



COMMISSION ROYALE DES MONUMENTS ET DES SITES  
KONINKLIJKE COMMISSIE VOOR MONUMENTEN EN ZAKELIJK ERVEN  
Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale  
**Monsieur Th. WAUTERS**  
**Direction des Monuments et des Sites – B.D.U.**  
C.C.N.- Rue du Progrès, 80 / bte 1  
**B – 1035 BRUXELLES**

N/Réf. : AVL/KD/XL-2.371/s.588

Bruxelles, le

Monsieur le Directeur,

**Concerne :** IXELLES. Rue de la Natation, 10. Piscine communale.  
Restauration de la cuve en béton armé Hennebique.  
(Dossier traité par – Mmes M. Vanhaelen et Fr. Boelens - D.M.S.).  
**Avis préalable de la CRMS**

En sa séance du 01.06.2016, la CRMS a examiné le rapport technique de SECO du 04.05.2016. Elle a émis l'avis suivant suite à la demande exprimée par Beliris en réunion, le 18.05.2016.

La demande de PU portait sur la démolition de la cuve Hennebique en béton armé (1903) et la mise en place d'une dalle structurelle continue épousant la forme de la cuve et des plages, venant s'ancrer dans les murs gouttereaux de la halle de la piscine. Le projet prévoyait le renforcement des anciens murs gouttereaux et de la nouvelle cuve (au droit de ses parois verticales ainsi qu'au droit des poutres longitudinales de la dalle du fond) par des micropieux. Les massifs en maçonnerie de la cuve ayant précédé la cuve Hennebique n'étaient pas concernés, bien que la nouvelle dalle du fond y était également ancrée à l'endroit de l'articulation avec les parois verticales.

La CRMS a émis des doutes sur l'état de l'ancienne cuve en béton armé qui n'était pas précisément documenté ainsi que sur l'origine des déformations du bâtiment existant (en particulier, des murs gouttereaux) que le projet imputait aux déformations de la cuve. Elle s'interrogeait aussi sur le nouveau système de stabilité préconisé qui liaisonnait des nouvelles structures en béton, fondées sur micropieux, avec les anciens massifs en maçonnerie et avec les murs gouttereaux déstabilisés - ceux-ci étant renforcés à l'aide de micropieux (coupe FF de la demande de PU).

En raison de ces nombreuses questions, la CRMS a formulé son avis conforme (20.5.2015) sur les travaux demandés de la manière suivante (avis rendu par la CRMS le 20.05.2015 ; Art. 191 communiqué par la Région à Beliris le 24.11.2015) :

***Avis favorable sous réserve que des informations objectives et précises démontrent de manière incontestable l'impossibilité de conserver la cuve pour des raisons de stabilité ou de dégradation irréversible des bétons n'autorisant aucune solution durable de restauration.***

Un dossier modificatif et un projet de restauration a été demandé par la Région à établir sur base des éléments suivants :

- sondages complémentaires de la cuve (réalisés anticipativement en juin 2015);
- plans et clauses techniques de la restauration/renforcement de la cuve;
- détails d'exécution du mur de clôture et de la porte d'entrée;
- profil des châssis avec insertion d'un nouveau vitrage.

Pour donner suite à cette demande, le Maître de l'ouvrage Beliris a décidé d'effectuer (anticipativement) des sondages dans les parois de la piscine pour objectiver les dégradations des bétons et la Région a désigné un expert, M. Stegen, pour suivre les prélèvements (juin 2015).

Les analyses en laboratoire des échantillons prélevés ont été communiquées et ont donné lieu à des interprétations différentes par la Région et par les auteurs de projet ainsi que leur bureau d'étude à



propos de la dégradation des bétons, de la corrosion des armatures, de la résistance des parois et de l'articulation de la dalle du fond de la cuve avec les parois verticales à l'endroit des poussées les plus importantes (côté grande profondeur).

La Région a alors demandé à son expert d'approfondir les recherches sur la qualité et l'état des matériaux, sur les résultats et les interprétations des analyses des bétons, sur la résistance des nervures et des parois latérales de la cuve Hennebique et, enfin, sur la mise en œuvre concrète d'un système de passivation cathodique.

#### **La dégradation des bétons de la cuve et les remèdes à y apporter**

Après plusieurs échanges contradictoires entre la Région et les auteurs de projet, un traitement des bétons armés par protection cathodique par courant imposé a été validé (rapport de Vector Corrosion) sans réparation des armatures non structurelles à l'arrière des parois et des nervures et en freinant la corrosion de ces armatures par protection cathodique au moyen d'un électrolyte flexible et compressible à introduire dans le vide entre la paroi en béton et l'ancienne paroi en maçonnerie.

*Cependant, le bureau Greisch estimait que la réparation des armatures non structurelles était indispensable, et que ceci était impossible à mettre en œuvre car l'arrière des parois latérales de la cuve – bien que séparé des anciens massifs en maçonnerie par un vide — était inaccessible. Par conséquent, il a été convenu entre Beliris et la Région qu'il était indiqué de remédier au développement de la corrosion des armatures situées à l'arrière des nervures par réparation et par protection cathodique.*

*Cette question constitue un tournant important dans les discussions car le démontage des parois constitue un ouvrage délicat. D'autant plus que cette même exigence (réparer les armatures non structurelles à l'arrière des parois) ne sera plus requise dans la suggestion de scénario (point 3.6) qui clôture la réunion tenue avec SECO le 18.05.2016.*

*Les représentants de la CRMS et de la DMS à cette réunion doivent en conclure que le scénario 1 de la Région (qui diffère justement de son scénario 2 par l'absence de la réparation de ces armatures) resterait valable selon la même logique. Cette question de réparer ou non les armatures non structurelles est/sera décisive pour une solution cohérente.*

Au stade de la procédure où nous étions durant l'été 2015 (réunion Beliris du 16.09.2015), le bureau Greisch proposait encore 3 scénarios :

- démolir et reconstruire la cuve selon le PU introduit ;
- démolir et reconstruire une cuve Hennebique « à l'identique » ;
- construire une nouvelle cuve en béton armé à l'intérieur de la cuve Hennebique existante qui serait conservée.

*Aucune de ces hypothèses ne se fonde sur les informations objectives et précises demandées, en l'occurrence des calculs et un diagnostic fin des qualités et des pathologies de la cuve, la Région n'a pu les agréer et a demandé de réaliser le sondage dans la double dalle du fond qui n'avait pas encore été réalisé (effectué le 17.09.2015). Elle a ensuite poursuivi ses réflexions (septembre-octobre 2015) sur la possibilité de restaurer la cuve existante tout en veillant à lui conserver son indépendance structurelle originelle par rapport à la stabilité générale de la construction. En effet, pour la Région, le système structurel auto-stable mis en œuvre par Hennebique en 1903 constituait un point important de l'intérêt patrimonial de la piscine et une réponse adéquate au problème auquel il était confronté : l'impossibilité de connaître et de comprendre – voire de maîtriser – le comportement des sols sous les constructions en mouvement. Pour accéder à l'arrière des parois latérales en béton armé (pour empêcher le développement expansif de la rouille sur les armatures non structurelles) la solution la moins coûteuse paraissait leur démontage jusqu'à 50 cm du fond. Ceci méritait en tout cas d'être étudié étant donné que la partie haute de ces parois, réparée à de multiples reprises, nécessitait de toute manière un remplacement. Le calcul précis de l'importance des démontages par rapport à la totalité de la cuve a montré que le remplacement de ces parties originelles de béton ne représentait finalement que 7,3% du béton Hennebique mis en œuvre. Par conséquent, le démontage semblait une opération envisageable pour la CRMS.*

En résumé, la Région a décidé de pousser plus loin l'examen de la conservation de la cuve originelle par l'installation d'une protection cathodique par courant imposé, en conservant l'indépendance de la cuve par rapport aux structures environnantes. Elle a demandé à son expert d'examiner cette hypothèse sous deux variantes :

1. Sans réparation des dégâts de rouille à l'arrière des parois, mais en réduisant l'évolution de la rouille par la protection cathodique par l'intermédiaire d'un électrolyte à introduire dans le vide entre les parois en béton et les murs en maçonnerie (appelé scénario 1).
2. Avec réparation des dégâts de rouille à l'arrière des parois, moyennant la démolition et reconstruction d'une partie des parois (7,3% du béton), ce qui ne nécessite plus le remplissage par un électrolyte. (appelé scénario 2).

La Région a transmis le rapport de M. Stegen à Beliris le 01.02.2016. *Il concluait au fait que rien ne montrait que la résistance de la cuve était irrémédiablement insuffisante et qu'on pouvait localement la renforcer.*

**Ce rapport analysait la résistance de la cuve en béton armé sous différents aspects :**

Par absence de données fines dans le dossier de la demande, les calculs de vérification ont été faits pour une profondeur d'eau de référence de 2,00 mètres :

Les nervures : les calculs effectués indiquent

- que les armatures corrodées à l'arrière des nervures ne sont pas structurelles ni nécessaires pour donner à la cuve son indépendance par rapport aux structures environnantes ;
- qu'une perte de section de béton par les dégradations peut atteindre 6 cm avant que la section de béton devienne insuffisante ;
- que les armatures constructives existantes sont suffisantes.

Les parois : ne connaissant pas les positions exactes des armatures, différents cas de figure ont été explorés (paroi discontinue ou continue), et les calculs montrent :

- paroi discontinue : que les sections d'acier doux en place dans les parois sont suffisantes,
- paroi continue : que le léger manque de section aux endroits des appuis est largement compensé par le surdimensionnement au milieu des portées.

Par ailleurs, la mise en œuvre d'une protection cathodique par courant imposé nécessite dans tous les cas la pose d'une couche additionnelle de béton à l'intérieur de la cuve, autorisant également la pose d'armatures supplémentaires (collées ou treillis) permettant de réduire davantage la déformation élastique de la cuve sous la pression de l'eau.

Les armatures au pied des nervures : un renforcement de l'articulation des parois avec la double dalle de sol semble avoir été effectué par Hennebique peu après la mise en œuvre (armature supplémentaire de 2 Ø 25 mm au pied des nervures, ainsi que des étriers). Bien que l'on ne voie pas de fissures à cet endroit sur les photos prises en 2007 (au moment du remplacement du Liner) il est possible que le problème ne soit pas résolu. La vérification sera effectuée au moment du chantier et, si besoin est, on placera des armatures supplémentaires vers le vide arrière où elles seront scellées grâce à un béton d'ancrage à ajouter. Cette solution est réalisable dans la variante 2 ci-avant (après démolition d'une partie des parois).

La double dalle de fond : le fond de la cuve est constitué d'une double dalle en béton armé (2 x 8 cm) remplie d'un mélange de sable et de chaux et suffisamment armée. Le sondage suivi d'une observation qualitative des matériaux montre que les aciers ne sont pas corrodés, ce qui confirme que les alcalins du mélange sable/chaux et l'humidité conservent bien les armatures du béton, qui plus est peut servir d'électrolyte à mettre à profit pour la protection cathodique.

Ces avancées versées au bénéfice de la conservation et de la restauration de la cuve n'ont cependant pas incité les auteurs de projet et leur bureau d'études à changer de stratégie et à proposer une alternative. Aucune nouvelle proposition n'a été fournie à la Région. Par contre, le bureau Greisch a suggéré à Beliris de demander l'avis technique de SECO. Beliris a alors proposé que les parties en présence interrogent SECO sur leurs différents scénarios. La Région et le bureau Greisch ont été invités à soumettre leurs propositions à SECO et à lui poser différentes questions permettant de valider ou de rejeter certaines hypothèses.

Le 15.02.2016, les auteurs de projet (AAC-Greisch) ont sollicité l'avis technique de SECO sur base d'une note reprenant en annexe les résultats des sondages effectués en 2015, le rapport transmis au sujet de leur interprétation par l'expert de la Région, la note d'analyse du bureau Greisch, les 2 scénarios préconisés par la Région et une nouvelle proposition du bureau Greisch (passée inaperçue car n'ayant été ni présentée ni même mentionnée à la Région).

### **Les différents scénarios et les questions en présence**

**Les deux variantes proposées par la Région :** les variantes permettent de conserver les particularités structurelles de la cuve Hennebique, à savoir : *cuve autonome, déposée sur le sol, désolidarisée de la structure des bâtiments de la piscine étant donné que les mouvements du sol ne sont pas maîtrisés (ni même connus)*. Elles sont étayées par les divers schémas, analyses et calculs de résistance relatifs aux différents éléments composant la cuve. Les variantes diffèrent seulement dans l'approche de la passivation de l'acier non structurel qui n'est plus couvert par du béton dans le vide situé à l'arrière des parois en béton de la cuve. Dans les deux variantes, la couche additionnelle de béton reste nécessaire (recouvrement des anodes).

#### **Variante 2 :**

- Démolir et reconstruire les parois latérales en béton armé de la cuve jusqu'à 50 cm du fond ;
- Procéder à la protection cathodique avec courant imposé des parois et du fond de la cuve : mise en place des anodes ajout d'une couche de protection de quelques cm de béton armé, permettant également un renforcement structurel ;
- Garder l'espace entre les parois et la cuve vide ;
- Renforcer l'encastrement des parois dans le fond de la cuve ;
- Remplacer les plages.

#### **Variante 1 :**

- Idem que 1 mais conserver les parois latérales ;
- Remplir le vide entre les parois et l'ancienne maçonnerie à l'aide d'un support qui peut contenir un électrolyte pour la protection cathodique des armatures non couvertes par du béton. Ce remplissage peut être du sable humide, chargé de chaux, voire une matière plus compressible permettant une plus grande indépendance de la cuve.

Beliris et la Région ont aussi posé un certain nombre de questions à SECO :

1. Seco peut-il valider l'interprétation des résultats d'analyse des bétons ?
2. Seco peut-il valider l'analyse du schéma statique de la cuve d'origine Hennebique ?
3. Seco peut-il donner une interprétation des problèmes structurels du hall du bassin (puisque la cuve n'en est pas responsable) : flambement du mur gouttereau, décollement des poutrelles sous les plages, fissurations et mouvement général du bâtiment ?
4. Seco peut-il valider les scénarios de restauration de la cuve du bassin ?

**La variante proposée par AAC-Greisch** est introduite sous forme d'un descriptif d'intervention, illustré par une coupe schématique. Elle peut être synthétisée comme suit :

- Maintenir en place la cuve Hennebique mais en ôtant tout rôle structurel aux parois de la cuve et en consolidant l'ensemble du périmètre adjacent ;
- Reprendre le poids de la piscine en posant le fond de la cuve sur des piliers réalisés par Jet Grouting sur une trame de 3 x 3 m, correspondant à 1 nervure sur 2 dans la trame d'origine. Le bureau Greisch préconise de mettre la zone du fond devant les parois en porte à faux sur les derniers piliers afin de solliciter les armatures supérieures, ce qui permet le renforcement et protections de ces barres structurelles ;
- Désactivation des voiles et contreforts en remplissant le vide entre la cuve et la maçonnerie existante par un matériau non compressible de manière à transférer la charge hydrostatique vers le mur en maçonnerie ;
- Réalisation de voiles-contreforts en cave, sous les plages, pour diviser la portée du diaphragme et atténuer la déformation à long terme de la plage ;

- Application d'une protection cathodique sur toutes les surfaces accessibles de la cuve + nouvelle étanchéité ;
- Reprise des anciennes constructions environnantes sur Jet Grouting ou micro pieux.

Ce scénario n'est accompagné ni de calculs, ni de vérifications de faisabilité. Il ne mentionne pas les mesures de conservation et de renforcement nécessaire pour que le fond de la piscine puisse remplir son nouveau rôle structurel de dalle portante sur pilier.

**La Région a pu prendre connaissance de la variante Greisch et du rapport SECO seulement la veille de la réunion convoquée par Beliris le 18 mai 2016.**

Cette réunion a été consacrée à l'exposé par SECO de son rapport et à la discussion des avantages et inconvénients des différents scénarios dans l'objectif d'aboutir à un consensus. La Région, qui n'avait pas eu le temps d'analyser le rapport et la nouvelle proposition Greisch a toutefois demandé un temps de réflexion lui donnant l'occasion de retourner devant la CRMS pour recueillir son avis.

**Cette question a été examinée en séance plénière du 1<sup>er</sup> juin 2016, au terme de laquelle la CRMS a décidé de transmettre à Beliris une lecture critique du rapport SECO et son avis.**

### Lecture critique du rapport de SECO

La conclusion générale de SECO mentionne «... *que les scénarios de conservation permettant de limiter au maximum le rôle structurel des éléments existants présentent moins de risques aussi bien en ce qui concerne la bonne réalisation des travaux que pour le comportement à long terme de l'ouvrage ...* ».

SECO n'aborde pas le thème de la 3<sup>e</sup> question posée par la Région, qui touche à la compréhension des mouvements des constructions ainsi que de leurs mouvements différentiels. Or, la difficulté de comprendre, d'expliquer, de maîtriser et de calculer ces mouvements est la raison principale pour laquelle Hennebique a séparé la cuve des bâtiments environnants.

*L'idée de rendre la cuve indépendante des constructions environnantes vise à réduire les contraintes dans les bétons armés, et non pas à les augmenter. C'est une des raisons pour lesquelles la Région a privilégié l'indépendance de la cuve.* Dans cette situation, ce sont les parois de la cuve et une zone réduite du fond (devant les parois) qui sont structurels et qui doivent être réparés, protégés et corrigés (selon la conclusion générale de SECO).

L'idée de poser l'ensemble des constructions (bâtiment et cuve) sur des piliers de Jet grouting part de l'hypothèse que les mouvements de sol, de fondations et des constructions sont maîtrisables. Or, jusqu'à aujourd'hui il n'existe aucune information objective et précise sur ces mouvements. SECO part de l'hypothèse que des sondages à venir fourniront des informations permettant de conclure qu'un Jet Grouting sous l'ensemble des constructions pourra maîtriser les mouvements différentiels.

A propos de cette même hypothèse — avancée par SECO lors de la réunion et non reprise dans le rapport — les piliers de Jet Grouting sous la cuve ne serviraient pas de support à la cuve mais seraient un moyen de stabiliser les terres et les mouvements sous la cuve.

Ce n'est pas ce qu'avance dans sa note le bureau Greisch qui voit les piliers comme des appuis disposés tous les 3 mètres sous la dalle de fond. Selon cette approche, les éléments du fond (qui représentent 86% du béton Hennebique) deviendraient structurels ; dans ce schéma statique les contraintes sont plus élevées que les contraintes qui peuvent exister dans les parois en cas d'indépendance de la cuve (ce que demande la Région).

Il faut donc constater :

- Que l'hypothèse de SECO (Jet Grouting = stabilisation des sols) n'est vérifiable que sur base d'une bonne connaissance de la nature et de la morphologie des strates du sol, et de la certitude que les piliers de Jet Grouting sont une solution adaptée pour stabiliser les mouvements, voire les mouvements différentiels ;

- Que la conclusion de SECO (limiter au maximum le rôle structurel) amène automatiquement à écarter l'hypothèse du bureau d'étude Greisch (= la dalle de fond porte sur les piliers dans une trame de 3 x 3 mètres).

SECO a constaté que les profondeurs de l'eau dans les propositions de Beliris et de la Région étaient différentes, et que les réponses aux problèmes sont localement différentes en fonction de celle-ci. A la suite de cette demande, les variations de profondeur ont été mesurées par Beliris, et communiquées le 02/06/2016. Il s'avère que dans la zone située à proximité de la plus grande profondeur, la hauteur dépasse 2,00mètres (hypothèse de calcul pour les variantes de la Région). Toutefois, ces précisions ne sont pas de nature à modifier les principes des solutions proposées pour les nervures des parois. En effet, les armatures originelles, combinées aux sections de béton originelles suffisent pour supporter les plus grandes profondeurs. Il faudra donc, en fonction de la profondeur en question, décider de la nécessité à restituer la section du béton originelle.

### Avis de la CRMS

La CRMS observe que le rapport SECO laisse encore beaucoup de questions en suspens et que certaines de ses affirmations sont contradictoires à celles du bureau Greisch. Par ailleurs, s'il paraît aujourd'hui acquis que ce ne sont pas les déformations de la cuve qui ont provoqué les déformations importantes constatées aux murs gouttereaux de la halle, celles-ci demeurent toujours inexplicables. Or, *la restauration durable de la piscine passe par l'identification des problèmes de stabilité dont elle souffre*. La Commission demande donc que ce point important soit éclairci et résolu avant la finalisation de la demande de permis unique. De manière générale, les plans seront ensuite revus et adaptés au nouveau système développé.

Pour ce qui concerne la cuve Hennebique (cuve auto-stable simplement déposée sur le sol), la proposition qui consiste à la conserver en en y perçant une septantaine de trous pour mettre en œuvre le Jet Grouting) est difficilement acceptable. L'idée de conserver la cuve en la plaçant sur des béquilles est dénuée de sens et sollicite finalement davantage les armatures de la double dalle de sol que dans la situation actuelle.

Par contre, il est parfaitement possible de renforcer les propriétés structurelles originelles de la cuve (c.à.d. les parois) et de la restaurer, comme proposé dans la variante 2 de la Région :

- les seuls risques pour le bon maintien de la cuve auto-stable sont les désordres de sol qui risquent de résulter des travaux de Jet Grouting sous les massifs de maçonnerie situés à proximité. **Pour les maîtriser, on remplira la cuve d'eau, jusqu'à extinction des tassements éventuels dus aux sollicitations du sous-sol par le Jet Grouting.** On mettra ce temps-là à profit pour restaurer et réaménager la piscine ainsi que pour construire ses nouveaux volumes – avant de poursuivre avec la restauration de la cuve à proprement parler ;
- une vérification de l'état des aciers de la double dalle de sol et des ferraillements du pied des nervures au niveau de la grande profondeur pourra être effectuée dès que la cuve sera vide ;
- le démontage partiel des parois latérales devrait permettre de consolider cette articulation trop faible ;
- des essais plus extensifs dans le sous-sol pourront être effectués pour mieux comprendre et maîtriser les mouvements de sol, ainsi que pour ajuster et argumenter la mise en œuvre du Jet Grouting et des micro pieux sous les constructions ;
- la totalité des bétons sera traitée par protection cathodique avec courant imposé. La couche de béton de protection qui doit recouvrir les anodes contiendra les armatures supplémentaires (collées ou treillis) nécessaires ; un programme de maintenance sera élaboré.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de nos sentiments très distingués.



A. VAN LOO  
Secrétaire



M.-L. ROGGEMANS  
Présidente

Copie à : B.D.U. – D.M.S. : Mme M. Vanhaelen ; Beliris : M. B. De Bo (par mail : Brecht.BeBo@mobilit.fgov.be).