

Maitre d'Ouvrage
L'Institut national de la recherche agronomique



Bureau d'étude
BET INGEBAT



DIAGNOSTIC STRUCTUREL

Toulouse, octobre 2023

N° AFFAIRE		23-018
Indice	Date	Observations
0	02- 11 - 2023	Première émission

Ce document comprend 14 pages,





SOMMAIRE.

1 GENERALITES	3
1.1 Présentation.....	3
1.2 Déroulement des opérations d'expertise.....	3
1.2.1 Documents reçus	3
1.3 PRESENTATION DU SITE	3
1.3.1 Lieu.	3
1.4 Etats des lieux.....	4
1.4.1 Risques connus liés au retrait / gonflement des argiles :	4
2 EXAMEN DE L'IMMEUBLE.....	4
2.1. Conséquences des Désordres.....	4
2.1.1 L'aspect de l'ouvrage.....	4
3. ELEMENTS STRUCTURAUX EXTERNES	5
3.1. Vide sanitaire.....	5
3.2 Murs extérieurs	7
3.3 Dalle haute Rdc +linteaux	9
4. ELEMENTS INTERIEURS	10
4.1 Plafond + couloir intérieur.....	10
4.2 Cloisons Intérieures	11
5. CONCLUSIONS	12
5.1 Stabilité de la construction.....	12
5.2 Sécurité vis-à-vis des usagers	12
5.3 Synthèses recommandations.....	12
6. ESTIMATION	14



1 GENERALITES

1.1 Présentation

INRAE a mandaté notre bureau d'étude pour effectuer un diagnostic du bâtiment B4, qui a été touché par un sinistre il y a quelques années.

Il est important de noter que cette demande ne découle pas d'une réclamation auprès d'une compagnie d'assurance.

Le rapport vise à mettre en œuvre l'ensemble des enquêtes techniques nécessaires pour évaluer l'état général du bâtiment existant et pour formuler des recommandations techniques en fonction de son état actuel. Il est important de noter que ces enquêtes sont limitées aux éléments directement accessibles visuellement, sans nécessiter des opérations destructives telles que des percements, ou des méthodes non destructives telles que le FERROSCAN, etc.

Il est essentiel de souligner que les solutions proposées dans ce rapport ne sont ni exhaustives ni contraignantes. Notre engagement ne se traduit en aucun cas par une obligation de résultats, car les prestations de conseil et d'études sont par nature sujettes à des incertitudes.

1.2 Déroulement des opérations d'expertise

Suite à l'apparition de fissures sur des murs de refend et sur le plancher bas RDC du bâtiment n° B4 de l'Institut de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement, INGEBAT a été sollicité afin de réaliser un diagnostic VISUEL ET STRUCTUREL partiel du bâtiment en question.

1.2.1 Documents reçus

Les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

Le Diagnostic géotechnique G5 et le Diagnostic structurel et capacité portante de plancher Fournis par la société GINGER CEBTP

Ces documents ont été précieux pour étayer nos observations visuelles.

Documents	Emetteur	Référence	Date
Diagnostic structurel et capacité Portante de plancher	GINGER CEBTP	Stl3.n.0013- ind1	Juillet 2023
Diagnostic géotechnique G5	GINGER CEBTP	STL2.N.0024	Juillet 2023
Plan : Bât .B4	MO	-	-

1.3 Présentation du site

1.3.1 Lieu

- Situation : 31320 Auzeville-Tolosane
- Altitude : 150.5 m. NGF.
- Zone de sismicité : 1 (risque faible)
- Neige : zone A2
- Vent : zone 1



Figure 1: Bât B4 ZONE CONCERNEE

1.4 Etats des lieux

Le bâtiment a été construit en 1968 en marge du centre-ville d'Auzeville, coté Est.

1.4.1 Risques connus liés au retrait / gonflement des argiles :

Le terrain a un aléa **fort** vis-à-vis de l'exposition au retrait-gonflement des argiles. Le terrain se situe en **zone inondable** (risque important de remontée de nappe et débordement de rivière).

2/EXAMEN DE L'IMMEUBLE

2.1. Conséquence des désordres

. 2.1.1 L'aspect de l'ouvrage

Les efflorescences et les taches de rouille conséquence de la pénétration d'agents agressifs dans l'enrobage de béton, altèrent l'aspect de l'ouvrage.

Les fissurations et les fracturations du béton commencent à inquiéter le gestionnaire, car il y a des éclats de béton qui se sont produits.

Cela dit, Le béton possède naturellement la capacité de protéger les armatures enrobées contre la corrosion.

En revanche, lorsqu'il est « carbonaté », le béton perd cette capacité, les armatures se retrouvent donc directement exposées et « affaiblies » vis-à-vis de la corrosion. Ainsi, en présence d'humidité et d'oxygène, ces armatures corrodent.

La corrosion des armatures peut être initiée par la carbonatation du béton d'enrobage au contact du CO2 atmosphérique.

Dans le cas de la carbonatation et quand son front atteint les armatures, le métal est dépassivé par la diminution du pH aux environs de 9, diminution due à la réaction entre les hydrates de la pâte de ciment et le CO2 atmosphérique.

La rouille formée est le plus souvent gonflante et provoque une désagrégation de l'enrobage, par épaufrure, éclatement ou fissuration voire photos 1 et 2



Photo1



Photo2

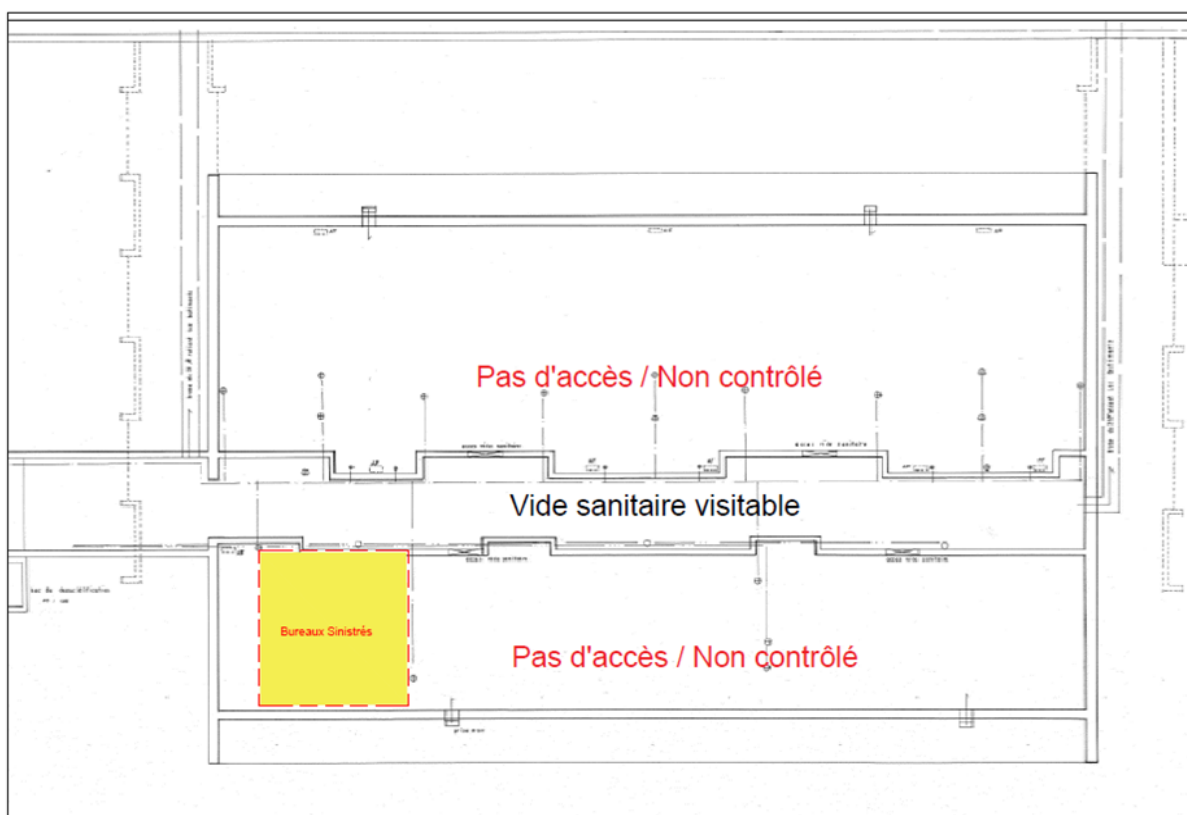
Analyses visuelles

3. Eléments structuraux externes

3.1. Vide sanitaire

***A noter :**

- * le vide sanitaire est visitable uniquement sous le couloir central.
- *Les parties adjacentes sont condamnées avec aucun passage à travers les murs de soubassement Banchés.
- *Ainsi, le secteur des bureaux sinistrés n'est pas accessible à partir du vide sanitaire ,on ne peut pas voir s'il y a des désordres ou non.

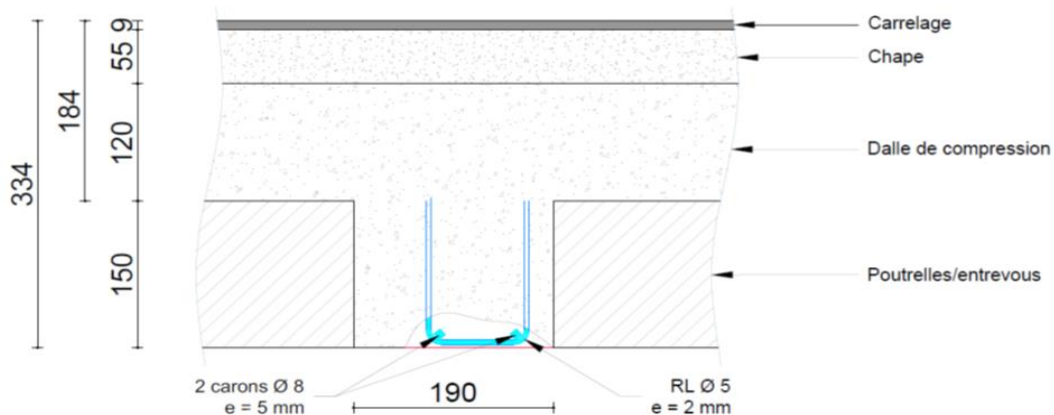




Observations

- * Pas de fissures apparentes visuellement au niveau des murs du vide sanitaire.
- * En l'absence de plans d'exécution de ferrailage des sondages ont été réalisés pour vérifier la profondeur des enrobages, résultat, un manque d'enrobage ce qui a favorisé la corrosion par éclatement dû à la fine couche du béton d'enrobage.

(Voir schéma suivant : source société GINGER CEBTP)



- * A cause de ce manque d'enrobage, ces aciers ont été soumis au cours de la vie de l'ouvrage à un phénomène de corrosion.
- * Un phénomène peut, dans certaines conditions, détruire cette protection et initier la corrosion Des armatures en acier : c'est la carbonatation du béton d'enrobage par l'adsorption du gaz. Carbonique Contenu dans l'atmosphère.
- * Les armatures se sont retrouvées directement exposées et « affaiblies » vis-à-vis de la corrosion.
- * Cette réaction, qui évolue depuis la surface vers l'intérieur d'élément en béton, induit un Changement des propriétés chimiques du béton.
- * Un défaut de l'enrobage des armatures (distance entre acier et béton), par suite d'une erreur de lecture de plan de ferrailage ou bien d'une insuffisance de cales assurant le maintien des armatures à l'intérieur des coffrages peut entraîner ce type de désordre, sous la pression du béton, la souplesse des cages d'armatures fait que celles-ci peuvent se coller contre le coffrage.

3.2 Murs extérieurs

Photo 5	Photo 6
	
<p style="text-align: center;"><u>Observations</u></p> <p>*Certaines fissures apparaissent sur des murs extérieurs.</p> <p>*Une composition incorrecte du béton (dosage insuffisant, mauvais rapport E/C) qui abaisse les caractéristiques mécaniques, favorise l'apparition de fissures et augmente la porosité, une mauvaise mise en œuvre (ségrégations du béton) ou une cure insuffisante (formation de fissures).</p> <p>*Les causes peuvent être un mouvement de terrain, un problème d'humidité ou la conséquence de malfaçons au moment de la construction du bâtiment. Il est possible que ces fissures soient liées à la sécheresse qui sévit dans certaines régions de France.</p> <p>*D'après le Diagnostic géotechnique G5, ce sol est déclassé en moyennement active vis-à-vis de la Sécheresse.</p>	

Photo 7



Photo 8



Observations

*On remarque des soulevés de dalles qui peut être provoqué par une variation soudaine des températures,

*A ce stade, ces fissures n'ont pas de conséquence sur la stabilité de l'ouvrage, mais pourraient se révéler évolutives,

*Ces fissures et ce décollement de la dalle basse en béton favorisent l'infiltration de l'eau à l'intérieur. Ce qui risque de compromettre la stabilité et l'équilibre de tout ce qui se trouve en dessus.

*La sécheresse des argiles et le risque potentiel d'inondation de la région sont les aléas Naturels à prendre en compte (Diagnostic géotechnique G5)

3.3 Dalle haute Rdc +linteaux

Photo 9	Photo 10
	
<p style="text-align: center;"><u>Observations</u></p> <ul style="list-style-type: none">* Ce gonflement, en exerçant des pressions internes, fait éclater la croûte extérieure de l'élément en béton. Ces éclats, aussi appelés « épaufrures », sont très caractéristiques d'une dégradation de la structure induite par une carbonatation du béton.* Lorsque le gonflement de l'armature crée une « épaufrure » des éclats, celle-ci met à jour de nouvelles surfaces « fraîches » de béton qui sont, à leur tour, directement exposées aux conditions atmosphériques.* L'enrobage des armatures est l'élément déterminant pour la durabilité du béton. Or, ici, on peut dire qu'il y a un manque d'enrobage.* Des défauts d'enrobage, des bétons mal vibrés et de ce fait trop poreux, risquent de conduire à une dégradation prématurée de l'armature en acier.* La progression de la carbonatation se fait de l'extérieur de l'ouvrage, en contact avec l'air ambiant, vers l'intérieur	

4 ELEMENTS INTERIEURS

REMARQUES :

A l'intérieur du bâtiment, une partie du couloir central est fissurée.
Les fissures sont de l'ordre de 0.2 à 2 mm . Les cloisons de séparation se fissurent en escalier .
Aux niveaux des seuils de certaines portes et par extension des murs porteurs ou des longrines.
*Les fissures sur murs intérieurs peuvent avoir des origines multiples

- La déformation de la structure du bâtiment (porteuse)
- Des défauts de dimensionnement (murs porteurs, armature par exemple)
- Des contraintes de service (manœuvre de portes ou fenêtres par exemple)
- Vétusté des éléments mis en œuvre (maison ancienne)

Au-delà de l'esthétique, la présence d'une fissure sur un mur peut avoir des impacts multiples. Si certaines ne sont pas graves, d'autres peuvent compromettre l'ensemble du bâti.

4.1Plafond + couloir intérieur

Photo11	Photo12
	
<p style="text-align: center;"><u>Observations</u></p> <p>*A l'intérieur du bâtiment, proche de l'angle Nord, deux bureaux adjacents et une partie du couloir central sont fissurés. Les fissures sont de l'ordre de 0.2 à 2 mm. * Dans le couloir, ces fissures sont localisées au niveau des seuils de porte entre porte et armoires et par extension des murs porteurs ou des longrines. *On n'a pas constaté des frottements à l'ouverture ou à la fermeture des fenêtres ou des portes, Il est recommandé de surveiller ce dysfonctionnement.</p>	

4.2 Cloisons Intérieures

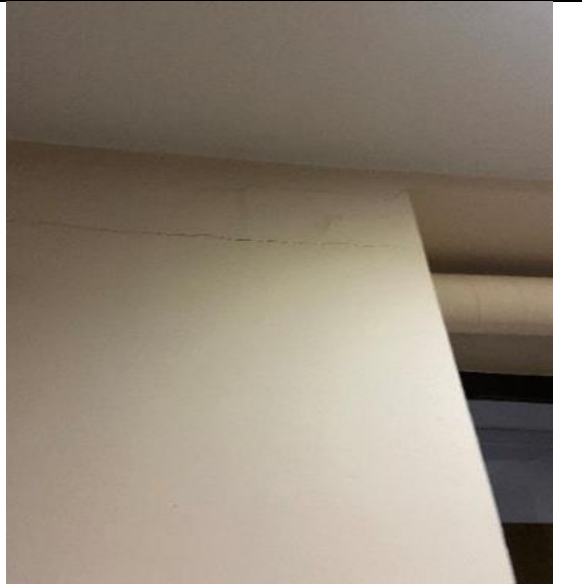

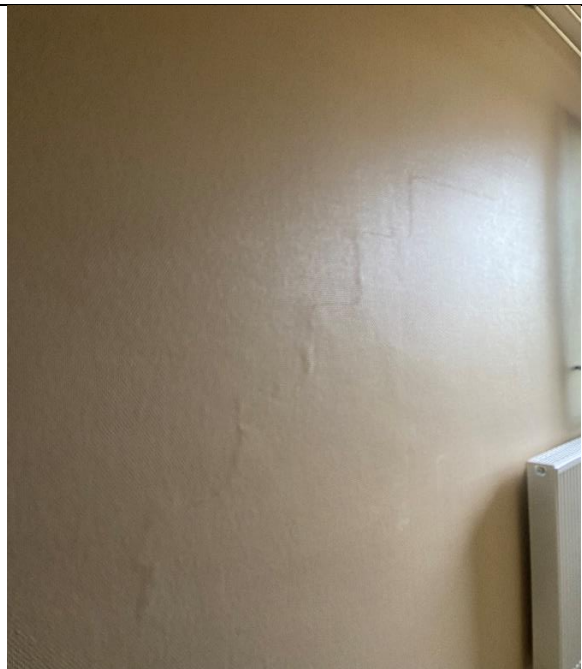
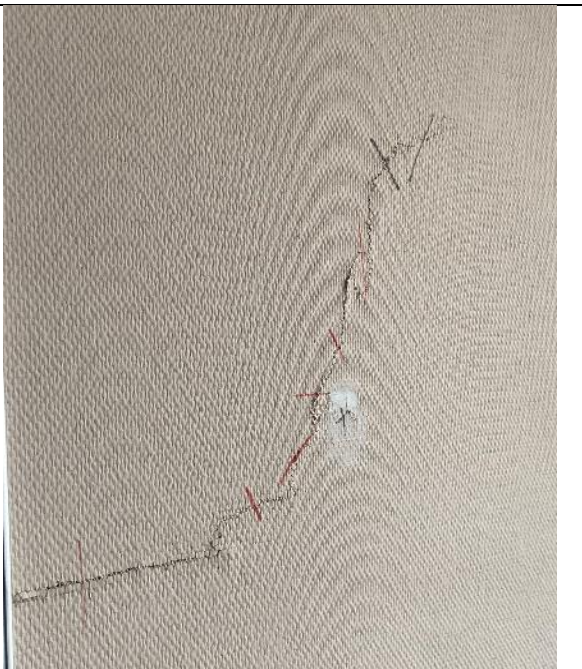
Photo 13	Photo 14
	
<p style="text-align: center;">OBSERVATIONS</p> <p>Il s'agit de microfissures Filiformes est de moins de 0.2 mm de large, elles restent superficielles et a priori ne présentent pas de danger. Néanmoins il faut les surveiller pour être sûr que ce ne soit pas des fissures structurelles dangereuses qui sous le poids de la maçonnerie se soient refermées...</p>	

PHOTO 15	PHOTO 16
	



Observations

Il en résulte que les fissures constatées affectent l'aspect esthétique du bien, le confort à l'intérieur pour ses occupants.

*On a remarqué De la fissuration en escalier sur les murs de séparation des bureaux cela peut être cause par un affaissement des dalles basse du rdc ou des tassements de fondation.

* Les bureaux voisins ne seraient pas touchés par ce sinistre.

*il faut d'abord vérifier l'évolution de ces fissures au fil du temps. Pour cela Il faut placer des témoins un certain laps de temps, et surveiller

*On n'a pas remarqué de vide sous-plinthes.

5 CONCLUSIONS

6.1 Stabilité de la construction

Visuellement pas de risque de stabilité du bâtiment sauf Des essais effectués sur des éprouvettes qui Pourrons-nous permettre d'estimer les valeurs des forces d'adhérence pour des éléments en béton Dont les armatures sont corrodées.

D'après le questionnaire ,il n'entend pas des craquements ou des bruits ; on n'a pas aussi remarqué des infiltrations d'eau à l'intérieur du bâtiment.

6.2 Sécurité vis-à-vis des usagers

Les éclats de béton présentent un risque pour les personnes qui circulent près de L'ouvrage. Mais ils ne mettent pas en danger les personnes qui y travaillent à l'intérieur, leur Prévention et leur élimination doivent donc être traitées avec soin.

Toutefois, dans cette partie du bâtiment la dégradation par cette carbonations risque d'être exponentielle, une prise en charge précoce permet généralement de limiter l'ampleur, la mise en œuvre d'une solution corrective évitera le risque d'instabilité structurelle qui risquera de devenir préoccupante.

Donc, il est impératif de procéder à une auscultation plus approfondie de l'ouvrage. Y compris les parties non contrôlées.

1.3 Synthèses recommandations

D'après l'étude faite par la société de la société **GINGER CEBTP** la charge d'exploitation maximum pouvant être reprise par le plancher, celle-ci a été définie à **860 daN/m²**.

Le bâtiment étudié est principalement constitué de bureaux ,dont la charge d'exploitation est **de 250 daN/m²**, y compris suivant les valeurs des charges liées aux cloisons mobiles **80 ou 120 daN/m²**. Donc on ne pourra pas dire que cela a un rapport avec une surcharge des planchers.

En résumé le développement de la corrosion des armatures a provoqué le gonflement et causer une poussée sur le béton d'enrobage (les oxydes de fer étant plus volumineux que l'acier, ils génèrent des contraintes internes dans le béton qui peuvent être supérieures à sa résistance en traction) et donc une altération de l'aspect extérieur de l'ouvrage (éclatements localisés, formations de fissures, formations d'épaufrures, apparitions en surface de traces de rouille et éventuellement mise à nu des armatures) entraînant une réduction de la section efficace de l'armature et de son adhérence au béton. Ces ruptures surviennent lorsque la protection du béton n'est plus suffisante.

Cela dit l'enrobage des armatures constitue un facteur de progrès essentiel pour assurer la durabilité des ouvrages, or, ici, on constate que l'enrobage de béton ne protège plus certains aciers contre la corrosion. Ceci dégrade la passivation des armatures, tout en sachant que L'apparition des fissures dépend fortement des caractéristiques de l'enrobage : Épaisseur, résistance mécanique, etc.



Plus précisément, une fois que l'armature commencé à se corroder, les fissures apparaissent très tôt même dans un béton de bonne Résistance mécanique. Les produits de corrosion diffusent facilement dans un béton Poreux et tachent le parement. Cette corrosion expansive a induit des fissurations et des éclatements du béton d'enrobage.

Il s'agisse d'un ouvrage existant, les principes qui régissent ces méthodes de Prévention et de Correction consistent à jouer sur :

- * La capacité de pénétration du CO₂ dans la masse du béton,
- * La distance des armatures, sources potentiel de corrosion, de la surface,

Ces signes extérieurs sont des traces d'oxydation, Ces éclatements de béton avec armatures Apparentes oxydées, peuvent causer des pertes partielles ou totales des section d'armatures. Ce qui risque de déclencher un problème structural majeur,

A cette mesure d'épaisseur d'enrobage des aciers. Faite par la société GINGER CEBTP , doit être associée aux mesures de la profondeur de carbonatation qui permettront de déterminer la ou les cause(s) de la corrosion des armatures.

L'ampleur (étendue) des zones dégradées est également évaluée en effectuant des percements, des mesures du potentiel d'électrode, de résistivité et de vitesse de corrosion dans les zones apparemment saines de façon à savoir si la corrosion s'y est amorcée.

Selon les résultats trouvés, et après une application éventuelle de modèles pour pronostiquer la progression de la carbonatation , on décide de traiter la structure de façon curative (enlèvement du béton carbonaté puis ragréage, méthodes électrochimiques, etc.) ou de façon préventive (revêtements de protection, ect) selon les zones.

Si ces défauts sont décelés, il est impératif de procéder à une auscultation plus approfondie de l'ensemble du bâtiment concerné y compris les zones non accessibles
Cela dit. Il existe des solutions pour la grande majorité des situations.

Concernant le diagnostic des armatures, la mesure du potentiel d'électrodes permet d'évaluer leur état d'enrouillement, et la mesure de la vitesse de corrosion permet d'estimer une vitesse de corrosion instantanée.

Cette étape a pour objectif de repérer les désordres susceptibles d'indiquer une corrosion d'autres armatures comme :

- des gonflements ;
- des zones sonnant le creux ;
- des fissures le long des aciers ;
- des traces d'oxydation ;
- des épaufrures du béton ;

En ce qui concerne les moments fléchissant et les efforts tranchant pour prévoir de façon conservatrice la tenue des éléments en béton armé, il suffit d'appliquer les modèles de calculs classiques, en considérant la section réduite des armatures ainsi que la section réduite de béton. Ainsi, tant que les diminutions de section des armatures restent faibles et que l'enrobage reste cohésif, la corrosion de ces armatures ne modifie pas significativement la tenue au moment fléchissant ou aux efforts tranchants./.



6. Estimation des travaux :

1/ Reprise en sous œuvre

Cela dit cette estimation reste sous réserves :

- 1/D'une inspection minutieuse des fondations afin de vérifier leur état ainsi que leur profondeur.
- 2/D'une étude méticuleuse de la bâtisse, ce qui permettra de connaître les éléments porteurs et D'orienter l'entrepreneur en ce qui concerne la répartition des charges.

Dans ce cas de figure, deux modes opératoires sont possibles :

***1er mode opératoire par micropieux**

La mise en place de micropieux est la solution préconisée dans ce type de situation. Il s'agit de faire un forage et d'y introduire un tube métallique rempli de coulis de ciment.

On peut réaliser ce forage directement dans la fondation ou dans un dallage.

Les micropieux seront ancrés dans le substratum argilo-marneux reconnu à partir

De 1.4/2.5 m.

Cela va concerner L'ensemble des murs porteurs (périphériques et refend)

-Mise en œuvre des micropieux

(Forage tubé Mise en place de l'armature Injection de coulis de ciment) .

Estimation Avec reprise des lots second œuvre impacté.

Entre 250 000 et 320 000 € HT

***2ème mode opératoire par Injection de résine sous les fondations.**

Introduire de la résine dans le sol à travers de petits points d'injection, afin de le consolider.

C'est une méthode relativement simple et moins perturbatrice que les alternatives qui nécessitent l'usage de machines lourdes sur le terrain.

Estimation Avec reprise des lots second œuvre impacté

Entre 150 000 et 200 000 € HT

2/ Construction D'un bâtiment neuf d'environ 250m2

Hors déconstruction (environ 50 000€ HT)

Prix entre 450 000€ et 480 000€ HT