
6.3	Réponses apportées .....	28

## 1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de NIMES METROPOLE représentée par Valérie Costamagna, ACSM-France a été sollicitée pour la réalisation d'un diagnostic de la structure porteuse actuelle ainsi que l'étude de faisabilité avec proposition de solutions techniques pour la remise du toit du bâtiment des prétraitements.

Notre mission a été réalisée durant le mois de juillet 2022 conformément à notre Offre n° ALU3.M.1030 acceptée par bon de commande N°22000415 EU signée et datée du 21/06/2022.

## **2 CONTEXTE ET MISSION D'ACSM-FRANCE**

### **2.1 OBJECTIFS**

La présente mission s'inscrit dans le cadre du projet de remise du toit du bâtiment des prétraitements de la Station de traitement des eaux usées de Nîmes située Impasse des Jasons à Nîmes (30).

Le toit de la partie des prétraitements de la station de traitement des eaux usées de Nîmes a été enlevé pour le renouvellement des vis sans fin. La structure qui portait le toit est composée :

- D'éléments métalliques qui sont très corrodées,
- De portiques poteaux/ poutres en béton armé.

Dans ce contexte, ACSM-FRANCE a été sollicitée pour la réalisation d'un diagnostic de la structure porteuse actuelle ainsi que l'étude de faisabilité avec proposition de solutions techniques pour la remise du toit du bâtiment des prétraitements.

Notre mission d'investigations et d'études, ponctuelles et limitatives, comprend :

- ☐ La prestation d'investigations structurelles comprenant l'exécution de sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire, selon un programme défini ci-après au préalable dans le cadre d'une mission de type « Investigations »,
- ☐ La prestation de diagnostic structurel dont l'objectif est d'effectuer, dans le cadre défini par le client, une étude approfondie d'un ou plusieurs éléments structurels spécifiques à tous les stades du projet ou pour un ouvrage avec ou sans sinistre.

Le présent rapport consigne les résultats **du diagnostic des structures porteuses de l'ancienne toiture** du poste de prétraitement dans le périmètre du programme de la mission.

## 2.2 BASE D'ETUDES

Pour la préparation et la réalisation de notre mission, il nous a été remis les documents suivants :

- Les plans Projet du bâtiment au format pdf

## 2.3 CONTENU TECHNIQUE

Afin d'atteindre l'objectif donné, nous avons réalisé le programme d'étude suivant :

### Sur site :

- La vérification, les compléments et les précisions des plans de géomètre/ architecte des ouvrages aux moyens de relevés au tachéomètre laser, par auscultations radar et sondages ponctuels légers permettant la création des pièces graphiques (Plans, coupes, détails) et la définition du schéma statique des ouvrages : Géométrie générale, nature, composition, épaisseur des matériaux structurel et non structurel (charges), appuis, fonctionnement et sens de portée suivant disposition des armatures (hors ferrailage)
  - ▷ Relevé des structures porteuses du toit de la zone ouverte du bâtiment des prétraitements y compris schéma directeur des eaux pluviales
- L'examen visuel détaillé des ouvrages dans l'emprise du projet et recollement de désordres sur pièces graphiques plans et/ ou coupes au format pdf à l'échelle adaptée aux dimensions des ouvrages (1/200ème, 1/250ème, 1/100ème, 1/150ème, 1/50ème ou 1/20ème)
  - ▷ Examen et recollement des désordres sur structures porteuses du toit de la zone ouverte du bâtiment des prétraitements

- Le contrôle de l'enrobage des armatures de peau des ouvrages en béton armé au Ferroskan. Enregistrement de la position des armatures permettant la réalisation d'une statistique des données d'enrobage par familles d'éléments - La zone de 2 à 4 m<sup>2</sup>
  - ▷ 15 zones de contrôle de l'enrobage des armatures réparties entre les poutres et les poteaux BA des portiques support de toit
- L'évaluation de la profondeur de carbonatation du béton par la méthode de la phénolphthaléine suivant la norme NF EN 14 630 comprenant une détection ferromagnétique préalable pour évitement des aciers, le sondage par carottage en diamètre inférieure ou égal à 50 mm, profondeur inférieure à 10 cm pour échantillonnage sur béton, le test de carbonatation in-situ - Le prélèvement par carottage et l'essai de carbonatation
  - ▷ 15 zones de contrôle de la carbonatation réparties les poutres et les poteaux BA des portiques support de toit
- L'extraction de poudres de béton et analyse de la teneur en silice soluble et des chlorures libres et totaux en laboratoire suivant méthodologie AFPC-AFREM/ GranDubé - Le prélèvement et l'analyse des bétons en laboratoire
  - ▷ 3 zones de prélèvement et analyses de la teneur en silice soluble et en chlorures libres et totaux

Ingénierie :

- La réalisation d'un rapport de mission de diagnostic structurel sur éléments sondés comprenant le dépouillement et les résultats des investigations, la description de la nature, de la géométrie des ouvrages sondées permettant une analyse statique de l'ouvrage, le résultat des essais de laboratoire. Recollement des structures identifiées sous forme de plans, coupes et détails au format pdf à l'échelle à l'échelle adaptée aux dimensions des ouvrages (1/200ème, 1/250ème, 1/100ème, 1/150ème, 1/50ème ou 1/20ème)



### **3 DESCRIPTION GENERALE DU BATIMENT A**

Le bâtiment A de la STEU Ouest de Nîmes abrite plusieurs locaux dédiés au prétraitement des eaux usées, et notamment un poste de relevage équipé de 4 vis sans fin. Ce local se situe entre le local abritant la fosse d'arrivée des eaux usées et le local abritant les dégrilleurs.

Les investigations sur site ont permis de mettre en évidence, de manière générale, les éléments de construction du bâtiment 1A suivants :

- Des murs de façades et de refend en béton armé
- Des dalles de planchers en béton armé
- Des charpentes métalliques en appui sur les murs de façade et de refend
- Des couvertures en bac acier revêtues d'une étanchéité auto-protégée ou de plaques translucides
- Des façades revêtues d'un bardage métallique



*Vue générale du bâtiment*

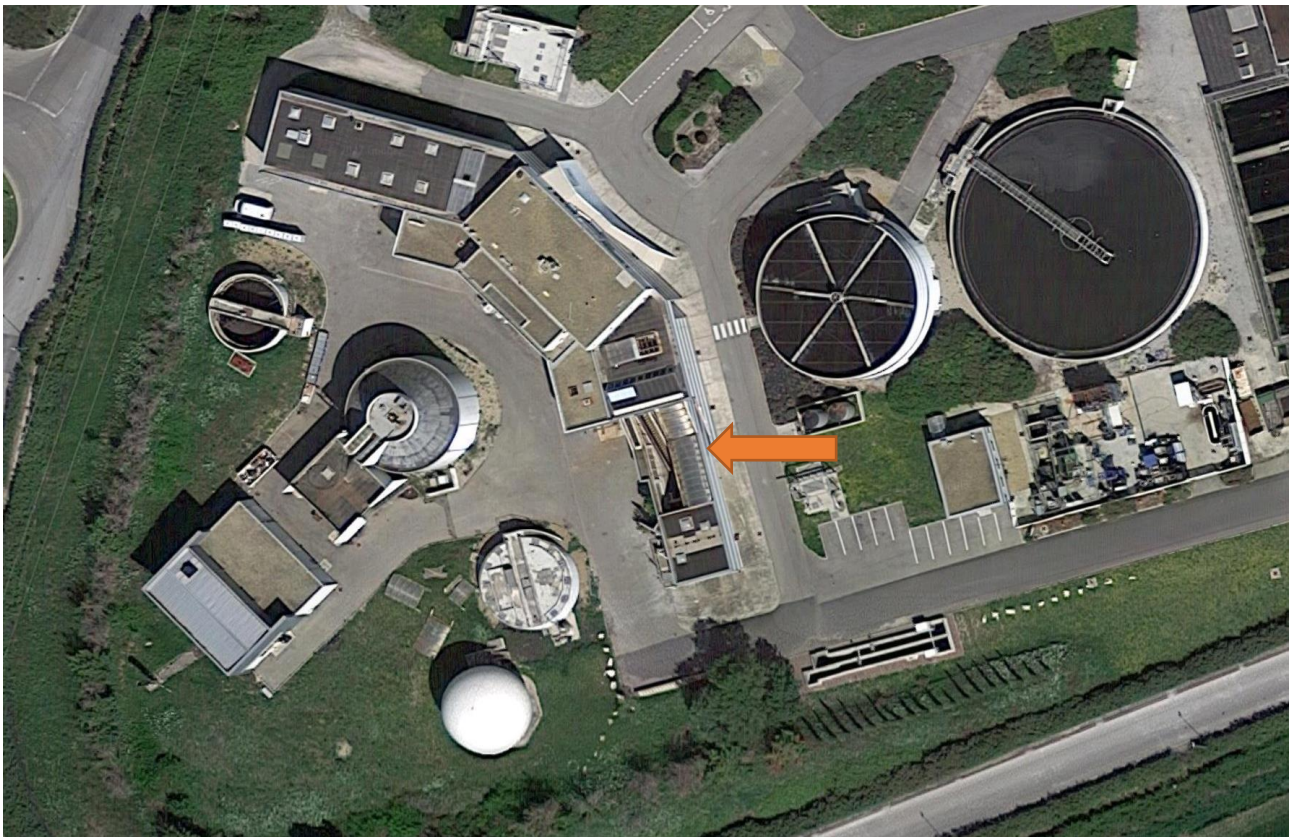


*Vue générale de la toiture*

**ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES  
PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES**

Diagnostic structurel des éléments support de toit

**Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)**



*Plan de repérage de bâtiment des prétraitements – vue aérienne (source Géoportail)*



## 4 IMPLANTATION DES SONDAGES

La nature des investigations et la localisation des zones de sondages, prélèvements et essais sont consignées dans le tableau ci-après.

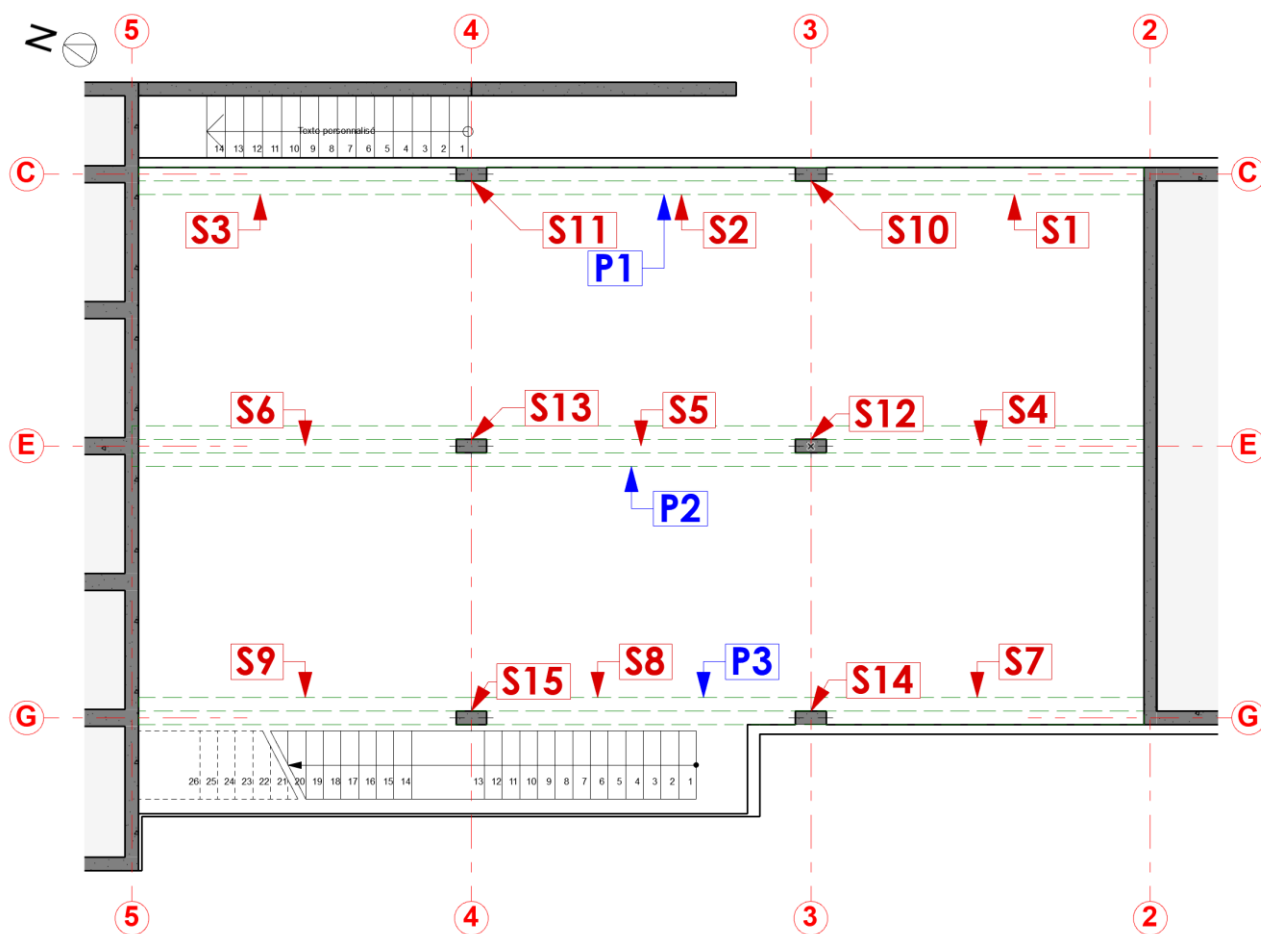
Les zones de sondages ont été repérées suivant les numéros arbitraires de S1 à S15 et P1 à P3 implantés sur les plans consignés en documents annexes.

N° Sondage	Localisation	Nature des investigations
S1	POUTRE BA - FILES : C2/C3	Reconnaissance des structures Examen et relevé des désordres Mesure de la profondeur de carbonatation Mesure statistique de l'enrobage des armatures
S2	POUTRE BA - FILES : C3/C4	
S3	POUTRE BA - FILES : C4/C5	
S4	POUTRE BA - FILES : E2/E3	
S5	POUTRE BA - FILES : E3/E4	
S6	POUTRE BA - FILES : E4/E65	
S7	POUTRE BA - FILES : G2/G3	
S8	POUTRE BA - FILES : G3/G4	
S9	POUTRE BA - FILES : G4/G5	
S10	POTEAU BA - FILES : C3	Reconnaissance des structures Examen et relevé des désordres Mesure de la profondeur de carbonatation Mesure statistique de l'enrobage des armatures
S11	POTEAU BA - FILES : C4	
S12	POTEAU BA - FILES : E3	
S13	POTEAU BA - FILES : E4	
S14	POTEAU BA - FILES : G3	
S15	POTEAU BA - FILES : G5	
P 1	POUTRE BA – FILES C3/C4	Extraction de poudres de béton et analyse de la teneur en chlorures en laboratoire
P 2	POUTRE BA – FILES E3/E4	
P 3	POUTRE BA – FILES G3/G4	

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES

Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 - Nîmes (34)



Plan d'implantation des sondages

## 5 RESULTAT DES INVESTIGATIONS SUR SITE

### 5.1 STRUCTURE DE TOITURE DU PR

D'après les informations communiquées par le maître d'ouvrage, le poste de relevage était, jusqu'à récemment, recouvert par deux toitures cintrées indépendantes en plaques translucides.

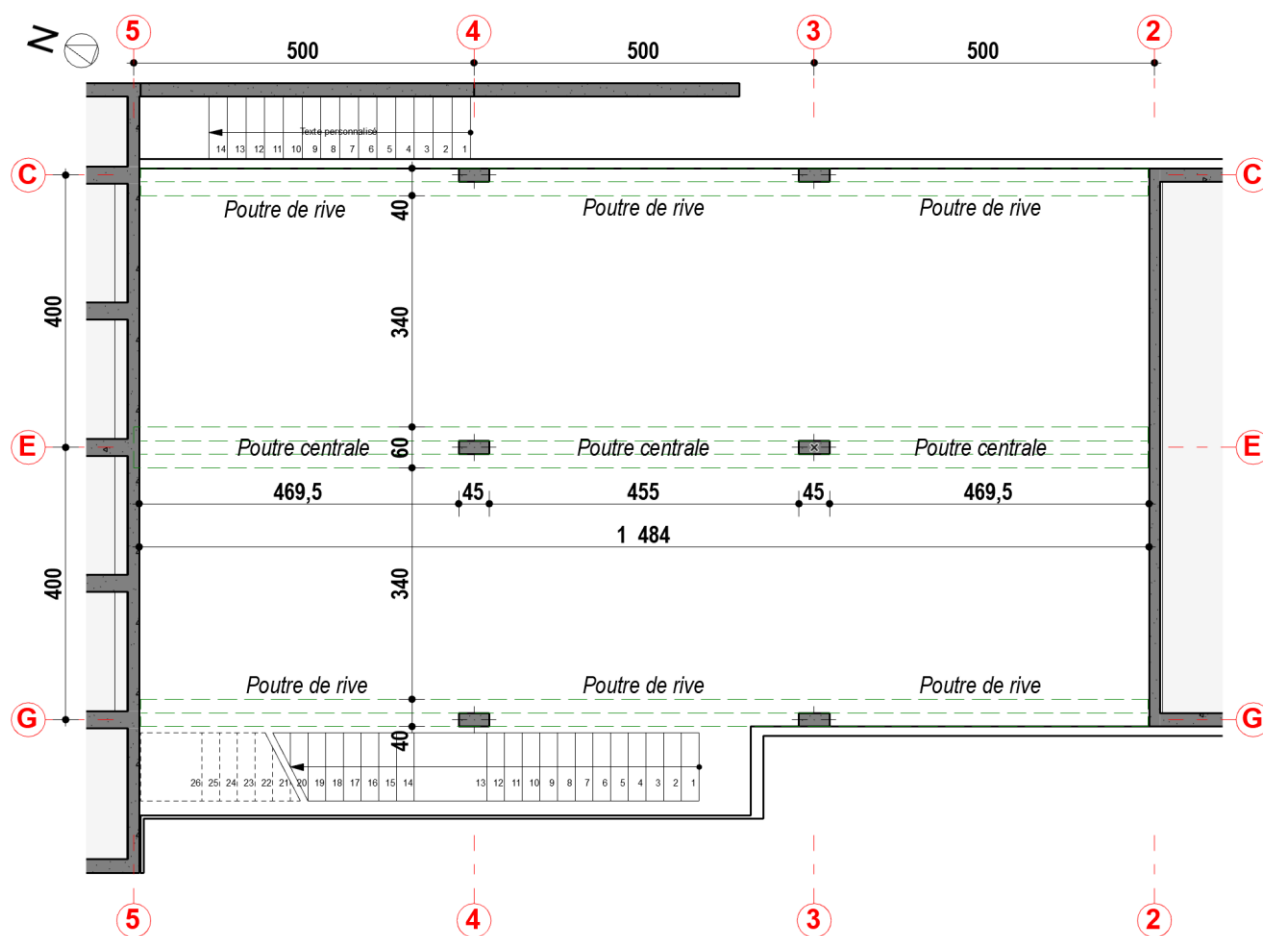
La maintenance des équipements du poste de relevage, notamment le changement des vis sans fin par grutage, a nécessité la dépose des toitures existantes.

Compte-tenu de la vétusté des éléments de toitures existantes, le maître d'ouvrage a pris la décision de ne pas remettre en place l'ancienne toiture.

La toiture étant depuis ouverte, le maître d'ouvrage envisage la mise en œuvre d'une nouvelle toiture.

Les 2 anciennes toitures cintrées prenaient appui sur les portiques poteaux/poutre en béton armé objet du présent diagnostic.

Les portiques poteaux poutre situés au droit des files C, E, G se composent de trois poutres en appui sur les murs de refend files 2 et 5 sur appui de rive et sur des poteaux intermédiaires files 3 et 4.



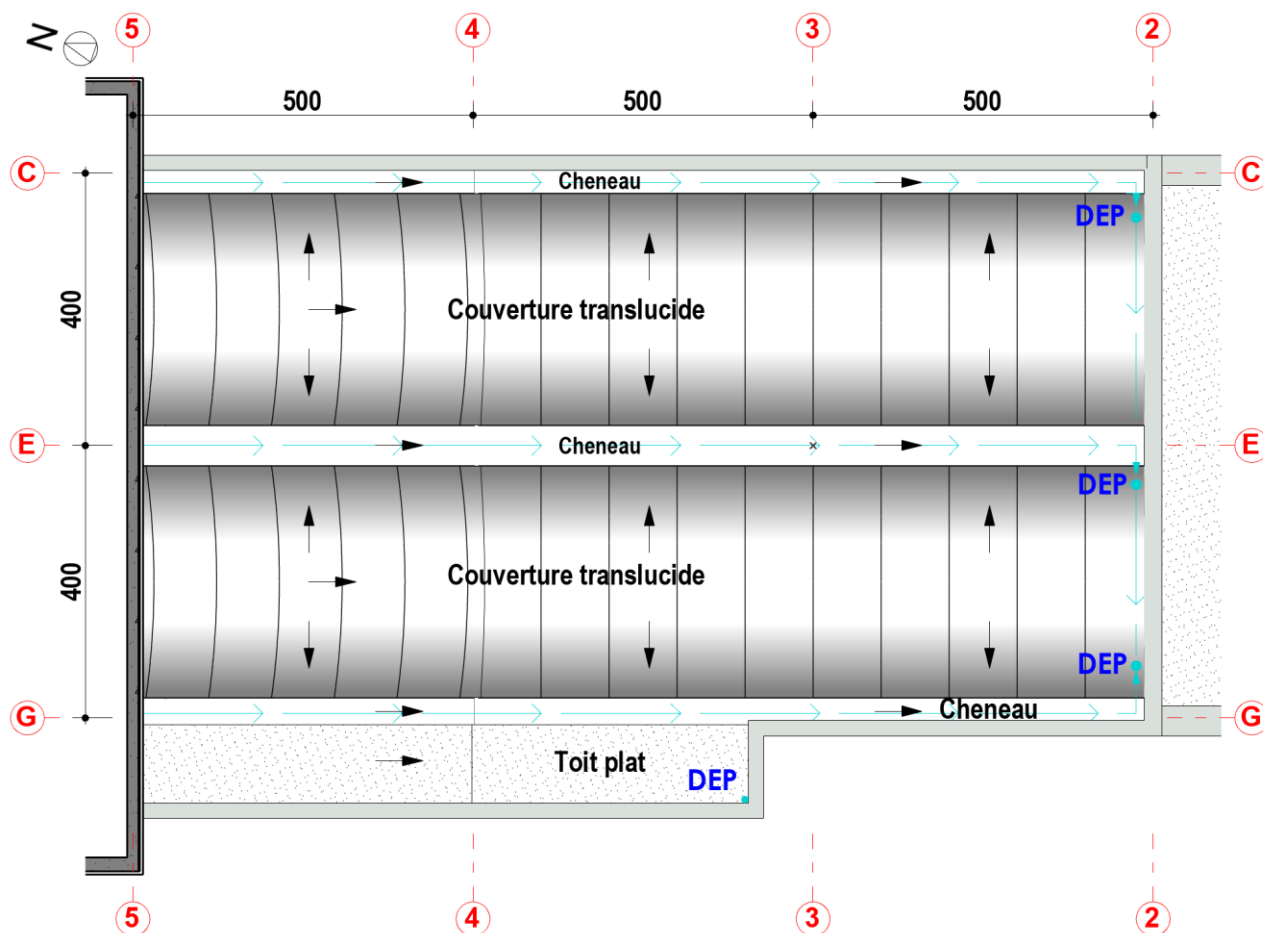
Plan des structures porteuses de la toiture



Photos d'un portique de rive

## 5.2 SCHEMA DIRECTEUR DES EAUX PLUVIALES

Au droit de chaque file de poutres, un cheneau encastré permet de recueillir les eaux pluviales des couvertures et les diriger vers des descentes en PVC situées à l'intérieur du local.

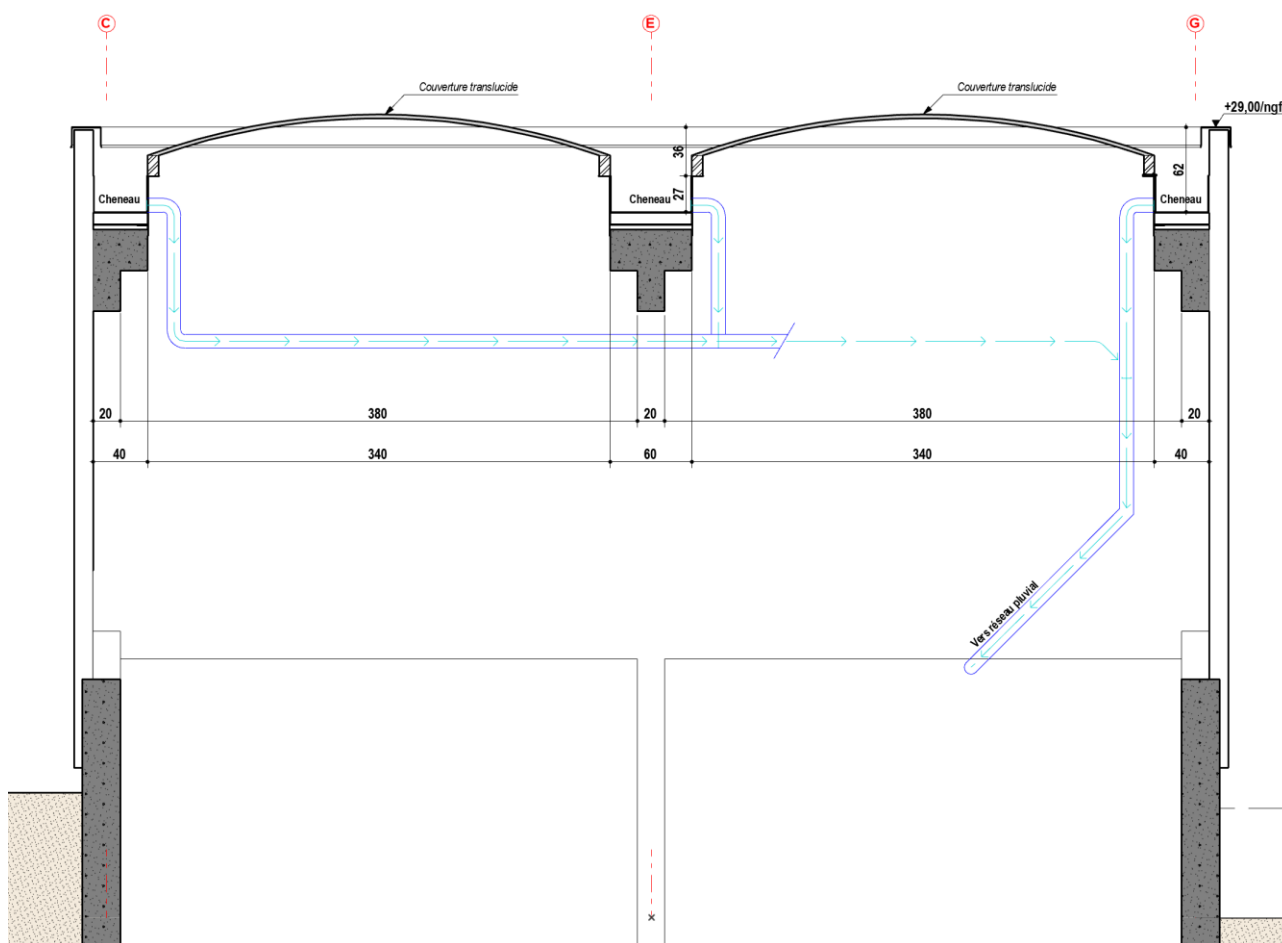


Plan de principe de la toiture initiale (actuellement déposée) et schéma directeur des eaux pluviales

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES

Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 - Nîmes (34)



*Coupe de principe de la toiture initiale (actuellement déposée) et schéma directeur des eaux pluviales*



*Photo des cheneaux et descentes PVC file 2*



*Photo des cheneaux*

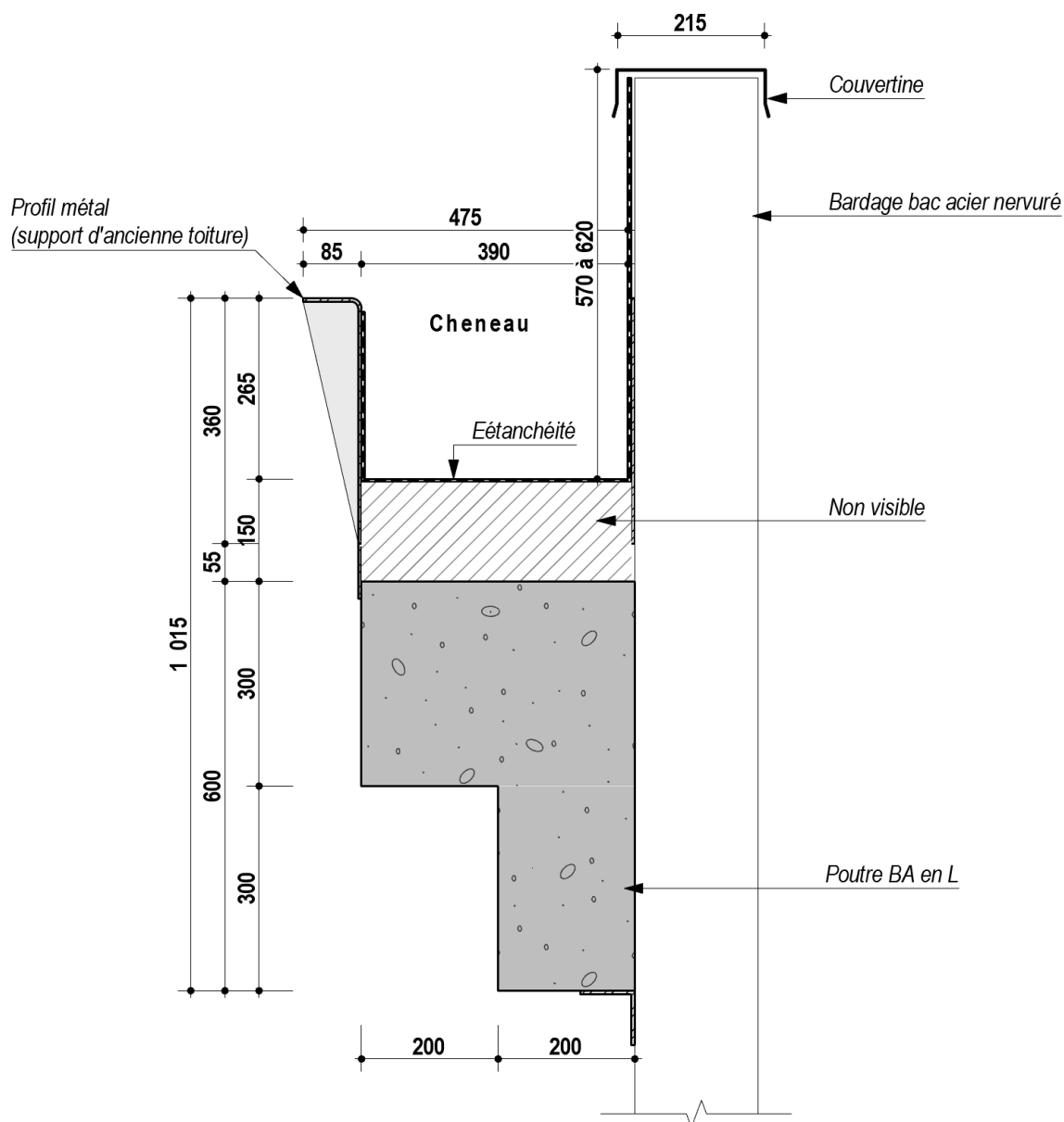


### 5.3 GEOMETRIE, CONSTITUTION

Les investigations sur site ont permis de mettre en évidence la nature et constitution des éléments porteurs de la toiture du poste de relevage suivantes :

- Des poutres de rive en forme de L renversé de 40x60 cm de section hors tout
- Des poutres intermédiaires en béton armé en forme de T de 60x60 cm de section hors tout
- Des poteaux rectangulaires en béton armé de 20x45 cm de section

La nature et la géométrie générale des éléments structuraux sont consignées sur les coupes ci-après et à l'échelle en document annexes.



*Coupe de principe des poutres de rive file C & G*

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES

Diagnostic structurel des éléments support de toit

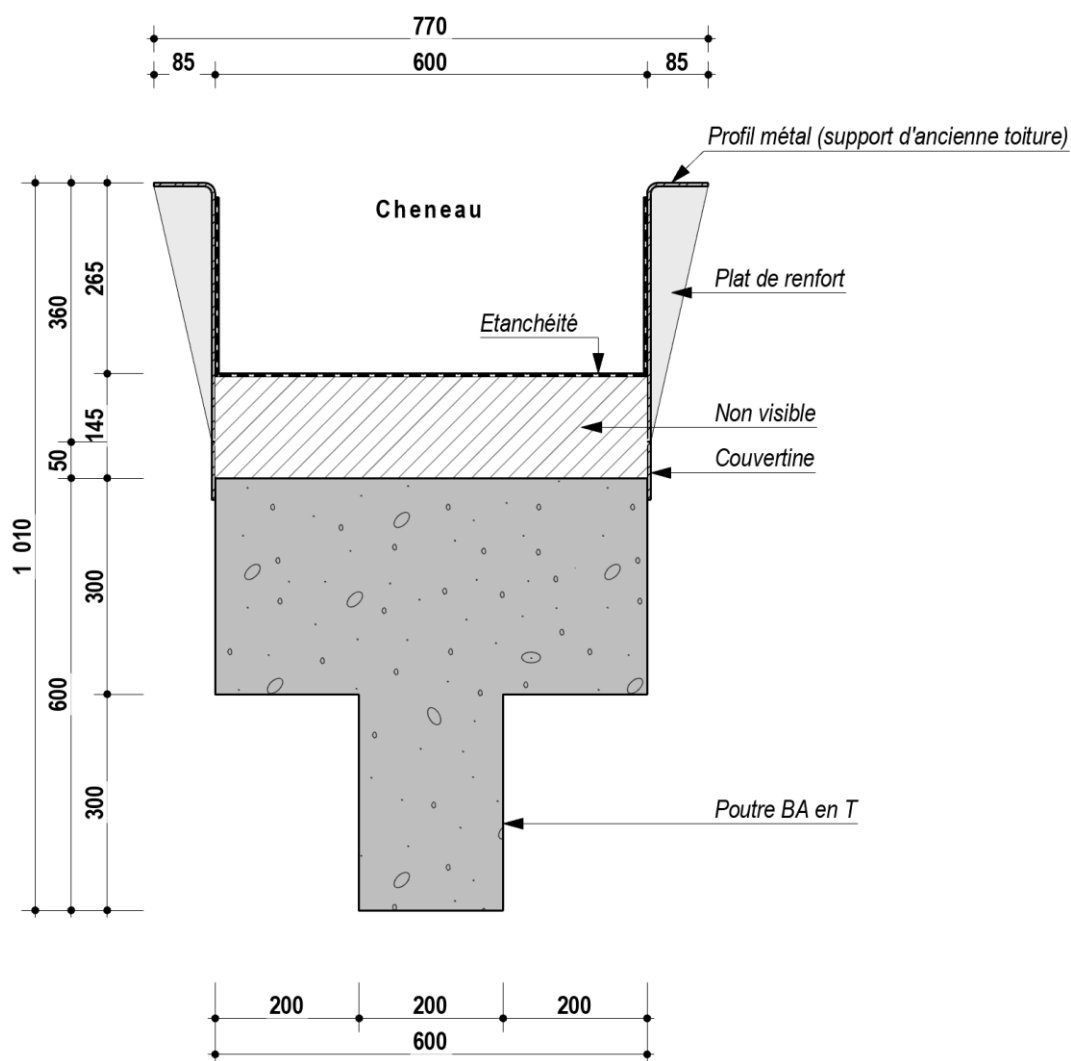
Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



Vue d'un nœud poteau/poutres en rive



Vue d'une poutre de rive en forme de L



Coupe de principe des poutres file E

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES

Diagnostic structurel des éléments support de toit

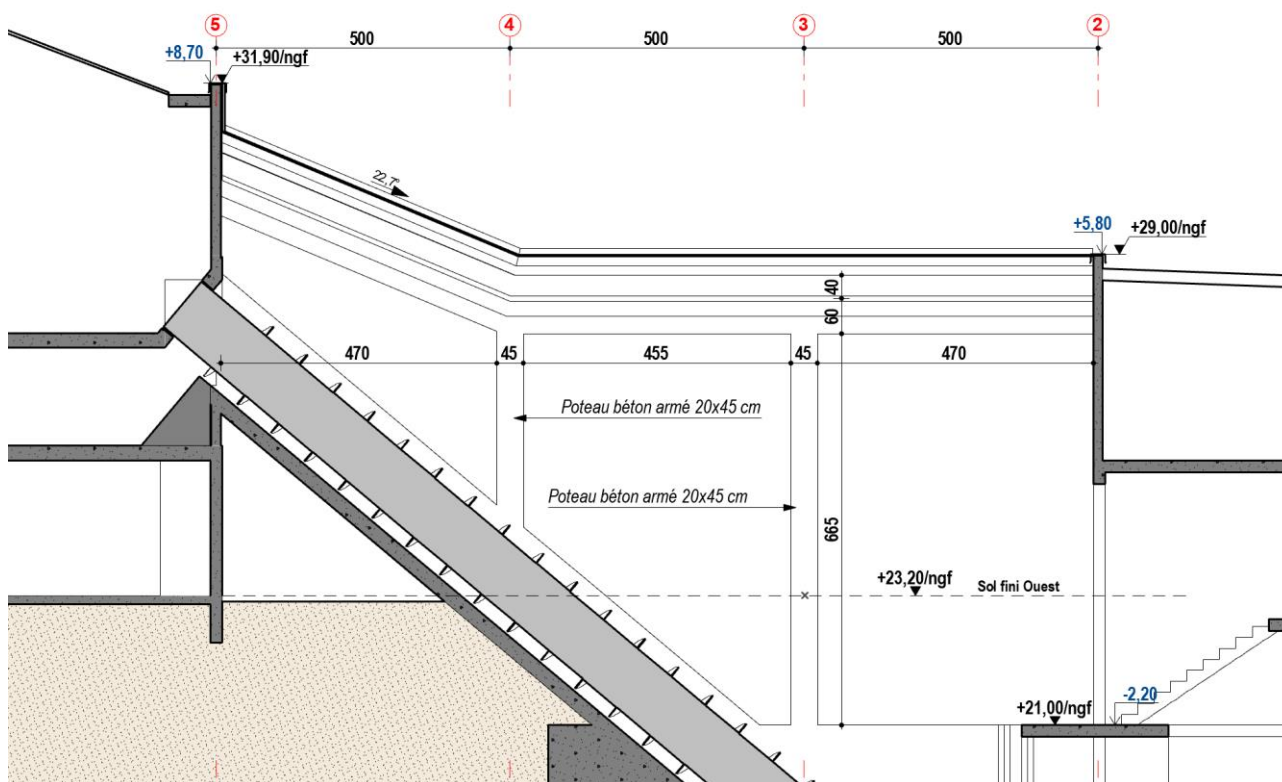
Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



*Vue d'un nœud poteau/poutres intermédiaires*



*Vue d'une poutre intermédiaire*



*Coupe longitudinale*



#### 5.4 ETAT DES LIEUX, DESORDRES

L'examen des parties visuellement accessibles des portiques poteaux/ poutres en béton armé du local de relèvement a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Un bon état général des poutres et poteaux en béton
- La présence ponctuelle d'aciers apparents corrodés (enrobage insuffisant à la mise en œuvre)
- La présence de fissures millimétriques sur poutres
- Un béton de surface des poutres BA pulvérulent, en particulier en sous face de poutres
- Des cheneaux métalliques présentant une corrosion avancée et nécessitant une dépose complète

Les désordres et leur localisation sont consignés sur plan en document annexes.



*D1 - Béton pulvérulent*



*D2 - Acier corrodé et fissure longitudinale sur poutre S1*



*D3 - Acier corrodé sur poutre S2*



*D4 - Eclat de béton sur poutre S5*





*D5 - Eclats de béton sur poutre S9*



*D6 - Aciers corrodés en tête de poteau S11*



*D7 - Acier corrodé et éclat de béton au droit de S13*



*D8 - Acier corrodé en tête de poteau S15*



*D9 - Evacuation PVC des eaux pluviales HS*



*D10 - Cheneau métallique corrodé*



## 5.5 CONTROLE DES ENROBAGES AU FERROSCAN

### 5.5.1 Objectifs des mesures

L'enrobage des armatures représente la distance entre la surface du béton et l'armature la plus proche (cadres, étriers, épingles, armatures de peau, etc.). Il doit être suffisant pour garantir la bonne protection de l'acier contre la corrosion ; la bonne transmission des efforts d'adhérence ; une résistance au feu convenable.

Les mesures d'enrobage statistiques sont comparées aux fronts de carbonatation et de chlorures des bétons. L'analyse croisée de ces données permet d'identifier le risque de corrosion des armatures et d'appréhender l'évolution des pathologies dans le temps.

Les mesures d'enrobage sont réalisées au moyen d'un Ferroskan PS 250 en mode détection. L'appareil enregistre les enrobages et, on obtient un histogramme où chaque barre représente une armature détectée par la sonde avec en abscisse l'enrobage de l'acier et en ordonnée la position de l'acier suivant le déplacement de la sonde. Ce mode de fonctionnement permet de réaliser des statistiques d'enrobage des armatures.

### 5.5.2 Résultats des mesures statistiques d'enrobage

Les profondeurs d'enrobages statistiques des armatures structurelles de peau détectées et enregistrées au moyen d'auscultation Ferroskan sont consignées dans le tableau ci-après :

N°	Localisation	Ligne Ferroskan n°	Longueur détection (m)	Nombre total d'aciers	Enrobage inférieur à			Enrobage moyen (mm)
					(Nombre / %)			
					10 mm	20 mm	30 mm	
S1	POUTRE BA - FILES : C2/C3	FQ1564	7,2	29	0 0%	12 41%	13 45%	33
S2	POUTRE BA - FILES : C3/C4	FQ1566	7,8	30	3 10%	14 47%	28 93%	20
S3	POUTRE BA - FILES : C4/C5	FQ1568	6,5	31	1 3%	15 48%	25 81%	23
S4	POUTRE BA - FILES : E2/E3	FQ1550	8,7	34	0 0%	11 32%	20 59%	28
S5	POUTRE BA - FILES : E3/E4	FQ1554	6,4	27	0 0%	6 25%	14 58%	24
S6	POUTRE BA - FILES : E4/E65	FQ1555	6,6	28	0 0%	12 43%	24 86%	24
S7	POUTRE BA - FILES : G2/G3	FQ1557	7,2	25	0 0%	2 8%	14 56%	29
S8	POUTRE BA - FILES : G3/G4	FQ1563	6,2	27	1 4%	10 37%	16 59%	25

N°	Localisation	Ligne Ferroskan n°	Longueur détection (m)	Nombre total d'aciers	Enrobage inférieur à			Enrobage moyen (mm)
					(Nombre / %)			
					10 mm	20 mm	30 mm	
S9	POUTRE BA - FILES : G4/G5	FQ1562	6,7	27	0 0%	9 33%	11 41%	35
S10	POTEAU BA - FILES : C3	FQ1565	1,8	7	0 0%	2 29%	6 86%	27
S11	POTEAU BA - FILES : C4	FQ1567	2,2	9	0 0%	1 11%	8 89%	26
S12	POTEAU BA - FILES : E3	FQ1559	3,9	15	0 0%	4 27%	12 80%	25
S13	POTEAU BA - FILES : E4	FQ1560	4,5	17	0 0%	0 0%	8 47%	32
S14	POTEAU BA - FILES : G3	FQ1558	2,9	13	0 0%	5 38%	5 38%	24
S15	POTEAU BA - FILES : G5	FQ1561	3,4	14	0 0%	8 57%	13 93%	21

### 5.5.3 Commentaires

L'analyse statistique de l'enrobage des armatures des poutres de portiques du poste de relevage évaluées au Ferroskan indique un enrobage compris entre 20 et 33 mm avec un enrobage moyen de 27 mm.

L'analyse statistique de l'enrobage des armatures des poteaux de portiques du poste de relevage évaluées au Ferroskan indique un enrobage compris entre 21 et 35 mm avec un enrobage moyen de 27 mm.

L'enrobage minimal des armatures est spécifié dans l'Eurocode 2 (EC2). Il dépend de la classe structurale et de la classe d'exposition de l'ouvrage (tableaux 4.1 et 4.3 NF de la norme EN 1992). En génie civil, la classe structurale à utiliser est S4 (durée d'utilisation du projet de 50 ans). La classe d'exposition soumise à des attaques chimiques est fixée dans les documents particuliers du marché. La classe d'exposition des ouvrages ne nous a pas été communiquées.

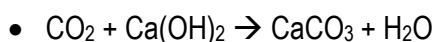
Néanmoins, en règle générale, un enrobage minimal des armatures de 30 mm suffit à assurer une durée d'utilisation du projet de 50 ans. L'enrobage moyen mesuré pour les poutres et les poteaux est inférieur à l'enrobage minimal de 30 mm.

De plus, il convient de comparer l'enrobage des armatures avec la profondeur de carbonatation du béton pour évaluer le risque de corrosion à venir. Dans le cas où la profondeur de carbonatation serait supérieure à l'enrobage des armatures, le risque à venir de corrosion devient élevé. Cette comparaison de l'enrobage des armatures avec la profondeur de carbonatation est réalisée dans le paragraphe 5.6.

## 5.6 CONTROLE DE LA PROFONDEUR DE CARBONATATION DES BETONS SUIVANT NF EN 14630

### 5.6.1 Processus de carbonatation des bétons

L'air contient du dioxyde de carbone à un taux moyen de 0,003% en volume (plus important en milieu urbain). Ce dioxyde de carbone réagit sur les différents hydrates du béton pour donner du carbonate de calcium selon la réaction suivante :



Cette réaction se produit en présence d'eau et d'alcalins.

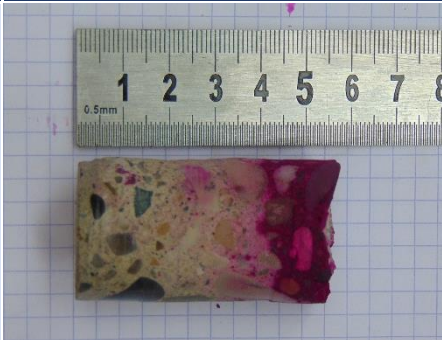
L'épaisseur de la couche carbonatée augmente proportionnellement à la racine carrée du temps. La vitesse de propagation de la réaction de carbonatation est fonction de la perméabilité au gaz des bétons (porosité).

L'alcalinité naturelle des bétons permet aux aciers de structure d'être conservés dans un milieu relativement protecteur vis-à-vis de la corrosion. En effet, à des pH élevés, la surface des aciers est passivée et les réactions de corrosion sont inexistantes.

La carbonatation des bétons a pour effet la chute du pH dans le milieu. Une dépassement des aciers se produit alors et le milieu devient propice à une attaque des aciers par la corrosion.

### 5.6.2 Résultats des essais

Les profondeurs de carbonatation ont été évaluées par la méthode à la phénolphthaléine suivant la norme NF EN 14630. Les résultats d'essais sont consignés dans les tableaux ci-après :

N° d'essai	Localisation	Profondeur de carbonatation (en mm)	Photo
S1	POUTRE BA - FILES : C2/C3 (Partie inférieure)	39	
S2	POUTRE BA - FILES : C3/C4 (Partie inférieure)	42	

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES

Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



N° d'essai	Localisation	Profondeur de carbonatation (en mm)	Photo
S3	POUTRE BA - FILES : C4/C5 (Partie supérieure)	22	
S4	POUTRE BA - FILES : E2/E3	20	
S5	POUTRE BA - FILES : E3/E4	36	
S6	POUTRE BA - FILES : E4/E65	32	
S7	POUTRE BA - FILES : G2/G3	38	

# ETUDE DE DIAGNOSTIC ET DE FAISABILITE DE REMISE DU TOIT DES PRETRAITEMENTS DE LA STEU DE NIMES




Diagnostic structurel des éléments support de toit

Station de traitement des eaux usées Nîmes Ouest - Bâtiment A1 – Nîmes (34)



N° d'essai	Localisation	Profondeur de carbonatation (en mm)	Photo
S8	POUTRE BA - FILES : G3/G4	26	
S9	POUTRE BA - FILES : G4/G5	47	
S10	POTEAU BA - FILES : C3	55	
S11	POTEAU BA - FILES : C4	37	
S12	POTEAU BA - FILES : E3	52	



N° d'essai	Localisation	Profondeur de carbonatation (en mm)	Photo
S13	POTEAU BA - FILES : E4	33	
S14	POTEAU BA - FILES : G3	58	
S15	POTEAU BA - FILES : G5	28	

### 5.6.3 Commentaires

La profondeur maximale de carbonatation du béton des poutres de portiques du poste de relevage est de 47 mm.

La profondeur maximale de carbonatation du béton des poteaux de portiques du poste de relevage est de 58 mm.

La profondeur de carbonatation doit être comparée à l'enrobage des armatures pour évaluer le risque de corrosion à venir.

La profondeur de carbonatation du béton mesurée sur les poutres et les poteaux des portiques est supérieure à l'enrobage des armatures (Enrobage de 27 mm en moyenne). On peut considérer que les armatures des éléments constituant les portiques sont situées dans la zone carbonatée du béton et par conséquent dans un milieu propice au développement de la corrosion.

## 5.7 TENEURS EN CHLORURES DANS LES BETONS

### 5.7.1 Préambule

La présence d'une pollution par les chlorures dans les bétons pouvant entrer en jeu dans le mécanisme de la corrosion est généralement recherchée sur les ouvrages construits en bord de mer, ce qui n'est pas le cas pour la station d'épuration. Cependant, l'objectif de cette analyse est de vérifier la présence d'une pollution aux chlorures des bétons amenée par les eaux usées.

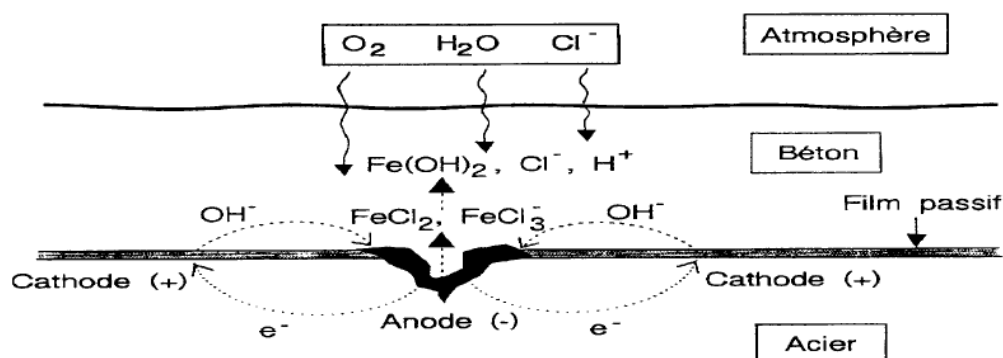
### 5.7.2 Processus de corrosion des aciers par les chlorures



La vitesse de corrosion de l'acier dans le béton est plus élevée en présence d'ions chlorures (eau de mer ou sels fondants).

Le premier effet des chlorures est de diminuer la résistivité de la solution électrolytique dans le béton ; un second effet se manifeste au niveau de la surface métallique par un mécanisme d'amorçage de la corrosion dû soit à la dépassement de la couche superficielle, soit à la migration des chlorures à travers le film d'oxyde.

Le mécanisme de la corrosion est présenté ci-dessous. L'attaque du métal est localisée en des points particuliers, les piqûres, qui constituent les sites anodiques ; les sites cathodiques étant constitués par le film passif environnant.



### 5.7.3 Mode opératoire

Des poudres de béton ont été prélevées en surface sur les premiers centimètres des éléments de structures. Les échantillons ont été soumis à une analyse chimique de manière à détecter la présence d'éléments responsables de pathologies dans les bétons et structures (ions chlorures). Les taux de ces éléments agressifs sont ramenés à la quantité de ciment dans l'échantillon et comparés aux seuils prévus par la réglementation en vigueur.

Les poudres de béton ont été analysées par un laboratoire de la construction de notre réseau partenaire. Le mode opératoire pour le dosage des chlorures a été le suivant :

Préparation des échantillons :

- Pré séchage des échantillons dans une étuve ventilée à 40°C.
- Broyage à 0,315 mm.

Essais :

- Dosage de la silice (SiO<sub>2</sub>) par spectrométrie d'émission plasma à couplage inductif (ICP) selon le mode opératoire recommandé par GranDuBé.
- Dosage des chlorures libres (Cl) par potentiométrie après extraction à l'eau selon le mode opératoire recommandé par GranDuBé.

5.7.4 Résultats

La teneur en chlorures libres obtenue, ainsi que ces mêmes teneurs exprimées par rapport au ciment au droit de P1, P2 et P3 sont présentées, en pourcentage massique, dans le tableau suivant :

N° d'essai	Localisation	% ciment*	%Cl Libre	%Cl Libre / ciment
P1	POUTRE BA – FILES E2/E3	20	0,020	0,10
P2	POUTRE BA – FILES E4	20	<0,010	<0,05
P3	POUTRE BA – FILES G3/G4	20	0,018	0,09

\*Les teneurs en ciment des poudres de béton analysées sont calculées par la méthode de la silice soluble conformément à GranDuBé en considérant que le ciment titre 22% de silice soluble (cas d'un ciment CEMII à base de laitier ; on note en effet la présence de sulfures caractéristiques du laitier de haut-fourneau).

5.7.5 Commentaires

La teneur critique en chlorures pouvant amorcer un phénomène de corrosion est admise à 0,4 % par rapport au ciment au niveau des armatures (conformément au tableau 10 « Teneur maximale en ions chlorure du béton » de la norme NF EN 206-1 « Béton : Spécification, performances, production et conformité » qui spécifie cette teneur en amont des fabrications de béton).

Dans le cas présent, les poudres de béton prélevées sur les faces latérales des poutres des files E et G présentent une teneur en chlorures libres inférieures à la teneur critique de 0,4% conformément aux spécifications de la norme NF EN 206-1. La corrosion par le mécanisme des chlorures peut être écartée.

## **6 SYNTHÈSE ET COMMENTAIRES**

---

### **6.1 RAPPEL DES OBJECTIFS**

La présente mission s'inscrit dans le cadre du projet de remise du toit du bâtiment des prétraitements de la Station de traitement des eaux usées de Nîmes située Impasse des Jasons à Nîmes (30).

Le toit de la partie des prétraitements de la station de traitement des eaux usées de Nîmes a été enlevé pour le renouvellement des vis sans fin. La structure qui portait le toit est composée :

- D'éléments métalliques qui sont très corrodées,
- De portiques poteaux/ poutres en béton armé.

Dans ce contexte, ACSM-FRANCE a été sollicitée pour la réalisation d'un diagnostic de la structure porteuse actuelle ainsi que l'étude de faisabilité avec proposition de solution techniques pour la remise du toit du bâtiment des prétraitements.

Le présent rapport consigne les résultats **du diagnostic des structures porteuses de l'ancienne toiture** des prétraitements dans le périmètre du programme de la mission.

### **6.2 LIMITES DE L'ETUDE**

L'interprétation des résultats et la synthèse générale ont été réalisées à partir des investigations effectuées sur une zone particulière de l'ouvrage objets de l'étude. Ces investigations sont limitées à la réalisation de quelques points de sondages, prélèvements, essais in-situ et de laboratoire et peuvent ne pas être représentatives de l'ensemble des ouvrages du site.

Pour rappel, la profondeur d'enrobage, la détection ou le positionnement d'armatures ont été évalués aux moyens de techniques d'auscultations électromagnétiques de types Ferroskan et/ou Radar. La qualité du signal, et donc des interprétations qui en sont faites, dépendent du nombre de couches traversées, de leurs propriétés diélectriques et des effets d'écrans dans le cas de forte densité de ferrailage. La limite d'investigation du Ferroskan dans des conditions d'auscultations optimales est de 100 mm. La limite d'investigation du radar dans des conditions d'auscultations optimales est de 300 mm. L'incertitude maximale sur l'estimation des épaisseurs de couches données par l'appareil peut atteindre 30% et dépend de la constante diélectrique des matériaux traversés par le signal radar. La résolution spatiale (capacité à distinguer 2 armatures proches) des appareils est comprise entre 50 mm et 70 mm selon profondeur d'enrobage et/ou diamètre des armatures.

Cette analyse multicritère permet néanmoins de souligner les tendances générales et doit être considérée comme un outil de décision dans le choix d'une stratégie de réparation ou de maintenance.

### 6.3 REPONSES APORTEES

Les relevés structurels ont permis de vérifier la géométrie, la nature, et la constitution des ouvrages rentrant dans le périmètre du programme. Les résultats du recollement structurel sont présentés dans les paragraphes précédents et sous formes graphiques à l'échelle en document annexes.

Pour rappel, d'après les informations communiquées par le maître d'ouvrage, le local de relevage était, jusqu'à récemment, recouvert par deux toitures cintrées indépendantes en plaques translucides.

La maintenance des équipements du local de relevage, notamment le changement des vis sans fin par grutage, a nécessité la dépose des toitures existantes

Compte-tenu de la vétusté des éléments de toitures existantes, le maître d'ouvrage a pris la décision de ne pas remettre en place l'ancienne toiture.

La toiture étant depuis ouverte, le maître d'ouvrage envisage la mise en œuvre d'une nouvelle toiture en réutilisant, si cela est possible, les ossatures porteuses de l'ancienne toiture.

Les investigations sur site réalisées sur les ossatures porteuses de l'ancienne toiture du local de relevage ont permis de mettre en évidence les points suivants :

- Des structures porteuses composées de 3 files de portiques poteaux / poutres en béton armé. Chaque portique se compose de trois poutres en appui sur les murs de refend en rive et sur des poteaux intermédiaires.
- La présence de profilés métalliques fixés sur l'arase supérieure des poutres des portiques BA. Ces profilés métalliques sont les vestiges des éléments constitutifs de toitures faisant également office de chéneaux. Ces profilés métalliques **sont dégradés du fait de la corrosion très avancée**.
- Un ancien schéma directeur des eaux pluviales consistant à ramener gravitairement les eaux de pluie des toitures cintrées vers les chéneaux. Les eaux de pluie étaient évacuées en bout de chéneaux par l'intermédiaire des descentes EP. Actuellement en l'absence de toiture, il ne reste plus que les vestiges des chéneaux et descentes EP PVC Hors Service. Lors des épisodes pluvieux, les eaux de pluie se déversent dans le local de relevage.
- Un béton des portiques poteaux/ poutre **dans un état globalement satisfaisant mais** affecté ponctuellement par des fissures, épaufrures, amorces d'éclats et éclats de béton avec aciers apparents corrodés et, de manière plus générale, présentant une érosion chimique superficielle
- Les armatures structurelles de poutres et de poteaux de portiques présentent un enrobage statistique moyen de 27 mm. La profondeur maximale de carbonatation du béton des poutres et poteaux de portiques du poste de relevage est de 47 mm. En comparant, la valeur d'enrobage des armatures avec la profondeur de carbonatation, on peut constater que la profondeur de carbonatation du béton mesurée sur les poutres et les poteaux des portiques est globalement supérieure à l'enrobage des armatures. On peut donc considérer que les armatures des éléments constituant les portiques sont situées dans la zone carbonatée du béton et par conséquent dans un milieu propice au développement de la corrosion.



Dans ces conditions, la mise en œuvre d'une nouvelle toiture dans le local de relèvement, en réutilisant les ossatures porteuses de l'ancienne toiture (portiques BA), reste envisageable.

Les principes et les conditions de mise en œuvre de la nouvelle toiture dans le local de relèvement sont développés dans le rapport d'étude de faisabilité.

# **ANNEXES**

- > **Annexe 1** : Plan d'implantation des sondages
- > **Annexe 2** : Plan de relevé de désordres
- > **Annexe 3** : Coupes types & détails de sondages