

Ville de Saint-Germain-en-Laye  
78101 SAINT-GERMAIN-EN-LAYE CEDEX

À l'attention de Mme LEMPIRE,

Antony, le 18 décembre 2023



N/REF : STO-23-400 - DIAG - A - Ville de SGL - Audit structure Bonnenfant - Saint-Germain-en-Laye

Affaire suivie par :  
Mathieu ROUTIS  
[mathieu.routis@structureo.fr](mailto:mathieu.routis@structureo.fr)  
Tel : 06 73 02 88 50

## Audit structure Bonnenfant - Saint-Germain-en-Laye

Edifice : 30 - 34 rue Bonnenfant  
78100 Saint-Germain-en-Laye

---

A la demande et pour le compte de : Ville de Saint-Germain-en-Laye  
78101 Saint-Germain-en-Laye Cedex



## Sommaire

<b>1. AVANT PROPOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPTION GENERALE DE L'OUVRAGE.....</b>	<b>4</b>
2.1 DESCRIPTION GENERALE DU SITE .....	4
2.2 DESCRIPTION STRUCTURELLE ET ANALYSE DES DOCUMENTS DISPONIBLES .....	5
2.2.1 <i>Combles – Charpente</i> .....	5
2.2.2 <i>Sous-sol</i> .....	7
<b>3. MISSION STRUCTUREO.....</b>	<b>11</b>
3.1 RECUEIL DE DONNEES .....	11
3.2 INSPECTIONS VISUELLES ET DESORDRES CONSTATES.....	11
<b>4. AUDIT VISUEL.....</b>	<b>13</b>
4.1 SOUS-SOL – 2 – GALERIES SOUTERRAINES.....	13
4.2 SOUS-SOL – 1.....	20
4.3 COMBLES/CHARPENTES .....	24
4.4 HORS PERIMETRE MISSION : DESORDRES ANNEXES.....	27
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>29</b>
5.1 SYNTHESE DE RECONNAISSANCE STRUCTURELLE VISUELLE .....	29
5.2 DESORDRES.....	29
5.3 DESORDRES ANNEXES .....	30

## 1. AVANT PROPOS

Dans le cadre du projet de cession d'un bâtiment appartenant à la Ville de Saint-Germain-en-Laye, la MOA représentée par Mme LEMPIRE (Chef de service Etudes et conduite de projet de la ville), a mandaté le BET STRUCTUREO afin de réaliser un audit structurel des combles du bâtiment ainsi que des deux niveaux de sous-sol de l'ouvrage.

Le but de cet audit entièrement visuel est de faire un premier état des lieux des désordres structurels existants dans les zones visibles et accessibles (combles et sous-sols) permettant de définir, in-fine si possible (en fonction des données recueillies sur site et des archives) et si nécessaire, des préconisations d'études et/ou de confortement afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage.



Figure 1 : Repérage du bâtiment concerné par le présent diagnostic (encadré en pointillé noir) - source : dossier n° 13GS - Bonnenfant datant du 10/08/2021 et transmis par Mme LEMPIRE en date du 16/08/2023

La présente étude a donc pour objectif :

- Analyse de l'ensemble des documents disponibles (DOE, plans d'archives, rapport d'expertise, ...) afin de réaliser une étude critique de ces éléments permettant in-fine de déterminer si possible : principe structurel des zones concernées par les investigations (combles et sous-sols - si assez de données), la nécessité d'études complémentaires et/ou de diagnostics complémentaires, des désordres existants et de leur ampleur ;
- Audit structure visuel et sanitaire des combles et des éléments de la charpente du bâtiment visibles et accessibles ;
- Audit structure visuel des 2 niveaux de sous-sol et notamment des voûtes existantes de manière à en définir leur état de conservation, si des investigations complémentaires sont nécessaires (type recalcul ou sondage destructif par exemple) et de définir globalement leur configuration (sens de portée notamment) ;
- Préconisations de traitement et/ou confortement si assez de données recueillies ;
- Préconisations d'études et/ou investigations complémentaires si nécessaire.



## 2. DESCRIPTION GENERALE DE L'OUVRAGE

### 2.1 Description générale du site

L'ouvrage étudié se situe au 30-34 rue André Bonnenfant à Saint-Germain-en-Laye (78100).

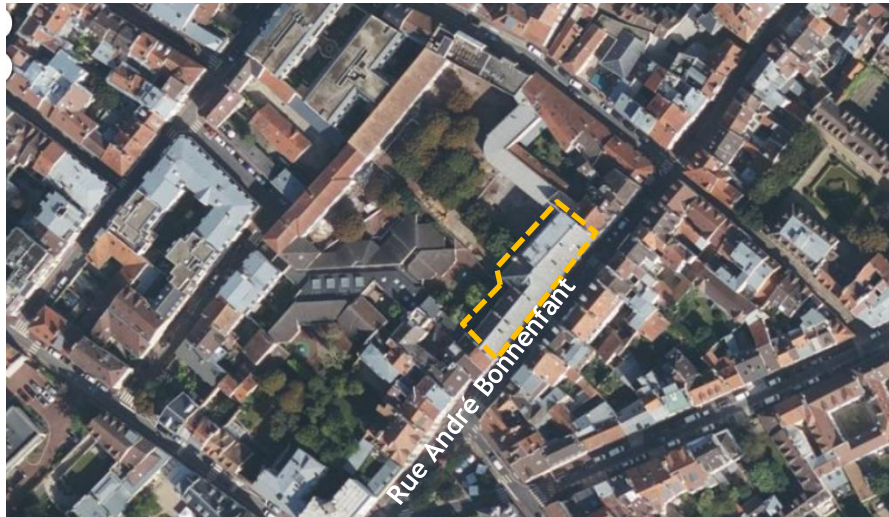


Figure 2 : Localisation de l'ouvrage étudié (encadrement jaune) - Source : Géoportail

Le bâtiment est un ouvrage de 4 niveaux en superstructure (RDC à R+3), le niveau R+3 correspondant aux combles partiellement aménagés (logement notamment). Deux niveaux de sous-sols constituent l'infrastructure de l'ouvrage.

L'exploitation entière de l'ouvrage n'est pas déterminée (à vérifier dans le cadre d'étude de projet de réhabilitation / rénovation si nécessaire). Néanmoins, il est à noter qu'une partie de l'ouvrage présente une exploitation de type « habitation » au sens de la NF EN 1991 (présence de logement en superstructure). Le 1<sup>er</sup> sous-sol semble avoir été majoritairement exploité en tant que caves probablement associées aux locataires/propriétaires. La chaufferie de l'immeuble est également localisée au niveau SS-1. Le 2<sup>ème</sup> sous-sol ne semble pas avoir été exploité durant les dernières années (lieu ne présentant aucun signe d'exploitation).

Les investigations ont porté sur les deux niveaux de sous-sol et sur les combles / éléments structurels de la charpente dans les zones visibles (structures à nues) et accessibles.

L'ouvrage étudié est un bâtiment ancien datant fort probablement des années antérieures à 1930 (images aériennes d'archives les plus anciennes illustrant le bâtiment datant de 1930 d'après le site remonter le temps » - cf. image ci-dessous). Il n'est pas possible de définir précisément la date de construction du bâtiment, néanmoins, cette dernière est antérieure à 1930.



Figure 3 : Archives images aériennes 1930 - Saint-Germain-en-Laye - Sources : Remonter le temps - IGN

## 2.2 Description structurelle et analyse des documents disponibles

La description structurelle se concentre sur les zones investiguées faisant partie du périmètre de la mission, à savoir : combles (niveau R+3), sous-sol -1 et sous-sol -2.

### 2.2.1 Combles - Charpente

La charpente de l'ouvrage semble répondre aux principes structurels définis ci-dessous selon les zones visibles et accessibles lors de l'intervention du jeudi 23 novembre et du vendredi 24 novembre inclus :

- Toiture deux pans avec une zone caractérisable par une croupe et une noue ;
- Couverture en ardoise reposant sur des liteaux bois repris eux-mêmes par des chevrons bois ;
- Pannes bois portant au niveau des files principales (fermes bois ou voiles maçonnés positionnés perpendiculairement à la longueur du bâtiment). Pannes parallèles à la longueur du bâtiment présentant une portée variable (de l'ordre de 3 à 5 m) ;
- Files principales composées de voiles maçonnés (refends), fermes principales bois et/ou demi-voile maçonnés associés à des demi-fermes. La portée des files principales correspond à la largeur du bâtiment soit environ 9 à 14 m ;
- Il est à noter que certaines files principales semblent discontinues (cf. image ci-dessous - cercles rouges), notamment poutres métalliques plancher bas. Il est possible que les poutres métalliques reposent sur un voile au niveau inférieur. Ce point singulier devra être vérifié dans le cadre de projet de rénovation/réhabilitation/restructuration ;
- Les voiles maçonnés sont constitués de moellons pierre ;
- Les fermes bois sont composées de : arbalétriers bois, poinçons bois, contrefiches bois, entrants retroussés bois et entrant métalliques (profilés constituant également l'appui du plancher bas des combles) ;
- Le plancher bas des combles semble être constitué de solives bois perpendiculaires aux files principales. Ces solives bois se reposent au niveau des profilés métalliques. Dans le cadre de projet d'aménagement/reconstruction/réhabilitation (type changement d'exploitation ou autre), il est recommandé de procéder à une étude de faisabilité (type diagnostic structure) afin de vérifier la capacité portante du plancher bas des combles - ferme y compris.

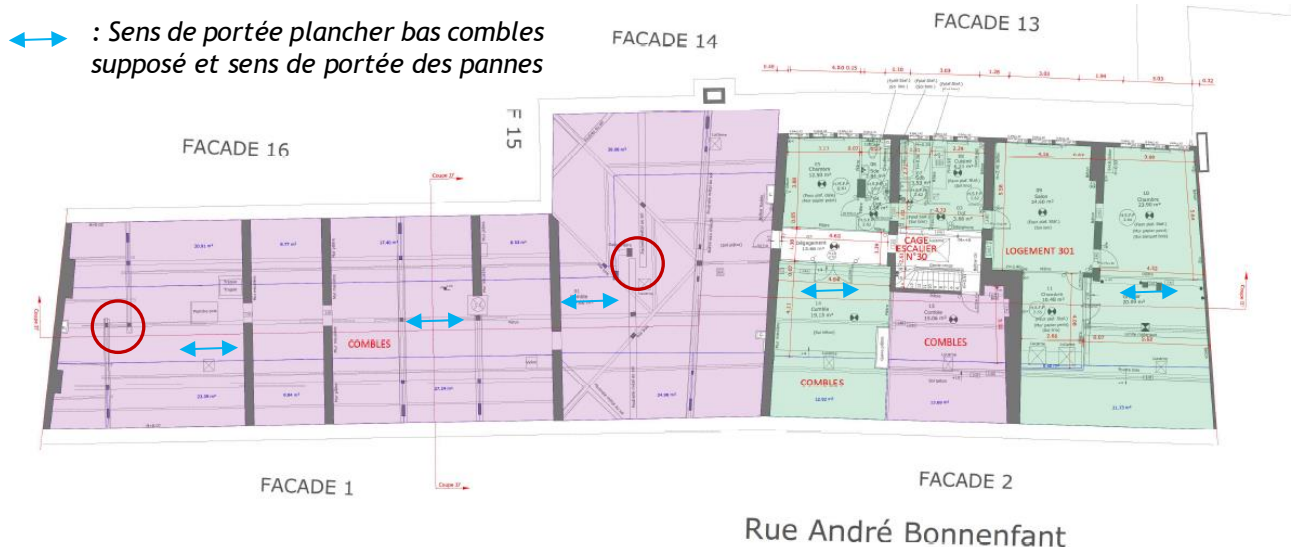


Figure 4 : Vue en plan niveau R+3 (combles) - source : dossier n° 13GS - Bonnenfant datant du 10/08/2021 et transmis par Mme LEMPIRE en date du 16/08/2023





Figure 5 : Vue ferme bois charpente - R+3



Figure 6 : Vue combles - R+3



Figure 7 : Vue ensemble combles - R+3



Figure 8 : Vue ferme bois charpente - R+3



Figure 9 : Vue liteaux-chevrons - charpente

### 2.2.2 Sous-sol

#### Sous-sol -1

Le sous-sol-1 de l'ouvrage semble répondre aux principes structurels définis ci-dessous selon les zones visibles et accessibles lors de l'intervention du jeudi 23 novembre et du vendredi 24 novembre inclus :

- Deux typologies de structure sont visibles au niveau du sous-sol - 1 (cf. image ci-dessous), à savoir :
  - Structure de type plancher poutrelles métalliques avec hourdis (de nature non déterminé - absence de sondage destructif) ;
  - Structure de type voûte maçonné en pierre (typologie exacte non défini du fait de l'absence de sondage destructif - arcs pleins ceintre ? arcs anse de panier ? ...).
- Les voiles sont pour la majorité maçonnés ;
- L'ensemble des sens de portées des planchers métalliques et des sens de courbure des voûtes relevés sont reportés ci-dessous.

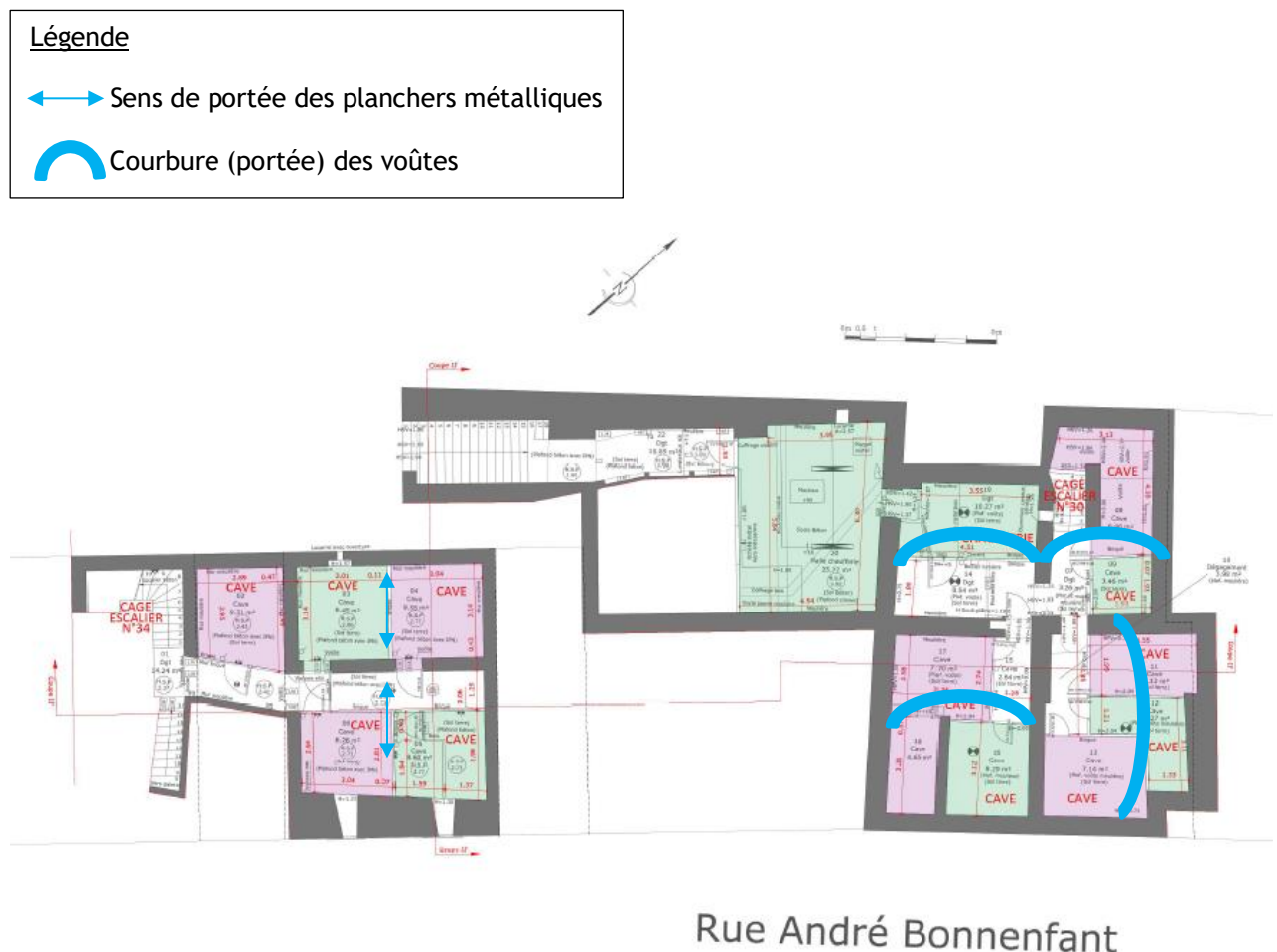


Figure 10 : Vue en plan niveau PH R-1 - source : dossier n° 13GS - Bonnenfant datant du 10/08/2021 et transmis par Mme LEMPIRE en date du 16/08/2023



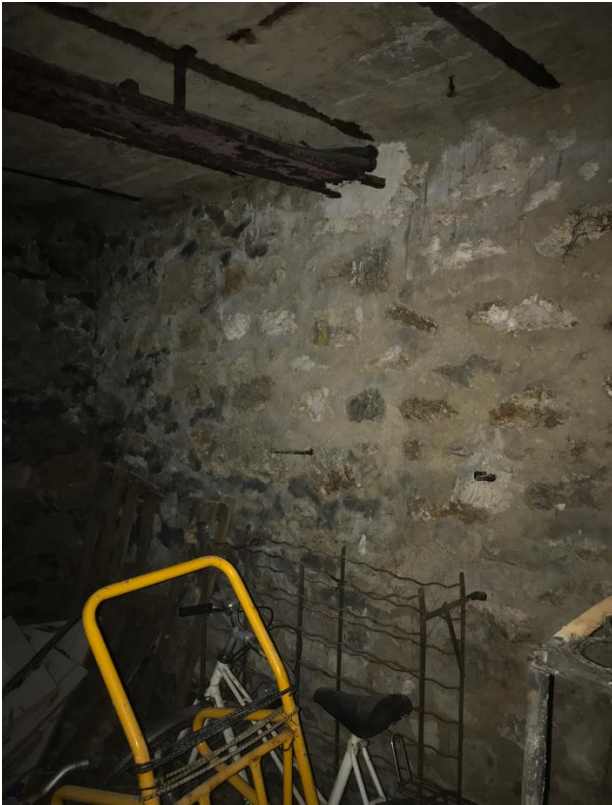


Figure 11 : Vue PH SS-1 - partie plancher métallique



Figure 12 : Vue PH SS-1 - partie plancher métallique



Figure 13 : Vue PH SS-1 - partie voûtée



Figure 14 : Vue PH SS-1 - partie voûtée



### Sous-sol -2

Le sous-sol-2 de l'ouvrage semble répondre aux principes structurels définis ci-dessous selon les zones visibles et accessibles lors de l'intervention du jeudi 23 novembre et du vendredi 24 novembre inclus :

- Structure de type voûtes maçonnées en pierre sur l'ensemble du niveau ;
- Suivant le document d'archive transmis par la MOA dénommé « 13GS-Bonnenfant\_plan galeries souterraines » (document archive), le niveau sous-sol-2 notamment les voûtes sont qualifiées de « grand berceau voûté avec arcs doubleaux en plein ceintre » (non vérifié par sondage destructif lors de la présente mission). Cette galerie souterraine qualifiée de « vestiges [...] fortification » par le document est supposée dater du XI / XII siècles ;
- Ce sous-sol s'étale non seulement sur une partie du bâtiment étudié mais également sur la cour intérieure de l'ouvrage et semble se prolonger sous les bâtiments voisins (probablement communiquant avec les habitations voisines - à vérifier par une étude cadastrale et/ou inspections in-situ de l'étendue de la galerie) ;
- La disposition du sous-sol se caractérise par une voûte constituant le cheminement principal (de minimum 17 m de long suivant le document d'archive) desservant d'autres pièces constituées de voûtes plus petites de part et d'autre de ce cheminement principal ;
- Un regard (probable unique source d'aération) est présent au niveau d'une salle de la voûte principale ;
- Des vestiges d'escaliers et probablement la présence de cavités sous ce niveau sont à noter au niveau de ce sous-sol -2 (confirmé par le document d'archive) ;
- Suivant ce document d'archive le niveau bas du sous-sol -2 semble se situer à environ 8,60 m de la surface de la rue André Bonnenfant (à vérifier par une étude complémentaire si nécessaire) ;
- Des renforcements/confortements béton ont également été observés (une partie est repérée suivant la figure ci-dessous) au niveau de certaines salles probablement réalisés à la suite ou en prévention de désordres structurels majeurs (aucune information supplémentaire fournie par la MOA concernant ces renforcements ni date de réalisation ni DOE). Ces renforcements semblent correspondre, au moins en partie, aux zones qualifiées de « très dangereuses » par le plan du niveau SS-2 transmis par la MOA ;
- Les sens de portée des voûtes sont reportés ci-dessous sur une partie des pièces visitées ;
- Il est difficile de définir si le bâtiment actuel repose, au moins en partie, sur ces vestiges de galeries souterraines (en fonction du projet). Ainsi, il est recommandé de vérifier les éventuelles interactions structurelles (notamment au niveau de fondations mais aussi au niveau des planchers bas SS-1 et RDC entre la superstructure, R-1 et galeries souterraines R-2).

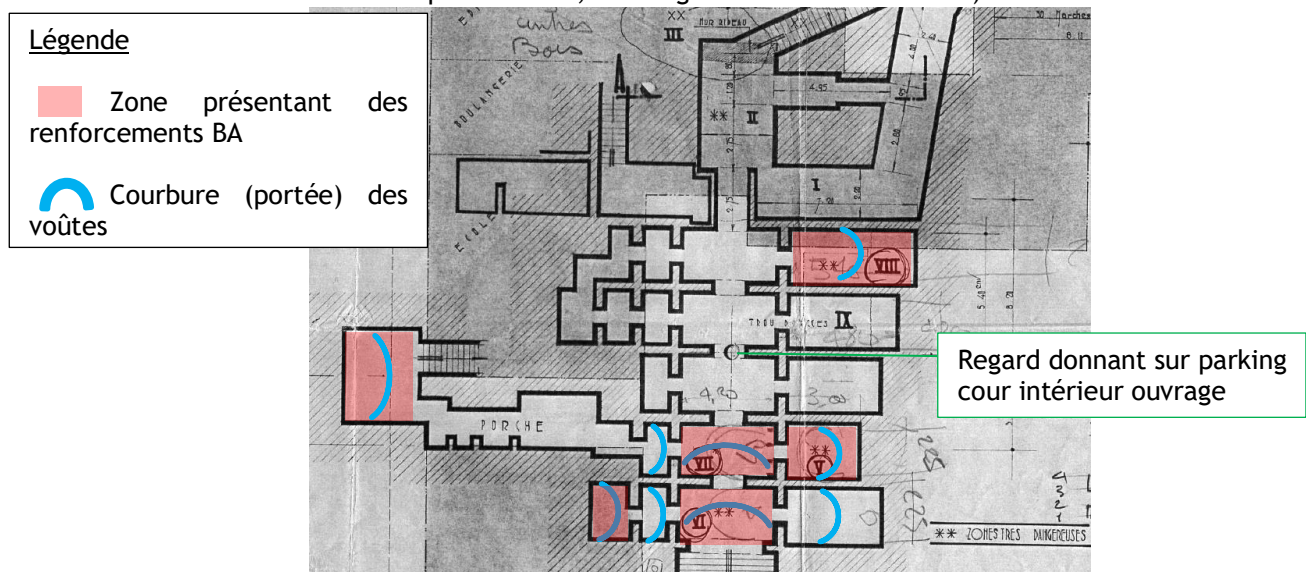


Figure 15 : Vue en plan galeries souterraines PH SS-2 - source : dossier n°13GS - Bonnenfant datant du 10/08/2021 et transmis par Mme LEMPIRE en date du 16/08/2023



Figure 16 : Vue renforcement BA - galeries souterraines



Figure 17 : Vue renforcement BA - galeries souterraines



Figure 18 : Vue voûtes - galeries souterraines



Figure 19 : Vue voûtes - galeries souterraines

### 3. MISSION STRUCTUREO

---

#### 3.1 Recueil de données

La mission de STRUCTUREO a débuté par une consultation et une collecte des documents diffusés et demandés auprès de la maîtrise d'ouvrage. L'ensemble des documents jugés pertinents, reçus et étudiés dans le cadre de cette mission mais aussi plus globalement dans le cadre de l'ensemble du site concerné par le projet sont listés ci-dessous (transmis par la MOE courant août 2023).

- « 13 GS Bonnenfant \_ document archives - explorations souterraines » ;
- « 13 GS Bonnenfant \_ plan galeries souterraines » ;
- « 13 GS Bonnenfant \_ plan masse insertion galeries » ;
- « 13B3 2021-08-10 Dossier plans ».

L'étude de la documentation a permis d'avoir une première compréhension des structures en place (notamment dans les niveaux concernés par l'audit) et de l'étendue du niveau du sous-sol-2 (en considérant la superposition transmise par la MOA comme correcte).

#### 3.2 Inspections visuelles et désordres constatés

##### Méthodologie

Un ingénieur chef de projet accompagné par un technicien STRUCTUREO sont intervenus pour la réalisation d'une inspection visuelle du site, de relevés géométriques et de relevés radar en date du 23/11/2023 et du 24/11/2023.

Lors de cette intervention, il a pu être inspecté les zones accessibles et visibles concernées par l'audit visuel, à savoir :

- o Combles / charpentes ;
- o Sous-sol-1 ;
- o Sous-sol-2 (galeries souterraines sous l'emprise du bâtiment - hors zones sous parcelle voisine et zone non accessibles de par la présence d'éboulis et/ou déchets).

Les principaux désordres observés ont été reconnus lors de l'intervention sur site. Afin de **déterminer l'état de dégradation de la structure**, l'ensemble des désordres présents, pertinents et accessibles, sont synthétisés dans la partie dédiée.

L'ensemble des pathologies visibles et jugées pertinentes ont été relevées et classées par ordre de gravité suivant les principes du référentiel IQOA (Imagerie Qualité Ouvrage d'art). Elles sont caractérisées par cinq (5) classes, 1, 2, 2E, 3 et 3U, dont les définitions sont rassemblées ci-dessous :

- Classe 1 : partie d'ouvrage en bon état apparent relevant de l'entretien courant.
- Classe 2 : partie d'ouvrage dont la structure est en bon état apparent, mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, ou dont la structure présente des défauts mineurs, et qui nécessite un entretien spécialisé sans caractère d'urgence.
- Classe 2E : partie d'ouvrage dont la structure est en bon état apparent, mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, ou dont la structure présente des défauts mineurs, et qui nécessite un entretien spécialisé URGENT, pour prévenir le développement rapide de désordres dans la structure et son classement ultérieur en 3.
- Classe 3 : partie d'ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation, mais sans caractère d'urgence.
- Classe 3U : partie d'ouvrage dont la structure est gravement altérée, et qui nécessite des travaux de réparation URGENTS liés à l'insuffisance de capacité portante de l'ouvrage ou à la rapidité d'évolution des désordres pouvant y conduire à brève échéance.



Les travaux d'entretien spécialisés des classes 2 et 2E portent :

- Sur les équipements et les éléments de protection de la structure (peinture, étanchéité) ;
- Et sur les altérations très localisées et superficielles de la structure dues à son vieillissement (défauts mineurs).

L'état des aciers du béton armé et des profilés métalliques a été classifié grâce aux indices suivant :

Indice	Correspondance
10	Métal gris. Dégradation nulle, armature intacte.
11	Métal teinté légèrement (rouille). Oxydation superficielle. Pas de formation d'oxyde épais.
12	Métal rouillé. Présence d'oxyde de fer épais. Perte d'épaisseur peu appréciable du métal.
13	Métal rouillé. Présence d'oxydes non adhérents et foisonnants. Perte d'épaisseur appréciable du métal.



#### 4. AUDIT VISUEL







L'ensemble des désordres structurels observés lors des investigations in-situ du mois de novembre 2023 sont décrits et reportés dans les tableaux de synthèses ci-après. Au vu de la répétitivité des désordres et de leur étendue, il est proposé de raisonner en désordre type par niveau. Dans le cas de désordres singuliers et localisés, un plan de repérage est associé à la description.

##### 4.1 Sous-sol - 2 - Galeries souterraines





Les investigations visuelles ont été réalisées le 23/11/2023 et le 24/11/2023 dans les conditions spécifiées ci-dessous :






- Température intérieur sous-sol-2 : 11,2° C
- Température extérieure : 12° C ;
- Humidité ambiante intérieure : 89% ;
- Humidité ambiante extérieure : 51%.

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
Ensemble galeries	 	3 - 3U	<p>Les relevés d'humidités réalisés au niveau de l'intérieur de la galerie souterraine (R-2) sont élevés (de l'ordre de 89%).</p> <p>Ce taux d'humidité important et probablement des cheminements d'infiltration des eaux de ruissellement, sont à l'origine de la présence généralisée de salpêtre sur une surface importante des murs et voûtes du sous-sol (avec une intensité différente suivant les zones du sous-sol) notamment au niveau des joints des maçonneries.</p> <p>Le taux d'humidité relative dans l'air important participe à la formation du salpêtre par le phénomène de condensation par l'eau contenue dans l'air du sous-sol sur les surfaces des galeries. De plus les renforts béton armé (cintres BA) sont également mouillés au touché.</p> <p>Ces phénomènes, au travers d'une étape de lixiviation du mortier du joint conduite à un délitement généralisé des joints et donc à une perte de stabilité des voûtes.</p> <p>Il est déjà constatable un certain nombre de manques de joint et un re-jointement est à prévoir au minimum.</p>



Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>Ensemble galerie</b></p> <p>Spécifiquement au niveau des zones localisées ci-dessous</p> 	  	<p>3U</p>	<p>Multiple zones d'infiltration d'eau provenant des couches supérieures au-dessus des voûtes (avec une intensité / flux d'infiltration plus ou moins importants suivant les zones).</p> <p>L'origine des infiltrations d'eau n'est pas connue (fuite de canalisation, remontée nappe, pluie, absence ou dégradation de l'étanchéité des voûtes, ...). Néanmoins, l'hypothèse la plus probable au vu de l'étendu des infiltrations, leurs zones d'intensité plus importantes concentrées au-dessus de la cour intérieure et des périodes de pluies des mois précédents l'intervention de novembre 2023, il semble que l'origine proviennent du ruissellement des eaux de pluies arrivant depuis la surface.</p> <p>Par endroit, ces infiltrations ont commencé à engendrer des désordres plus importants, à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrains / sols à l'intérieur du niveau SS-2 gorgés d'eau (entraînement de fines dans le terrain),</li> <li>- Délitements des joints,</li> <li>- Chutes de blocs de pierre des voûtes,</li> <li>- Traces de coulures et d'infiltrations passées.</li> </ul> <p>Les infiltrations d'eau sont très néfastes vis-à-vis des constructions voûtées maçonnées et peuvent aller jusqu'à leur effondrement (cf. explication page précédente).</p> <p>Ce point est donc à traiter dès que possible avec une vigilance et une attention particulière.</p>
<p><b>Ensemble galerie</b></p>	 	<p>3U</p>	<p>Il a été noté la chute de blocs de pierre des voûtes (notamment en ciel/clé de voûte).</p> <p>L'origine de ces chutes pouvant être le résultat de délitements de joints suite à des infiltrations/ruissellement et aux phénomènes décrits précédemment.</p>







Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>Zone centrale galerie</b></p> 		<p>2E</p>	<p>Présence d'un regard donnant sur la cour intérieure.</p> <p>Ce regard permet l'aération, en partie de la galerie néanmoins cela ne semble pas suffisant au vu des désordres liés à l'humidité visible (salpêtre notamment) et au vu du taux d'humidité ambiant d'un niveau supérieur à 80%.</p> <p>De plus, la conception de ce regard ne limite pas la pénétration d'eau provenant des niveaux supérieurs (parking) - absence de chapeau par exemple. Ceci pouvant causer des désordres plus importants allant jusqu'à la déstabilisation des voûtes.</p>
<p><b>Ensemble galerie</b></p> <p>Spécifiquement au niveau des zones localisées ci-dessous</p> 		<p>3 - 3U</p>	<p>Présences de multiples fissures au niveau des voûtes (en pieds et en clés de voûtes également) aux ouvertures variables.</p> <p>Ces fissures sont localisées à la fois dans les zones où des renforts en béton armés ont été installés mais aussi dans des zones non renforcées.</p> <p>Ces fissures suivent les joints des maçonneries et par endroits traversent le matériau pierre.</p> <p>Ces fissures peuvent être à l'origine de l'évolution des galeries au fil des ans, des exploitations et de leur état de conservation.</p> <p>Des témoins au plâtres semblent avoir été mis en place néanmoins aucune information sur leur date initiale n'est présente et/ou leur suivi.</p> <p>Ces fissures dénotent de problèmes structurels ponctuels dont l'origine reste à déterminer (tassements du sol, décompaction du terrain d'assise du fait des infiltrations d'eau de ruissellement, ...).</p>

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>Salle voûtée annexe à la salle VI</b></p> 		<p>3 - 3U</p>	<p>Colonisation végétale (racines) destructurant localement la maçonnerie.</p> <p>Délitements des joints (cf. explication ci-dessus) causant l'instabilité de quelques blocs de pierre du pied droit/refend.</p>
<p><b>Ensemble galerie</b></p>		<p>3 - 3U</p>	<p>Délitement des joints causés en partie par l'humidité abondante du sous-sol et par les infiltrations actives/ruissellement provenant fort probablement des niveaux supérieurs.</p> <p>Le salpêtre semble s'être ensuite intercalé dans ces espaces/interstices laissés libres par les délitements (cf. explication ligne 1 tableau).</p>
<p><b>Parcelle supposée voisine</b></p> <p>Hors périmètre mission</p> 		<p>3U</p>	<p>Les éléments bois de cette partie de voûte semblent s'être effondrés.</p> <p>Il est difficile de statuer sur l'origine et le rôle de ces éléments bois. Ainsi, par sécurité cette zone est considérée comme dangereuse.</p> <p>Il est assez probable que ces éléments bois couchés sur le sol aient été des éléments de cintrage de stabilisation de la voûte (renforcement de voûte inopérant). Cette partie des galeries n'est pas dans le périmètre de la mission mais devra être analysé par ailleurs.</p>



Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Salle IX</p> 		<p>3U</p>	<p>Les investigations ont permis d'observer une zone singulière caractérisable par : une voûte partielle n'allant pas jusqu'au bout de la salle, de multiples blocs de pierre constituant la voûte tombée, des infiltrations/ruissellement, du salpêtre et une probable pierre/rocher ou autre visible en ciel de voûte en fond de salle.</p> <p>Toutes ces observations (hypothèses les plus probables) amènent à penser qu'une partie de la voûte est tombée et qu'elle a été réparée ou bien que la présence du rocher/bloc de pierre a conduit à l'arrêt du creusement.</p> <p>Ce désordre est à considérer avec la plus grande attention et la plus grande vigilance car si la situation ne semble pas encore avoir provoqué l'effondrement total de la voûte de cette salle (par stabilisation circonstancielle - arrangement naturelle), l'étalement (voire comblement) de cette partie de galerie est à faire au plus vite.</p> <p>Le risque majeur de cette pièce est de voir l'ensemble de la voûte s'effondrer provoquant ensuite une réaction en chaîne avec l'effondrement d'une partie des terrains supérieurs (fontis).</p> <p><i>Nota : peu de blocs de pierre ont été observé sur le sol dans cette pièce paradoxalement.</i></p>



Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Salle annexe à zone IX</p> 		<p>3U</p>	<p>Cette zone semble avoir subi un effondrement partiel des voûtes et/ou d'un escalier maçonné (volontaire ou non).</p> <p>Un voile maçonné semble également avoir été déposé pour créer un passage entre 2 salles.</p> <p>De manière globale, cette éboulement (intentionnel ou non) redistribue les contraintes et modifie le schéma initial des structures.</p> <p>Une reprise structurelle est à prévoir.</p>
<p>Zones ponctuelles galeries</p> <p>Linteaux métalliques en cours de corrosion (i3)</p> 		<p>3U</p>	<p>Présences de linteaux métalliques présentant une corrosion avancée et feuilletante (i3).</p> <p>Il est préconisé de reprendre ces profilés / remplacer par des profilés métalliques INOX.</p>

L'ensemble des investigations visuelles menées dans les zones accessibles et visibles des galeries souterraines (niveau SS-2), ont permis d'identifier les désordres majeurs suivants :

- Vestiges d'escaliers et/ou d'éboulement à la suite d'effondrement partiels de voûtes ;
- Présence d'une zone semblant s'apparenter à un effondrement partiel de voûte ou un arrêt de création de voûte (rocher/bloc de pierre),
- Linteaux métalliques avec une corrosion avancée,
- Multiples zones d'infiltrations/ruissellements semblant provenir des niveaux supérieurs principalement localisés au niveau de la cour intérieure,
- Taux d'humidité relative important (de l'ordre de 89%),
- Plusieurs fissures ont pu être relevées lors des investigations visuelles,
- Présence de salpêtres,
- Délitement des joints des éléments maçonnés,
- Ravinage du sol par entrainement des fines du fait des infiltrations.

Ainsi, l'état structurel et sanitaire global des voutes semblent en mauvais état et en cours de dégradation avancée en considérant l'ensemble des points cités ci-dessus.

De plus, différentes zones ont été renforcées par des arcs en béton armé dans le passé (date mise en œuvre inconnue - absence de documents/archives). Ce point semble démontrer que ces problématiques et notamment l'état général dégradé des voûtes ont d'ores et déjà été soulignés dans le passé provoquant la mise en place de confortement dans les salles les plus dangereuses et menaçantes.

Pour rappel, ces constructions de type voûtes maçonnées nécessitent un entretien régulier et un suivi d'autant plus rapproché que les galeries semblent avoir été construites à l'époque médiévale.

Par conséquent, avant une accentuation des dégradations et/ou dans le pire des scénarios un effondrement total ou partiel des galeries voûtées provoquant des désordres en superstructure et cour intérieure, il est préconisé à minima de :

- Conforter les voûtes par reprise de ces dernières (type renforcement béton armé / reprise des joints / traitement de l'étanchéité / aération - création d'une circulation d'air suffisante entre toutes les pièces et régularisation du taux d'humidité) avec une étude structurelle et géotechnique adaptée - solution à définir par une étude de conception,
- Ou bien de procéder au comblement total des galeries souterraines.

Le choix entre les deux solutions préconisées ci-dessus sera fait en tenant compte de l'utilisation future de ces galeries et de l'appréciation de la qualité patrimoniale de ces vestiges.

Dans les deux préconisations ci-dessus, un suivi et un entretien devra avoir lieu post-traitement. De plus, ces scénarios devront faire l'objet d'études par une équipe de MOE et une entreprise d'exécution spécialisée et adaptée au vu des structures en place.

Il est également à noter qu'une recherche précise de l'étendue des galeries (notamment des galeries sous les immeubles avoisinants) et qu'une recherche de cavité est impérativement à réaliser en amont afin de définir l'étendue des travaux et une solution technique adaptée. En effet, lors des investigations, il semble avoir été repéré une cavité sous le niveau bas des galeries au niveau d'une salle (cf. ci-dessous) :






Figure 20 : Cavité repérée lors des investigations visuelles - Plancher bas galeries souterraines - PH SS-2







#### 4.2 Sous-sol - 1







Les investigations visuelles ont été réalisées le 23/11/2023 et le 24/11/2023 dans les conditions spécifiées ci-dessous :

- Température intérieur sous-sol-1 : 14,5° C
- Température extérieure : 12° C ;
- Humidité ambiante intérieure : 75% ;
- Humidité ambiante extérieure : 51%.





Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Sous-sol partie plancher métallique</p> 	 	<p>2 - 3</p>	<p>Les planchers métalliques avec hourdis (nature inconnue) semblent présenter un indice de corrosion variable en partie courante et sur appui.</p> <p>Pour les zones investiguées (sous-face des profilés notamment) accessibles et visibles, il semble que les profilés en partie courante présentent un indice de corrosion i2 à i3 et sur appui i3 voir plus.</p> <p>Ainsi, il est préconisé de traiter (mode opératoire synthétique) les poutrelles suivant leur indice de corrosion, à savoir :</p> <p><u>Indice de corrosion i2</u></p> <p>Mise à nu du profilé si nécessaire (curage faux-plafond par exemple) ; Décapage de la sous-face des profilés (sablage ou autre méthode) ; Passivation des profilés métalliques.</p> <p><u>Indice de corrosion i3</u></p> <p>Mise à nu du profilé si nécessaire (curage faux-plafond par exemple) ; Décapage de la sous-face des profilés (sablage ou autre méthode) ; Passivation des profilés métalliques ;</p> <p>ou bien</p> <p>Mise en place de profilés métalliques en remplacement des profilés métalliques ne présentant plus la section nécessaire pour reprendre les sollicitations qui lui sont appliquées.</p>



Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Sous-sol partie plancher métallique</p> 		<p>2</p>	<p>Une partie des voiles maçonnés présentent des joints en cours de délitement.</p> <p>Il est préconisé de reprendre les joints en cours de délitement, permettre l'aération du niveau de sous-sol et traiter si nécessaire l'étanchéité du niveau afin de limiter la réapparition de ces désordres.</p>
<p>Sous-sol partie voûtée</p> <p>Escalier d'accès aux galeries souterraines du niveau SS-2</p> 		<p>3U</p>	<p>Les marches de l'escalier maçonné localisé ci-avant présentent des désordres de type - marche en pierre rompus provoquant par conséquent l'instabilité des marches et un risque de chute.</p> <p>Ainsi, il est préconisé de reprendre dans les règles de l'art les marches instables.</p>
<p>Sous-sol partie voûtée</p> <p>Chaufferie</p> 		<p>2</p>	<p>Poutre principale métallique et poutrelles secondaires métalliques - corrosion i1-i2</p> <p>Cf. préconisation page précédente.</p>

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Sous-sol partie voûtée</p> <p>Chaufferie</p> 		<p>2</p>	<p>Dalle / recharge BA support de machinerie fissurée.</p> <p>Prévoir, si nécessaire, la reprise de la dalle support des machineries de la pièce afin d'assurer la bonne répartition des charges sur le plancher bas.</p>
<p>Sous-sol partie voûtée</p> 		<p>3U</p>	<p>Linteau métallique présentant une corrosion feuilletante (indice de corrosion i3+).</p> <p>Prévoir le remplacement du linteau dès que possible.</p>
<p>Sous-sol partie voûtée</p> 		<p>3U</p>	<p>Présence de rebouchage béton à la naissance d'une voûte probablement ayant été réalisé par un particulier afin de combler la chute de pierre constituant la voûte (reprise non réalisée dans les règles de l'art) n'assurant pas une parfaite distribution des efforts.</p> <p>Il est préconisé de reprendre ce point là par un confortement adapté.</p>



Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>Sous-sol partie voûtée</p> 	  	<p>3</p>	<p>L'ensemble des investigations visuelles dans les zones visibles et accessibles des parties voûtées du SS-1 ont permis d'identifier les désordres type ci-dessous (rejoignant en partie les phénomènes décrits dans le cadre de l'audit du SS-2) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de salpêtre,</li> <li>- Délitement de joint,</li> <li>- Fissures.</li> </ul> <p>Contrairement au sous-sol -2 et du fait que cette partie du sous-sol-1 semble se situer sous le niveau RDC (sous le bâtiment), il ne semble à première vue pas avoir d'infiltration depuis le ciel des voûtes. Néanmoins, cela est probable depuis les parois verticales des voûtes.</p> <p>Ainsi, il est préconisé de traiter l'étanchéité des voûtes, procéder aux renforcements nécessaires (cintrages bois/BA/métalliques, reprendre les joints délités, régler les problématiques d'humidité du niveau et traiter l'aération en permettant une circulation de l'air dans l'ensemble du niveau, ...).</p>



### 4.3 Combles/Charpentes

Les investigations visuelles ont été réalisées le 23/11/2023 et le 24/11/2023 dans les conditions spécifiées ci-dessous :

- Température intérieur combles : 14°C
- Température extérieure : 12,3°C ;
- Humidité ambiante intérieure : 61% ;
- Humidité ambiante extérieure : 50%.



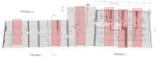

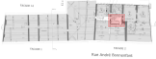

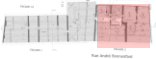

Des relevés d'humidité ont également été réalisés sur les éléments bois constituant la charpente :

- Arbalétrier : 17,0% ;
- Panne bois n° 1 : 15,5% ;
- Panne bois n° 2 (sur panne humide au touchée due aux infiltrations) : 38% ;
- Chevron : 16,0% ;
- Liteau : 15,8%.

Les relevés d'humidité montrent que la majorité des éléments de la charpente présentent une humidité inférieure à 20% ou tendent vers 20%. La charpente peut encore être considérée comme « relativement sèche » néanmoins ce taux d'humidité est à surveiller car il est variable et dépend également du temps d'exposition et du temps extérieur. En effet, une panne ayant subi une infiltration, humide au touché, présente un taux d'humidité supérieur à 20% (de l'ordre de 38%).

Ainsi, ces taux d'humidité sont variables et sont donnés à titre indicatif à l'instant t des investigations du 24 novembre. Les facteurs de type climat extérieur, durée des climat pluvieux/humide avant et pendant les investigations ainsi que l'aération des pièces jouent un rôle direct sur les résultats.

Le tableau de synthèse des désordres observés dans le cadre de la mission est proposé en page suivante.

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>Combles</b></p> <p>Ouvertures voiles maçonnés</p> 		<p>2</p>	<p>Linteau métallique corrosion i1</p>
<p><b>Combles</b></p> <p>Demi-fermes bois</p> 		<p>2</p>	<p>Les observations ont mis en évidence une structure de charpente présentant des demi-fermes bois associées à des demi-refends maçonnés (refends pignons) ou bien deux demi-fermes bois non alignés.</p> <p>Dans le cadre d'investigations complémentaires de type diagnostique, il est recommandé, si nécessaire, de vérifier ce point-là (exemple : vérifier si entrant continu ou non, vérifier comment se repose les demi-fermes bois, vérifier le comportement de ces files vis-à-vis des efforts horizontaux et si des tirants sont nécessaires, ...).</p>
<p><b>Combles</b></p> <p>Cage escalier accès aux combles</p> 		<p>2 - 3</p>	<p>Présence de fissures sur refends maçonnés au niveau de l'appui d'une panne faitière bois sur deux voiles.</p> <p>Il est préconisé de vérifier l'origine (manque de tirant, tassement, ...) et l'évolution de ces fissures par un diagnostic structure complémentaire afin d'adapter le confortement associé si nécessaire.</p>
<p><b>Combles</b></p> <p>Logement 301</p> 		<p>2</p>	<p>Traces d'infiltration actives ou passées au niveau du plancher haut du logement des combles.</p> <p>Il est préconisé de vérifier si l'infiltration est toujours active et nécessite une reprise ponctuelle.</p>

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>Combles</b></p> <p>Ensemble charpente</p>		<p>Variable suivant zone</p>	<p>Lors de l'inspection visuelle des combles/charpentes, il a été observé les points ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerces sur quelques éléments bois (poinçons, pannes, ...) - à surveiller par un suivi régulier et agir (remplacement ou renforcement pièce) en cas de diminution de capacité portante et/ou de pourrissement de la section ;</li> <li>- Traces de colonisation insectes xylophages sur différents éléments ;</li> <li>- Traces d'infiltrations passées sans pour autant affecter l'ensemble des sections bois ;</li> <li>- Quelques sections bois semblent présenter un pourrissement pouvant affecter la résistance des sections ;</li> <li>- Infiltration semblant accentuée au niveau des lucarnes ;</li> <li>- Traces de brulure sur une panne bois.</li> </ul> <p>L'ensemble des observations listées ci-dessus semblent démontrer que la charpente semble dans un état relativement bon avec différentes reprises ponctuelles à réaliser (type : traitement parasites, confortement assemblages et/ou sections bois le nécessitant, éventuelles infiltrations, ...).</p> <p>Ainsi, il est préconisé de se rapprocher d'une entreprise d'exécution spécialiste des charpentes bois afin de procéder aux réparations ponctuelles nécessaires de la charpente. Avant de procéder aux réparations, cette entreprise devra réaliser une visite afin de définir l'étendue des réparations à mener éléments par éléments. Il est également recommandé de procéder à un diagnostic parasite (insectes xylophages et champignons lignivores notamment) afin d'adapter le traitement à réaliser.</p>





#### 4.4 Hors périmètre mission : désordres annexes

Lors des investigations visuelles des combles, sous-sol-1 et sous-sol-2, il a été repéré différents désordres annexes (non compris dans le périmètre de la mission). Les désordres listés ci-dessous sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude plus détaillée afin d'en définir l'origine et le traitement/confortement adapté si nécessaire.

Nota : il ne s'agit pas là d'un audit de l'ensemble du bâtiment mais de désordres ponctuels vus lors des cheminements dans le bâtiment pour la mission de base STO-23-400.

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p>RDC Cage escalier n°34</p>		<p>2</p>	<p>Carrelage au sol semblant reposé directement sur terrain naturel présentant des signes de mouvements / gonflements.</p>

Zone investiguée	Photographies	Indice de gravité	Remarques
<p><b>R+2</b> Cage escalier n° 30</p>		<p>A définir en fonction de l'origine du désordre</p>	<p>Fissuration d'un voile de refend de la cage d'escalier n° 30.</p> <p>A vérifier par étude structure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine (tassements différentiels, manque de tirant, ...)</li> <li>- Etendue et profondeur ;</li> <li>- Traversante ou non ;</li> <li>- Traitement / confortement si nécessaire.</li> </ul>
<p><b>Façades Extérieures (ensemble)</b></p>		<p>A définir en fonction de l'origine du désordre</p>	<p>Fissuration de la façade au niveau des ouvertures et des trumeaux.</p> <p>A vérifier par étude structure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Origine (tassement différentiels, galeries souterraines, ...)</li> <li>- Etendue et profondeurs ;</li> <li>- Traitement / confortement si nécessaire.</li> </ul>

## 5. CONCLUSION

### 5.1 Synthèse de reconnaissance structurelle visuelle

Les investigations visuelles du 23/11/2023 et du 24/11/2023 ont permis d'avoir une première compréhension des structures existantes des zones concernées par l'étude, à savoir :

- Combles / Charpentes (se référer à la partie 2.2.1 pour plus de détail) :
  - o Structure de type fermes bois avec entrails métalliques et/ou demi-fermes bois disposés orthogonalement au long-pan ;
  - o Pannes bois ;
  - o Chevrons et liteaux en bois également ;
  - o Couverture de type ardoise ;
  - o Voiles maçonnées disposés perpendiculairement au long-pan ;
  - o Plancher bas des combles semblant être composé de solives bois portant sur les entrails métalliques des fermes.
- Sous-sol - 1 (se référer à la partie 0 pour plus de détail) :
  - o Une zone composée de voûtes maçonnées en pierre ;
  - o Une autre zone composée de planchers hauts de type poutrelles métalliques avec hourdis (de nature inconnue) ;
  - o Voiles de type maçonnés en pierre.
- Sous-sol - 2 (se référer à la partie 0 pour plus de détail) :
  - o Voûtes maçonnées en pierre ;
  - o Galeries présentant un cheminement principal central desservant des pièces de part et d'autre de cette veine central ;
  - o Voiles maçonnés en pierre.

### 5.2 Désordres

L'ensemble des préconisations proposées sont à retrouver dans les tableaux de synthèses de l'audit visuel réalisé (cf. partie 4).

#### Combles / Charpentes

L'ensemble des investigations visuelles semblent démontrer que la charpente semble dans un état relativement bon avec différentes reprises ponctuelles à réaliser (type : traitement parasites, confortement assemblages et/ou sections bois le nécessitant, éventuelles infiltrations, ...).

Ainsi, il est préconisé de se rapprocher d'une entreprise d'exécution spécialiste des charpentes bois afin de procéder aux réparations ponctuelles nécessaires de la charpente. Avant de procéder aux réparations, cette entreprise devra réaliser une visite afin de définir l'étendue des réparations à mener éléments par éléments. Il est également recommandé de procéder à un diagnostic parasite (insectes xylophages et champignons lignivores notamment) au vu des observations effectuées courant novembre 2023 (pouvant indiquer la présence de nuisibles) afin d'adapter le traitement à réaliser.

#### Sous-sol - 1

L'ensemble des investigations visuelles menées dans les zones accessibles et visibles du sous-sol - 1, ont permis d'identifier des désordres divers et variés selon les zones qui présentent des typologies de structures différentes (dé-jointement de pierre, corrosion sur poutrelles métalliques, rebouchage béton probablement non adhérent sur voûte maçonnée, marches en pierre dégradées, ...).

Ainsi, il est préconisé de se référer directement à la partie associée afin de traiter les désordres notés dans les règles de l'art de manière adaptée avant une accentuation des désordres.



### Sous-sol - 2

L'ensemble des investigations visuelles menées dans les zones accessibles et visibles des galeries souterraines (niveau SS-2), ont permis d'identifier les désordres majeurs suivants :

- Vestiges d'escaliers et/ou d'éboulement à la suite d'effondrement partiels de voûtes ;
- Présence d'une zone semblant s'apparenter à un effondrement partiel de voûte ou un arrêt de création de voûte (rocher/bloc de pierre),
- Linteaux métalliques avec une corrosion avancée (corrosion de classe i3 voir plus),
- Multiples zones d'infiltrations/ruissellements semblant provenir des niveaux supérieurs principalement localisés au niveau de la cour intérieure,
- Regard visible en plancher haut sans chapeau laissant l'eau pénétrer dans les galeries,
- Taux d'humidité relative important (de l'ordre de 89%),
- Plusieurs fissures ont pu être relevées lors des investigations visuelles,
- Présence de salpêtres,
- Délitement des joints des éléments maçonnés,
- Ravinage du sol par entrainement des fines du fait des infiltrations.

**Ainsi, l'état structurel et sanitaire global des voûtes semble en mauvais état et en cours de dégradation avancée en considérant l'ensemble des points cités ci-dessus.**

De plus, différentes zones ont été renforcées par des arcs en béton armé dans le passé (date mise en œuvre inconnue - absence de documents/archives). Ce point semble démontrer que ces problématiques et notamment l'état général dégradé des voûtes ont d'ores et déjà été soulignés dans le passé provoquant la mise en place de confortement dans les salles les plus dangereuses et menaçantes.

Pour rappel, ces constructions de type voûtes maçonnées nécessitent un entretien régulier et un suivi d'autant plus rapproché que les galeries semblent avoir été construites à l'époque médiévale.

Par conséquent, avant une accentuation des dégradations et/ou dans le pire des scénarios un effondrement total ou partiel des galeries voûtées provoquant des désordres en superstructure et sur cour intérieure, il est préconisé à minima de :

- Conforter les voûtes par reprise de ces dernières (type renforcement béton armé / reprise des joints / traitement de l'étanchéité / aération - création d'une circulation d'air suffisante entre toutes les pièces et régularisation du taux d'humidité) avec une étude structurelle et géotechnique adaptée - solution à définir par une étude de conception,
- Ou bien de procéder au comblement total des galeries souterraines.

Le choix entre les deux solutions préconisées ci-dessus sera fait en tenant compte de l'utilisation future de ces galeries et de l'appréciation de la qualité patrimoniale de ces vestiges.

Dans les deux préconisations ci-dessus, un suivi et un entretien devra avoir lieu post-traitement. De plus, ces scénarios devront faire l'objet d'études par une équipe de MOE et une entreprise d'exécution spécialisée et adaptée au vu des structures en place.

Il est également à noter qu'une recherche précise de l'étendue des galeries (notamment des galeries sous les immeubles avoisinants) et qu'une recherche de cavité est impérativement à réaliser en amont afin de définir l'étendue des travaux et une solution technique adaptée.

### **5.3 Désordres annexes**

Hors périmètre étude : dans les zones visibles lors du cheminement dans le bâtiment<sup>1</sup>.

Des désordres annexes (gondolement carrelage, fissures façades, ...) ont également été remarqués lors des investigations visuelles pouvant être reliés ou non aux désordres relevés dans le cadre du périmètre de cette mission.

Ainsi, il est préconisé de réaliser un diagnostic de ces désordres avec éventuellement des sondages destructifs et instrumentation afin de déterminer si possible l'origine de ces derniers, si l'état global des galeries est susceptible d'impacter ces points et des traitements/confortements adaptés.

---

<sup>1</sup> Il ne s'agit pas là d'un audit de l'ensemble du bâtiment.