

W6 f édition ...2024

RÉGLEMENTATION

Directive

pour les réservoirs d'eau potable

Planification, conception, construction, exploitation et remise en état de réservoirs

W6

W6 f édition ...2024

RÉGLEMENTATION

Directive

pour les réservoirs d'eau potable

Planification, conception, construction, exploitation et remise en état de réservoirs

IMPRESSUM

Les conditions générales de vente s'appliquent sous
www.svgw.ch/AGB

Copyright by SVGW, Zurich
Impression : Zofinger Tagblatt
Tirage mars 2013 : 1400 exemplaires

Reproduction interdite

Disponible auprès du secrétariat de la SVGW
(support@svgw.ch)

W6

TABLE DES MATIÈRES

	Préface	7
1	Objectif	9
2	Champ d'application	9
3	Définition des termes	9
4	Fonctions et exigences des réservoirs d'eau potable	11
4.1	Principales fonctions des réservoirs	11
4.2	Exigences sur la qualité de l'eau	12
4.3	Emplacement et fonction des réservoirs	13
5	Prescriptions légales, références normatives	16
5.1	Exigences légales	16
5.2	Références normatives et documents complémentaires	17
6	Processus général et déroulement de la planification	20
6.1	Phases de projet	20
6.2	Éléments de l'assurance qualité	24
6.3	Exigences de qualification pour la conception et l'exécution	25
6.4	Mandat d'ingénieurs (marché de prestations de services)	26
6.5	Construction numérique (BIM)	26
7	Planification stratégique	28
7.1	Évaluation de l'état	28
7.2	Définition de l'état projeté, cahier des charges	28
7.3	Calcul du volume	29
8	Études préliminaires	32
8.1	Établissement de variantes	32
8.2	Définition du mode de réalisation	32
8.3	Évaluation de la chimie de l'eau et de l'exposition au radon	32
8.4	Évaluation des variantes	33
8.5	Décision pour la meilleure variante, décision d'investissement	34

9	Études de projet	35
9.1	Configuration d'un réservoir	35
9.2	Accessibilité pour les personnes et les marchandises	35
9.3	Intégration dans l'environnement et extérieurs	36
9.4	Spécifications générales de l'ouvrage	37
9.5	Sécurité au travail et protection incendie	39
9.6	Bases statiques et construction	42
9.7	Exigences pour la construction en béton coulé sur place	44
9.8	Exigences relatives aux cuves	45
9.9	Exigences relatives aux surfaces en contact avec l'eau potable	48
9.10	Exigences d'exploitation	50
9.11	Équipement hydraulique	50
9.12	Équipements de mesure	53
9.13	Équipement électrique et mécanique	54
9.14	Dosage et stockage de produits chimiques	56
10	Appel d'offres	57
10.1	Procédure d'appel d'offres	57
10.2	Plan de contrôle et d'hygiène	58
10.3	Spécifications particulières pour la construction en béton coulé en place	58
10.4	Spécifications particulières pour la mise en place de nouveaux revêtements en cas d'assainissement de cuve	58
10.5	Préparation des contrats d'entreprise	59
11	Réalisation, contrôle et mise en service	60
11.1	Construction en béton coulé en place	60
11.2	Construction en béton préfabriqué	62
11.3	Constructions en d'autres matériaux	63
11.4	Réception et mise en service	63
11.5	Première mise en service	65
12	Exploitation et surveillance	67
12.1	Accomplissement des tâches opérationnelles	67
12.2	Remarques générales	68
12.3	Contrôles	69
12.4	Impuretés et anomalies fréquents	70
12.5	Nettoyage et désinfection	71
12.6	Remise en service	72
12.7	Exploitation	73
13	Maintenance (maintien de la valeur)	74
13.1	Définitions et aperçu	74
13.2	Principes de base	74
13.3	Cycle de maintenance	75
13.4	Déroulement de la remise en état	76
13.5	Revêtement des cuves	78

13.6	Remise en service	81
14	Démantèlement/démolition	82
14.1	Objectif et exigences	82
14.2	Déroulement	82
15	Documentation	83
15.1	Documentation de l'ouvrage	83
15.2	Manuel d'exploitation	84
16	Dispositions finales	86
Annexes		
1	Exemple d'analyse de la valeur d'usage	87
2	Exemple de réalisation	89
3	91Exemple de plan de contrôle	91
4	Exemple de plan de maintenance et d'inspection (selon DVGW W300-2)	96
5	Exemple de plan de maintenance et d'inspection (selon DVGW W300-2)	101
6	Analyse de l'état (selon DVGW W300-3) 101Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.	
7	La formation de taches	104
8	Formation de taches dans les cuves	109

PRÉFACE

PRÉFACE GÉNÉRALE AUX DIRECTIVES DE LA SVGW

La Règlementation SVGW décrit en termes concrets et pragmatiques les règles, les techniques et les méthodes permettant d'assurer une distribution sécurisée, fiable et durable de l'eau potable. Elle spécifie les conditions essentielles à respecter dans l'intérêt des clients, des collectivités et des distributeurs pour garantir un niveau de sécurité optimal et pour prévenir tout danger inhérent à la construction, à l'exploitation et à la maintenance des infrastructures techniques.

La Règlementation SVGW se fonde sur les acquis scientifiques, techniques et pratiques constituant les règles techniques reconnues par les professionnels et les autorités. Elle peut servir de référence au législateur. Elle aide l'utilisateur à respecter les exigences essentielles, notamment satisfaire les objectifs de protection et prévenir les dangers.

L'application de la Règlementation de la SVGW ne décharge aucunement l'utilisateur de la responsabilité de ses actes. Celui-ci doit s'assurer d'une mise en œuvre conforme aux prescriptions dans les situations concrètes.

Avant-propos à la présente Directive SVGW W6 sur les réservoirs d'eau potable

Les réservoirs sont des éléments importants de la distribution de l'eau potable. Les réservoirs remplissent la fonction essentielle de stockage de l'eau pour couvrir les pics de consommation ainsi que les périodes d'arrêt de production d'eau potable. De plus, ils stabilisent la pression dans le réseau de distribution. Conçus pour une exploitation sur plusieurs décennies, ils doivent être conçus, construits, exploités, entretenus et remis en état selon les règles de l'art. La Directive W6 est dédiée à ce thème central et traite des aspects de la conception, de la construction, de l'exploitation, de l'entretien et de la remise en état des réservoirs.

La présente révision de la Directive W6 contient des recommandations pratiques sur le stockage de l'eau potable et s'adresse avant tout aux concepteurs pour la réalisation d'études de projet, l'exécution ou la remise en état de réservoirs, ainsi qu'aux exploitants (distributeurs ou fontainiers) pour le contrôle et l'entretien de tels ouvrages. Chaque aspect de la planification, des études de projet, de l'exécution et de l'exploitation est traité de manière pratique. Le thème de l'assainissement et de la remise en état de réservoir a intégré à la nouvelle Directive. Il est développé sur l'entier du processus allant de l'évaluation générale de la situation du réservoir, de son état et de son fonctionnement jusqu'à la prise de décision soit de démolir et de remettre en état.

La structure de la Directive est organisée en suivant les phases de la vie de l'ouvrage. La révision se base de la Directive W6 (version 2004) ainsi que d'autres réglementations déjà existantes (DVGW, ÖVGW, ASTEE).

La SVGW a confié l'élaboration de cette Directive à un groupe de travail composé des membres suivants :

Adrian Rieder, président, WVZ, Zurich
Mélanie Bähler, Service de l'eau, Lausanne
Margarete Bucheli, SVGW, Zurich
Stephan Christ, Lmk SO, Soleure
Simon Haag, Rapp AG, Bâle
Ronald Peter, HJP-AG, Uster
Marcel Schoch, WWZ, Zoug
Brigitte Schmidt, Lausanne
Stéphan Ramseier, SIG, Genève
Andreas Rickenbacher, IWB, Bâle
Stefan Wassmer, Stadtwerk, Winterthur
Federica Zanni, AIL, Lugano
Markus Biner, secrétaire, SVGW, Zurich

1 Objectif

L'objectif principal des réservoirs est de stocker, pendant un certain laps de temps et dans des conditions d'hygiène irréprochables, un volume suffisant d'eau potable pour la zone de distribution. De plus, ils permettent de stabiliser la pression dans le réseau de distribution. La présente Directive réunit les recommandations, spécifications et exigences nécessaires pour atteindre cet objectif tout en suivant les règles de l'art de la technique.

2 Champ d'application

La présente Directive s'applique à la conception, à l'étude de projet, à l'exécution, à l'exploitation, à l'entretien et à la remise en état des réservoirs utilisés pour l'approvisionnement en eau potable. Elle peut également s'appliquer par analogie aux réservoirs qui contiennent de l'eau qui n'est pas destinée à la consommation humaine. Dans ce cas, le concepteur détermine quelles parties de cette Directive peuvent être appliquées.

Les spécifications énoncées dans cette Directive doivent être respectées non seulement lors de la conception et de la construction de nouveaux réservoirs, mais aussi lors de l'extension et de la modification ou lors de mises en état de réservoirs existants. La Directive indique comment procéder à une évaluation de l'état de l'ouvrage et sert de base pour la planification de travaux de maintenance. La Directive contient en outre les lignes directrices pour un contrôle et un nettoyage adéquats du réservoir.

La Directive porte sur les parties d'ouvrage suivantes :

- Cuves ;
- Chambre des vannes et locaux techniques ;
- Les conduites et la robinetterie, les instruments de mesure et dispositifs de contrôle jusqu'au raccordement du réservoir au réseau d'eau potable

3 Définition des termes

Réservoir

Ouvrage destiné au stockage de l'eau potable. Un réservoir se compose généralement de deux cuves, d'une chambre des vannes/local technique et de toutes les conduites, robinetteries, instruments de mesure et dispositifs de contrôle nécessaires jusqu'au raccordement au réseau d'eau potable.

Réservoirs préfabriqués

Petit réservoir réalisé de toute pièce en éléments préfabriqués.

Chambre des vannes

Partie sèche d'un réservoir qui contient la robinetterie, les pompes, les tuyauteries, les installations électriques, les dispositifs de mesure, de commande, de régulation et de surveillance (MCR) et qui donne accès aux cuves.

Réservoir tampon

Réservoir situé entre la station de pompage et la zone d'approvisionnement. Toute l'eau transite d'abord par ce réservoir avant d'être acheminée vers le réseau de distribution.

Réservoir de tête

Réservoir qui, vu depuis la station de pompage, se trouve en aval du réseau de distribution ou en dérivation de la conduite d'alimentation. Seule l'eau qui n'est pas consommée par la zone d'approvisionnement alimente le réservoir.

Réservoir gravitaire

Réservoir dont l'altitude du plan d'eau dans les cuves est suffisante pour alimenter la zone de distribution par gravité.

Réservoir avec station de pompage

Réservoir dont l'altitude du plan d'eau dans les cuves n'est pas suffisante pour alimenter la zone d'approvisionnement par gravité. L'altitude du plan d'eau ne permet pas d'obtenir une pression dans le réseau suffisante. Ces réservoirs sont donc toujours exploités en combinaison avec une station de pompage. Ils collectent les eaux provenant des captages et séparent ainsi hydrauliquement l'installation de captage du réseau de distribution.

Château d'eau

Réservoir hors-sol au-dessus du niveau du terrain.

Maintenance

Le terme maintenance comprend l'inspection, l'entretien et la remise en état.

Remise en état

Mesure visant à rétablir l'état souhaité. La remise en état fait partie de la maintenance.

Entretien

Travail répétitif visant à maintenir ou à assurer le bon état de l'ouvrage. L'entretien fait partie de la maintenance.

MCR

Mesure, commande et régulation

Volume utile (volume de stockage)

Volume correspondant à la différence entre le niveau d'eau maximal et le niveau d'eau minimal de la ou des cuves.

Le volume utile se compose de la réserve d'alimentation, de la réserve de secours et de la réserve incendie.

Réserve d'alimentation

La réserve d'alimentation correspond en principe à la quantité d'eau consommée sur une certaine période.

Réserve de secours (réserve de sécurité)

La réserve de secours couvre les incidents tels qu'une dégradation temporaire de la qualité de l'eau brute (turbidité qui nécessite une déviation des eaux par exemple), les pannes de courant de quelques heures, les défauts de pompage, le nettoyage des puits, les ruptures de canalisations, etc.

Réserve incendie (réserve d'eau d'extinction)

Elle doit être conforme aux valeurs indicatives des besoins en eau pour la lutte contre les incendies de la Directive CSSP (Coordination suisse des sapeurs-pompiers) "Directive pour l'alimentation en eau d'extinction" ou de la Directive SVGW W5. Dans certains cas, il est possible de renoncer à faire une distinction entre les réserves de secours et incendie.

Revêtements (adhérents)

Souvent le béton des cuves est recouvert d'un revêtement. Il s'agit d'une couche mise en place par projection ou à la main qui adhère au support. Il s'agit la plupart du temps de mortiers minéraux projetés sur les surfaces en béton.

Revêtements (non adhérents)

Les cuves peuvent être revêtues de plaques ou feuilles collées ou fixées à l'ouvrage. Dans les anciens réservoirs, on rencontre souvent des revêtements en carrelages.

4 Fonctions et exigences des réservoirs d'eau potable

4.1 Principales fonctions des réservoirs

Les réservoirs servent essentiellement à stocker l'eau nécessaire à une zone de distribution pour un temps donné et dans des conditions d'hygiène irréprochables. Selon le type d'installation et la zone de distribution, ils ont pour fonction :

- de compenser pendant un laps de temps donné (au moins un jour) la différence entre les apports en eau et les soutirages d'eau ;
- de couvrir les pointes de consommation ;
- de garder une réserve pour des situations extraordinaires (perturbations d'exploitation) ;
- au besoin, de mettre à disposition une réserve incendie ;
- de maintenir une certaine pression dans le réseau de distribution d'eau.

De plus, les réservoirs sont souvent nécessaires pour la séparation du réseau en zones de pressions ou sous-systèmes.

4.1.1 Stockage pour la compensation et la réserve

Le volume utile comprend la réserve d'alimentation, la réserve de secours et (si nécessaire) la réserve incendie. La réserve d'alimentation est déterminée en fonction de l'équilibre nécessaire entre les apports en eau (apports naturels et production) et la consommation. La réserve de secours sert à pallier d'éventuelles interruptions de production d'eau.

Dans le cadre de la planification stratégique, il est nécessaire de garantir le volume de stockage et si nécessaire de procéder à une extension par étapes du volume de stockage.

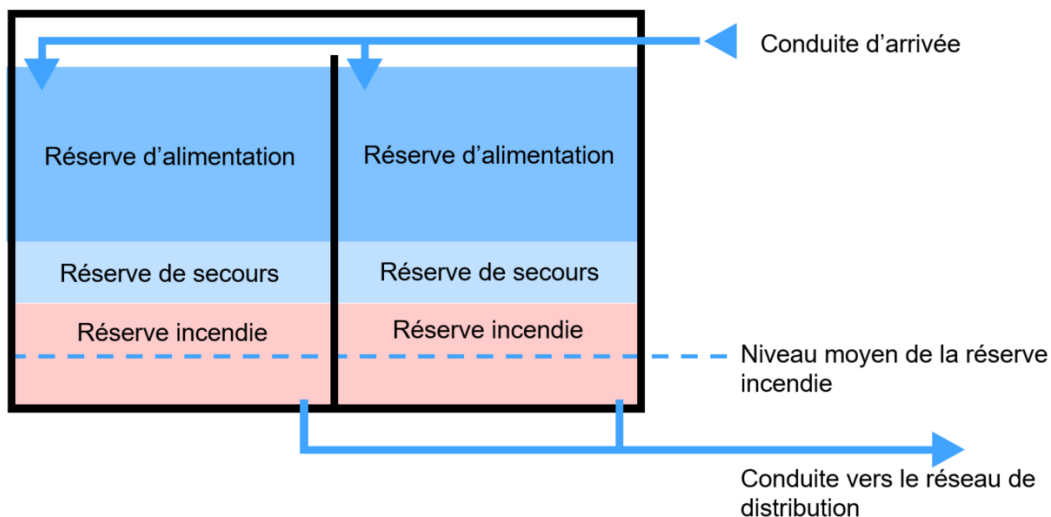


Figure 1 : Répartition du volume utile du réservoir en réserve d'alimentation, réserve de secours et réserve incendie (selon la directive de CSSP)

Afin d'augmenter la sécurité (redondance) et de garantir l'approvisionnement en eau potable pendant les travaux de maintenance, le volume utile est généralement réparti sur deux cuves.

4.1.2 Stabilisation de la pression

En fonction de sa situation géographique par rapport à la station de production d'eau ou aux apports en eau, le réservoir a une influence plus ou moins importante sur les conditions

de pression dans le réseau de distribution. Dans le cas d'un réservoir de tête, seule l'eau qui n'est pas consommée par le réseau arrive jusqu'au réservoir. Les conditions de pression dans le réseau de distribution doivent donc être vérifiées avec pompage et en alimentation gravitaire. Dans le cas d'un réservoir tampon, toute l'eau à distribuer est stockée au préalable dans le réservoir. Les conditions de pression dans le réseau de distribution sont donc dans ce cas influencées uniquement par le niveau d'eau dans le réservoir.

Le niveau d'eau dans les réservoirs avec station de pompage n'a pas d'influence directe sur la pression dans le réseau de distribution qui est donnée par les pompes. Afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement, des dispositions particulières doivent être prises en cas de défaillance des pompes et de pannes de courant (protection contre les coups de bélier, contre les retours d'eau et alimentation électrique de secours).

Les réservoirs gravitaires améliorent la sécurité du système d'approvisionnement grâce à leur position dans le réseau de distribution. Ils permettent de garantir des conditions de pression optimales dans le réseau.

4.2 Exigences sur la qualité de l'eau

Les réservoirs doivent être construits de telle sorte qu'aucune altération de la qualité de l'eau ne puisse se produire sur le plan microbiologique, chimique ou physique.

La température de l'eau doit être maintenue aussi constante que possible (+/- 1 °C environ) pendant le stockage. Il peut être nécessaire de mettre en place une isolation thermique afin d'éviter toute influence négative de la température extérieure sur l'eau stockée, ainsi que sur la structure porteuse de l'ouvrage ou l'équipement. L'isolation thermique tiendra compte des conditions climatiques locales et des exigences de fonctionnement afin de limiter la condensation dans les cuves.

La prolifération de micro-organismes sur les surfaces des cuves (formation de biofilms) et dans l'eau (formation de germes) peut être maintenue sous contrôle (en plus d'un suivi de la qualité de l'eau) en ayant recours à des matériaux de construction et autres matériaux appropriés qui ne libèrent pas ou peu de nutriments dans l'eau. De plus, la circulation d'eau dans le réservoir doit être suffisante et l'eau doit être renouvelée régulièrement. Il convient également d'empêcher la pénétration de lumière dans les cuves afin d'éviter la prolifération d'algues.

Pour que la qualité de l'eau ne se dégrade pas, les cuves doivent être régulièrement nettoyées. Les surfaces intérieures des cuves doivent être les plus lisses possibles (peu de pores et d'irrégularités) afin de faciliter les contrôles et les nettoyages. En effet, plus la surface est lisse, moins il y aura de formation de dépôts dans les pores ou sur les irrégularités qui peuvent favoriser la croissance de micro-organismes.

Pour protéger l'eau des impuretés, les arrivées d'air dans les cuves doivent être munies de filtres. En règle générale et si cela est techniquement possible, chacune des cuves devra être équipée de son propre filtre.

4.3 Emplacement et fonction des réservoirs

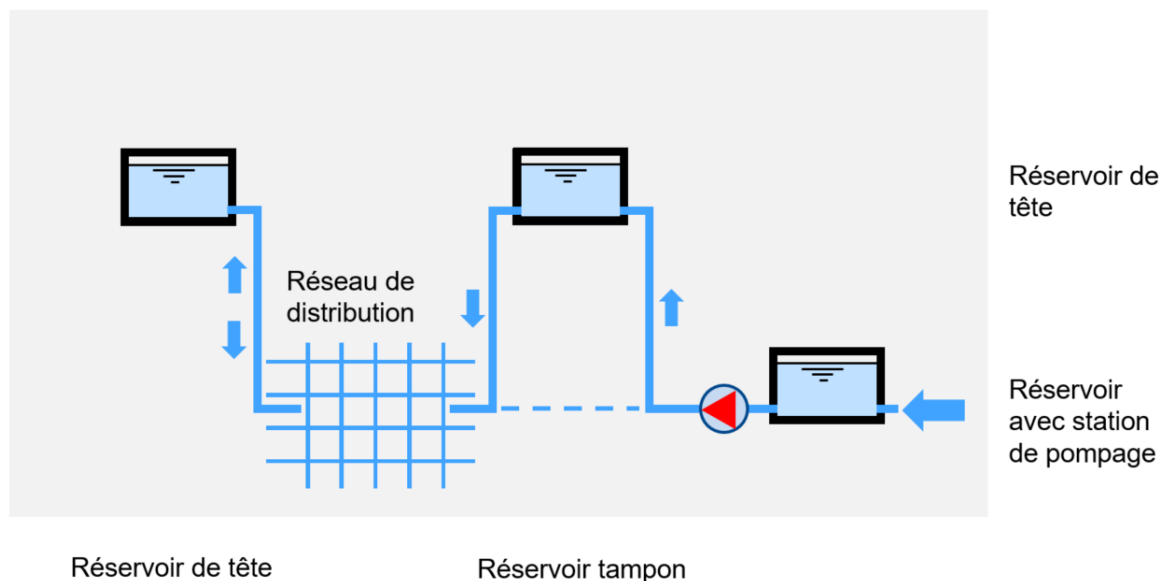


Figure 2 : Emplacement et fonction des réservoirs

Dans le système d'approvisionnement, les réservoirs se différencient par leur altitude (réservoirs gravitaires et réservoirs avec station de pompage) ainsi que par leur situation par rapport au réseau de distribution (réservoirs de tête et réservoirs tampon). Leur position par rapport à la surface du terrain permet de plus de différencier les réservoirs enterrés et les réservoirs hors-sol et châteaux d'eau.

Le réservoir doit en principe être placé le plus près possible des consommations.

Les réservoirs tampon sont situés entre la station de production d'eau potable et la zone de distribution. Les réservoirs de tête sont construits, vus depuis la station de production d'eau, en aval de la zone de distribution ou en dérivation de la conduite d'aménée.

4.3.1 Réservoir gravitaire

Il est préférable de placer le volume de stockage dans un réservoir gravitaire situé au-dessus de la zone de distribution. L'altitude du réservoir doit être choisie de manière à ce que les conditions de pression soient optimales dans le réseau de distribution, pour autant que les conduites soient suffisamment bien dimensionnées. En règle générale, les réservoirs gravitaires sont enterrés sur un point culminant. En l'absence de points culminants à une distance raisonnable de la zone de distribution, la construction de châteaux d'eau peut être envisagée.

Pour les réservoirs gravitaires, le niveau maximal d'eau dans les cuves se situe en général entre 50 et 100 m au-dessus de la zone de distribution (surface du terrain). En cas de différence d'altitude supérieure à 100 m, il convient de prévoir la subdivision du réseau en plusieurs zones de pression avec la construction de réservoirs intermédiaires, de chambres brise-énergie ou la mise en place de vannes de réduction de pression.

Le niveau minimum d'eau dans les cuves est fixé de telle sorte à ce que la pression minimale selon la Directive W3 de la SVGW (2 bars au robinet le plus élevé du bâtiment) soit garantie au point le plus défavorable de la zone de distribution. Les conditions hydrauliques (pression hydrostatique, pression hydrodynamique, pertes de charge dans le réseau de conduites) ainsi que les conditions topographiques locales doivent être prises en compte.

Si le site le plus approprié pour l'implantation d'un réservoir gravitaire est éloigné du réseau de distribution, le raccordement du réservoir au réseau nécessite de longues conduites avec, souvent, des diamètres nominaux plus importants. Il s'agit de dépenses supplémentaires qui doivent être prises en comptes dans l'évaluation des coûts.

Les avantages du réservoir gravitaire sont en général :

- une grande sécurité d'approvisionnement et une exploitation flexible (et donc économique) des installations de pompage en cas de volume utile suffisamment grand ;
- approvisionnement particulièrement économique grâce à une pression existante (gravitaire) ;
- peu de frais d'entretien ;
- possibilité d'agrandissement.

Inconvénient :

- Investissement élevé en cas de longues conduites de raccordement au réseau de distribution.

4.3.2 Château d'eau

La construction d'un château d'eau, une forme particulière de réservoir gravitaire, peut être envisagée lorsque le relief du terrain ne se prête pas à la construction d'un réservoir gravitaire enterré.

Avantages du château d'eau :

- une grande sécurité d'approvisionnement ;
- approvisionnement particulièrement économique grâce à une pression existante (gravitaire) ;

Inconvénients :

- Investissement important ;
- Agrandissement/extension difficile ;
- Vérification sismique exigeante.

4.3.3 Réservoir avec station de pompage

Les réservoirs avec station de pompage servent de réserve de pompage et sont généralement utilisés dans les installations de captage, de traitement ou de pompage. Ce sont les pompes qui génèrent la pression de distribution nécessaire.

Les réservoirs avec station de pompage compensent la différence entre les apports (captage, traitement) et les soutirages dans le réseau.

La construction d'un réservoir avec station de pompage ne doit être envisagée seulement si les conditions pour la construction d'un réservoir gravitaire ou d'un château d'eau ne sont pas réunies. Des mesures doivent alors être prises pour assurer une sécurité suffisante de l'exploitation (par ex. groupes électrogènes de secours, groupes de remplacement, etc.). Ces dépenses supplémentaires doivent être comprises dans les coûts d'investissement.

Avantages du réservoir avec station de pompage :

- peu d'investissements pour la construction du réservoir et des conduites ;
- les moteurs des pompes à vitesse variable permettent de maintenir la pression nécessaire dans le réseau.

Inconvénients :

- sécurité d'approvisionnement non garantie en cas de panne de courant ;
- impossibilité de planifier les périodes de pompage en fonction du tarif de l'électricité ;
- opérations de maintenance plus délicates et fréquentes. Nécessité d'avoir du personnel qualifié ;
- nécessite des dispositifs contre les coups de bélier.

5 Prescriptions légales, références normatives

5.1 Exigences légales

5.1.1 Cadre légal sur les denrées alimentaires

- RS 817.0 LDAI, Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels (Loi sur les denrées alimentaires) ;
- RS 817.02 ODAIOUs, Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels ;
- RS 817.022.11 OPBD, Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des piscines et des douches accessibles au public ;
- RS 817.023.21 Ordonnance du DFI sur les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires (Ordonnance sur les matériaux et objets).

Aspects importants

Sécurité des denrées alimentaires : l'eau potable est définie aux articles 2 et 3 de l'OPBD comme eau qui, à l'état naturel ou après traitement, est destinée à la boisson, à la cuisson, à la préparation de denrées alimentaires ainsi qu'au nettoyage des objets entrant en contact avec les denrées alimentaires. L'eau potable doit être propre à la consommation sur les plans microbiologique, chimique et physique.

L'eau potable ne doit présenter aucune altération de l'odeur, du goût et de l'aspect et le type et la concentration de microorganismes, parasites et contaminants ne doivent présenter aucun danger pour la santé. Elle doit en outre satisfaire aux exigences minimales fixées dans les annexes 1 à 3 de l'OPBD.

Autocontrôle : quiconque produit, transforme, stocke, transporte ou vend des denrées alimentaires est tenu de réaliser un autocontrôle. Cette obligation est un pilier central de la législation alimentaire. Cela implique que les installations, les conditions de travail et les procédures doivent être conçues de façon à ce que la sécurité alimentaire soit garantie en tout temps. Les mesures prises dans le cadre de l'autocontrôle doivent être documentées par écrit et être traçables. Cette réglementation s'applique également sans restriction aux entreprises publiques de distribution de l'eau potable.

Exigences relatives aux installations d'approvisionnement en eau : conformément à l'OPBD, la construction ou la modification d'une installation d'approvisionnement en eau (art. 4, al. 4) doit être notifiée au préalable aux autorités cantonales d'exécution.

Lors de la construction ou de la transformation ainsi que lors de l'exploitation de l'installation d'approvisionnement en eau, les règles reconnues de la technique doivent être respectées.

L'exploitant est tenu de faire surveiller et entretenir régulièrement l'installation par un personnel dûment formé.

Le choix de matériaux utilisés pour la construction, la transformation d'une installation d'approvisionnement en eau ainsi que lors de petits travaux en cours d'exploitation devrait se porter sur des matériaux dont la compatibilité avec l'eau potable a été prouvée à l'aide d'essais et selon une méthode reconnue. Ces matériaux ne peuvent libérer des substances dans l'eau potable que dans des quantités qui :

- a. ne présentent aucun risque pour la santé ;
- b. sont techniquement inévitables ; et
- c. n'entraînent aucune modification de la composition ou des propriétés organoleptiques de l'eau.

5.1.2 Autres domaines juridiques

- RS 814.01 LPE, Loi fédérale sur la protection de l'environnement ;

RS 531	LVG Loi fédérale sur l'approvisionnement économique du pays (Loi sur l'approvisionnement du pays) ;
RS 531.32	OAP, Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau potable lors d'une pénurie grave ;
RS 832.311.141	OTConst, Ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs dans les travaux de construction ;
RS 221.112.944	LRFP, Loi fédérale sur la responsabilité du fait des produits ;
RS 943.02	LMI, Loi fédérale sur le marché intérieur ;
RS 172.056.1	LMP, Loi fédérale sur les marchés publics ;
RS 734.31	OLEI, Ordonnance sur les lignes électriques ;
RS 933.0	LPCo, Loi fédérale sur les produits de construction ;
RS 700	LAT, Loi fédérale sur l'aménagement du territoire ;
RS 832.30	OPA, Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles.

En plus des bases légales mentionnées ci-dessus, les lois et ordonnances légales cantonales applicables doivent être prises en compte. Lors de l'élaboration du projet, il convient d'impliquer le plus tôt possible les différents services cantonaux concernés. Pour les projets d'importance régionale, les cantons versent en règle générale des subventions en fonction du montant total des travaux.

Aspects importants

Sécurité au travail : la protection des travailleurs est réglementée par des dispositions légales, en particulier l'Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (Ordonnance sur la prévention des accidents, OPA) et les directives de la CFST. Les exigences spécifiques métier se trouvent dans la Directive pour la prévention des accidents et la protection de la santé dans le secteur du gaz et de l'eau (GW2, partie A) de la SVGW et dans le Manuel de la sécurité correspondant (GW2, partie B), ainsi que dans diverses notices techniques émises par la SVGW. Les mesures de protection spécifiques doivent être adaptées aux méthodes de travail mises en place et aux contraintes du site.

Sécurité de l'approvisionnement : il incombe aux collectivités publiques la tâche d'approvisionner la population et les entreprises en eau potable et en eau industrielle ainsi que de mettre à disposition de l'eau d'extinction en cas d'incendie. Les réservoirs sont très coûteux et ont une longue durée de vie. Ils ne peuvent être facilement adaptés à de nouvelles conditions à court terme. Une conception cohérente sur tous les niveaux et qui prend en compte une prévision sur le long terme est indispensable pour éviter les mauvais investissements, répondre aux exigences de redondance et de résilience et ainsi garantir la sécurité d'approvisionnement en eau potable.

5.2 Références normatives et documents complémentaires

Les documents suivants font également référence.

Association pour l'eau, le gaz et la chaleur SVGW

SVGW W1	Directive pour la surveillance qualité de la distribution d'eau
SVGW W3	Directive pour installations d'eau potable
SVGW W4	Directive sur la distribution d'eau
SVGW W5	Directive pour l'alimentation en eau d'extinction
SVGW W12	Guide des bonnes pratiques destiné aux distributeurs d'eau potable
SVGW W1005	Recommandation pour la planification stratégique de l'approvisionnement en eau potable
SVGW W1006	Recommandation pour le financement de la distribution d'eau

SVGW W1007	Recommandation Prévention contre le sabotage des systèmes d'alimentation en eau potable
SVGW W1011	Recommandation Modèle de PGA (Plan général d'approvisionnement en eau)
SVGW W1014	Recommandation relative à la saisie et au traitement des données pour les distributeurs d'eau
SVGW W10018	Notice technique : Corrosion par des éléments galvaniques dans la connexion de différents matériaux de conduites d'eau potable dans les installations domestiques
SVGW W10021	Notice technique : Ciment et béton : Exigences en termes de matériaux pour les appels d'offres relatifs à du béton utilisé dans des éléments de construction en contact avec de l'eau potable
SVGW GW2	Partie A : Directive pour la prévention des accidents et la protection de la santé dans les branches du gaz et de l'eau
SVGW GW2	Partie B : Manuel de la sécurité pour la prévention des accidents
SVGW GW1000	Recommandation pour les exigences et l'utilisation de matériau de remplacement du gravier dans la construction de conduites
SVGW ZW102/1	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von organischen Materialien
SVGW ZW102/2	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von Metallen, Metalllegierungen und Metallüberzügen
SVGW ZW102/3	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von zementgebundenen Werkstoffen
SVGW ZW102/4A	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von anorganischen nicht metallischen Materialien: Email
SVGW ZW102/4B	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von anorganischen nicht metallischen Materialien: Keramik

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches DVGW (*seulement en allemand*)

DVGW W 270	Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
DVGW W 300-1	Trinkwasserbehälter Teil 1: Planung und Bau
DVGW W 300-2	Trinkwasserbehälter Teil 2: Betrieb und Instandhaltung
DVGW W 300-3	Trinkwasserbehälter Teil 3: Instandsetzung und Verbesserung
DVGW W 300-4	Trinkwasserbehälter Teil 4: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme – Grundsätze und Qualitätssicherung auf der Baustelle
DVGW W 300-5	Trinkwasserbehälter Teil 5: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme – Anforderungen und Prüfung
DVGW W 300-6	Trinkwasserbehälter: Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von System- und Fertigteilbehältern
DVGW W 300-7	Trinkwasserbehälter Teil 7: Praxishinweise Reinigungs- und Desinfektionskonzept
DVGW W 300-8	Trinkwasserbehälter; Praxishinweise Hygienekonzept: Neubau und Instandsetzung

DVGW W 316	Qualifikationsanforderungen an Fachunternehmen für Planung, Bau, Instandsetzung und Verbesserung von Trinkwasserbehältern
DVGW W 347	Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
DVGW W 398	Praxishinweise zur hygienischen Eignung von Ortbeton und vor Ort hergestellten zementgebundenen Werkstoffen zur Trinkwasserspeicherung

Société suisse des Ingénieurs et des Architectes SIA.

SIA 112	Modèle « Etude et conduite de projet » - Norme de compréhension
SIA 260	Bases pour l'élaboration de projet de structures porteuses
SIA 261	Actions sur les structures porteuses
SIA 262	Construction en béton
SIA 262/1	Construction en béton - Spécifications complémentaires
SIA 267	Géotechnique
SIA 271	Etanchéité des bâtiments
SIA 272	Etanchéités et drainages d'ouvrages enterrés et souterrains
SIA 2042	Prévention des désordres dus à la réaction alcalin-granulats (RAG) dans les ouvrages en béton

Association Suisse de Normalisation SNV

SN EN 12501	Protection des matériaux métalliques contre la corrosion - Risque de corrosion dans les sols
SN EN 206 + A1	Béton – Spécification, performances, production et conformité
SN EN 1508	Alimentation en eau – Prescriptions pour les systèmes et les composants pour le stockage de l'eau

Société Suisse de Protection contre la Corrosion SGK

SGK C1	Directive pour la planification, l'exécution et l'exploitation de la protection cathodique d'installations de transport par conduites
SGK C2	Directive pour la protection contre la corrosion des installations métalliques enterrées
SGK C3	Directive pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds d'installations à courant continu

6 Processus général et déroulement de la planification

6.1 Phases de projet

La présente directive est articulée selon les différentes phases de projet tels que décrites par la SIA ainsi que selon les différentes phases de la vie de l'ouvrage. Les chapitres 7 à 15 correspondent donc chacun à une phase de projet et de la vie de l'ouvrage comme montré à la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Cette structure permet à l'utilisateur de la présente directive de trouver plus facilement réponses à des questions spécifiques.

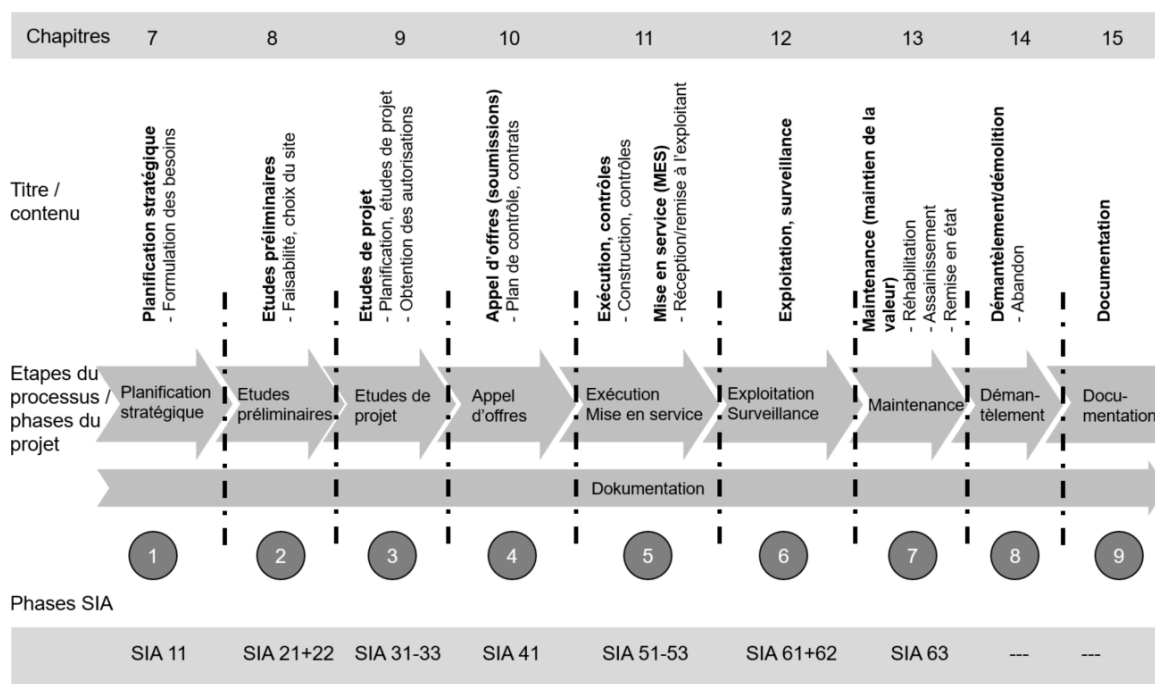


Figure 3 : Structure de la directive W6 sur les réservoirs selon les phases de projet et de la vie de l'ouvrage.

Les phases de projet suivantes ont fait leurs preuves pour la planification et de la construction d'ouvrages, tels que des réservoirs :

Phases du projet	Objectifs	Mesures / résultats	Chapitre
1. Planification stratégique <i>SIA 11</i> <i>Formulation des besoins</i>	<ul style="list-style-type: none"> Besoin/demande démontré (approvisionnement total et par zone de pression) L'existant/l'état est systématiquement évalué Objectifs pour la planification / l'étude de projet (cahier des charges du projet) définis 	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation des besoins en tenant compte : <ul style="list-style-type: none"> de l'évaluation de l'état actuel ; de la stratégie de stockage de l'eau potable ; du bilan hydrique et de stockage (eau potable et réserve incendie) ; du PDDE/PGA. Intégration des besoins aux échelles locale, régionale et suprarégionale. 	7

Phases du projet	Objectifs	Mesures / résultats	Chapitre
<p>2. Etudes préliminaires</p> <p><i>SIA 21</i> <i>Définition du projet, étude de faisabilité</i></p> <p><i>SIA 22</i> <i>Procédures de sélection des mandataires</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Volume du réservoir nécessaire déterminé • Facteurs de risque identifiés • Faisabilité technique et hydraulique vérifiée • Prise de décision quant à une remise en état, un agrandissement ou une reconstruction totale (voir chap. 13 pour la maintenance) • Définition de la meilleure variante et des possibilités d'emplacement • Clarification de l'aptitude à l'octroi d'une autorisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer les variantes, respectivement les sites possibles (situation géographique et topographique) - Étude géologique préalable - Clarifier les risques liés au site et la faisabilité (y compris l'évaluation du sol de fondation) - Intégrer les principes de durabilité (KBOB économie circulaire) - Vérifier les différentes possibilités de configuration de l'ouvrage et de types de construction - Évaluer les chances d'obtenir une autorisation - Déterminer la meilleure variante (analyse de la valeur d'usage) - Etablir le schéma hydraulique - Récolte des données sur la composition chimique de l'eau et détermination des matériaux en fonction des caractéristiques de l'eau - Détermination du risque d'exposition au radon 	8
<p>3. Etudes de projet/Planification</p> <p><i>SIA 31</i> <i>Avant-projet</i></p> <p><i>SIA 32</i> <i>Projet d'ouvrage</i></p> <p><i>SIA 33</i> <i>Autorisations</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Base de projet et convention d'utilisation établies conjointement avec l'ingénieur • Choix de la variante (type de réservoir, forme du réservoir, équipements hydromécaniques et autres installations) • Études géologique et géotechnique menées • Réalisation du projet du réservoir : <ul style="list-style-type: none"> - dimensionnement hydraulique réalisé; - disposition générale de l'hydromécanique déterminée ; - exigences fonctionnelles définies (accès à la chambre des vannes et à la cuve, possibilité d'inspection visuelle de la 	<ul style="list-style-type: none"> - Décider des études de planification nécessaires par le mandant, les spécialistes et le bureau d'assistance au maître d'ouvrage - Lancement du projet : lancer les études d'avant-projet et du projet de l'ouvrage - Etablir les bases pour les études d'exécution (calculs hydrauliques, disposition des installations et des équipements) - Choix des matériaux - Déclencher la procédure de demande d'autorisation de construire et, si nécessaire, de mise à l'enquête publique 	9

Phases du projet	Objectifs	Mesures / résultats	Chapitre
	<p>surface de l'eau, géométrie de la cuve)</p> <ul style="list-style-type: none"> - choix des matériaux compatibles avec l'eau potable - équipements techniques déterminés (y compris installations électrique et instruments de mesure) - Système porteur défini <ul style="list-style-type: none"> • Projet d'ouvrage, planning des travaux et devis détaillé établis et approuvés par le client • Délivrance des autorisations de construire 		
<p>4. Appel d'offres</p> <p><i>SIA 41</i> <i>Appel d'offres</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de tous les appels d'offres et demandes d'offres à réaliser (paquets de prestations) • Procédures d'appel d'offres définies par paquet de prestations (gré à gré, procédure sur invitation, appel d'offres public) • Identification des entreprises sujettes à pouvoir répondre aux appels d'offres ou demandes d'offres (bâtiment et génie civil, appareillage, tuyauterie, électricité, CVCS, MCR) • Définitions des exigences de qualité pour l'exécution (plan de contrôle et d'hygiène, contrôle de l'exécution, cahiers des charges) • Marchés adjugés et contrats d'entreprise conclus 	<ul style="list-style-type: none"> - Appels d'offres réalisés par des ingénieurs et planificateurs spécialisés (conditions générales et conditions particulières de l'appel d'offres, cahier des charges, soumission, critères de qualification, critères d'adjudication et leur pondération) - Comparaison des offres - Crédit d'ouvrage ou de construction demandé - Recommandation d'adjudication / proposition d'adjudication. 	10
<p>5. Projet d'exécution, exécution, tests et mise en service</p> <p><i>SIA 51</i> <i>Projet d'exécution</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réservoir construit selon le cahier des charges du projet • Test d'étanchéité effectué (cuves, conduites, 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboration du projet d'exécution du réservoir - Elaboration du projet d'exécution des conduites de raccordement - Coordination des entreprises - Suivi de chantier 	11

Phases du projet	Objectifs	Mesures / résultats	Chapitre
<p><i>SIA 52</i> <i>Exécution</i></p> <p><i>SIA 53</i> <i>Mise en service et</i> <i>achèvement</i></p>	<p>conduites de raccordement au réseau)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuve nettoyée, désinfectée et réceptionnée • Réservoir relié au réseau de distribution • Mise en service effectuée • Réservoir réceptionné par l'exploitant / le maître d'ouvrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Construction du réservoir, y compris tous les équipements / installations - Conduites de raccordement réalisées - Réception et remise de l'installation à l'exploitant et au maître d'ouvrage - Etablissement du décompte final du montant des travaux - Etablissement des garanties de l'ouvrage exécuté - Mise en service de système de gestion du réservoir et intégration dans le SCADA - Etablissement des plans conformes à l'exécution de l'ouvrage - Création d'une documentation / d'un dossier de l'ouvrage 	
<p>6. Exploitation, surveillance et entretien</p> <p><i>SIA 61</i> <i>Exploitation</i></p> <p><i>SIA 62</i> <i>Surveillance</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement sûr et économique, conforme aux normes de qualité • Mises en service et hors service des cuves selon les procédures et documentation • Maintien de l'aptitude au fonctionnement de l'installation 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de contrôles de qualité de l'eau - Données d'exploitation et résultats des analyses documentés - Etablissement des documents d'exploitation - Instruction du personnel - Réalisation de l'entretien opérationnel et documentation 	12
<p>7. Réhabilitation/remise en état (maintien de la valeur)</p> <p><i>SIA 63</i> <i>Maintenance</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse de l'état de l'ouvrage / diagnostics réalisés • Evaluation des défauts/non-conformités réalisée et définition des mesures à prendre pour y remédier • Définition des méthodes de réhabilitation/remise en état 	<ul style="list-style-type: none"> - La substance et la valeur de la construction pour la durée d'utilisation restante sont maintenues - Documentation et archivage continus de tous les travaux de remise en état et de maintenance 	13
<p>8. Mise hors service/démantèlement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'effets négatifs sur le réseau de distribution ou l'environnement • Désaffectation 	<ul style="list-style-type: none"> - Démolition de l'ouvrage conformément aux directives des autorités - Enlèvement et élimination des installations dans les règles de l'art (robinetterie, tuyauterie, câbles, etc.) 	14

Phases du projet	Objectifs	Mesures / résultats	Chapitre
9. Documentation	<ul style="list-style-type: none"> • Une documentation complète est disponible à chaque phase du projet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Etablissement d'une systématique de contrôle, de classement et de conservation des documents - Archivage des documents (volume et durée de d'archivage définis). 	15

Tableau 1 : Phases du projet avec objectifs et mesures/résultats.

6.2 Éléments de l'assurance qualité

Une attention particulière doit être accordée à l'assurance qualité à chaque phase du projet. Les éléments importants relatifs à la qualité à chaque phase sont énumérés ci-dessous.

1. Planification/étude de projet :

- Réalisation d'une évaluation approfondie du site en menant notamment des études géologique et hydrologique (chapitre 7.1) ;
- Définition d'objectifs et d'exigences clairs auxquels doit répondre le projet de réservoir (chapitre 7.2) ;
- Développement de plans détaillés de l'ouvrage et des spécifications en tenant compte des normes et des réglementations. (chapitre 9) ;
- Vérification et validation des documents de projet par des ingénieurs et des spécialistes qualifiés ;
- Si nécessaire, réalisation d'une expertise en rapport à la protection des sols ou d'autres aspects de la protection de l'environnement ;
- Etablissement d'un plan détaillé de contrôle et d'hygiène (selon chap. 10.2 et suivants) ;
- Preuves de conformité des matériaux utilisés.

2. Réalisation et mise en service :

- Choix portés sur des entreprises et des fournisseurs qualifiés qui ont de l'expérience et de l'expertise dans la construction de réservoirs (chapitre 10) ;
- Contrôles de qualité réguliers sur le chantier afin de s'assurer que le travail est réalisé conformément aux plans et aux exigences (chapitres 6.3 et 10.2) ;
- Contrôle du respect des règles de construction, des normes de sécurité et des obligations environnementales (chapitres 6.3 et 10.2) ;
- Réalisation d'inspections et d'essais ciblés sur des éléments de construction critiques (chapitre 11.4) ;
- Documentation de toutes les prestations réalisées, les essais menés et les travaux effectués (chapitre 15).

3. Exploitation :

- Inspections et travaux d'entretien courant réguliers conformément au plan d'entretien établi (chapitre 12) ;

- Surveillance des paramètres de fonctionnement tels que le niveau d'eau, la qualité de l'eau, la pression, le débit, etc. (chapitre 9.12) ;
- Documentation des données de l'exploitation et des événements pour pouvoir mener des analyses et établir une traçabilité ultérieurement ;
- Respect des normes et procédures de sécurité, y compris la formation régulière du personnel d'exploitation (chapitre 12.2.2).

4. Réhabilitation/assainissement :

- Réalisation d'inspections régulières pour surveiller l'état de l'ouvrage et détecter à temps les dommages ou les détériorations de l'état (chapitre 12.3) ;
- Planification et mise en œuvre de mesures d'assainissement afin de rétablir ou d'améliorer les performances et la sécurité de l'installation (chapitre 13.3) ;
- Respect des prescriptions et des normes en vigueur pour l'assainissement des réservoirs (chapitres 13.4.5 et 13.5) ;
- Documentation de toutes les mesures d'assainissement réalisées et de leurs effets (chapitre 15).

Les exigences en matière d'assurance qualité peuvent varier en fonction du type, de la taille et des exigences spécifiques du réservoir, ainsi que des réglementations cantonales. Il est important de faire appel à des professionnels qualifiés et expérimentés pour garantir un projet de qualité à chacune des étapes.

6.3 Exigences de qualification pour la conception et l'exécution

La conception et la construction de réservoirs doivent être réalisées par des bureaux et des entreprises ainsi que des spécialistes qualifiés. Au besoin, le maître d'ouvrage peut se faire représenter par un spécialiste ou assister par un bureau d'assistance au maître d'ouvrage (BAMO) spécialisé.

Une bonne gestion de la qualité repose sur le principe selon lequel tous les participants au projet sont responsables de la qualité de leur propre contribution. Il est donc de la responsabilité du maître d'ouvrage de sélectionner soigneusement les mandataires et entreprises.

Toute entreprise ou bureau d'études mandaté sur le projet devrait apporter la preuve qu'une organisation interne a été mise en place pour assurer la gestion de la qualité, par exemple, en présentant une certification officielle (selon ISO 9001, PQM ou autres). Il garantira au minimum les exigences suivantes sur le plan de l'organisation, des compétences et du personnel :

- la mise à disposition et le respect des prescriptions, normes et règles techniques en vigueur pour son domaine d'activité ;
- le respect des règles de sécurité, de santé et de protection de l'environnement sur le chantier ;
- la mise à disposition de moyens humains suffisants (personnels suffisamment formés et expérimentés) pour chaque projet ou chantier ;
- la mise en œuvre de mesures de formation continue pour son propre personnel spécialisé ;
- la vérification des qualifications des fournisseurs.

Il est recommandé de faire appel à des personnes différentes pour l'organisation du chantier/la direction des travaux et le suivi de l'assurance qualité.

6.4 Mandat d'ingénieurs (marché de prestations de services)

Dans la mesure où les études de conception et de planification nécessaires ne peuvent pas être réalisées en interne, le maître d'ouvrage doit prévoir de recourir à des mandataires externes. Dans ce cas, il est recommandé de procéder à un appel d'offres ou une demande d'offre pour des prestations d'ingénierie en respectant, le cas échéant, les lois cantonales sur les marchés publics.

L'offre la plus avantageuse est déterminée sur la base de critères d'adjudication. Le choix des critères d'adjudication et leur pondération est décisif pour la réussite du projet. Ainsi, en plus du prix, le système de management de la qualité du soumissionnaire, le planning et l'organisation du projet, la disponibilité et la qualification des personnes-clés, le mémoire technique et les références doivent notamment être pris en compte dans l'évaluation des offres. Il convient de définir clairement les critères d'évaluation avec un barème de notation et une pondération.

Un exemple de critères d'adjudication avec pondération se trouve au chapitre 10.1.2.

D'autres indications se trouvent notamment dans le contrat de prestations de mandataires KBOB, les normes SIA ainsi que le guide correspondant publié sur www.kbob.admin.ch.

6.5 Construction numérique (BIM)

Un pilier essentiel de la numérisation dans le secteur du bâtiment et des infrastructures est la méthodologie « Building Information Modelling » (BIM), qui est continuellement développée à travers de nouvelles méthodes de gestion, comme la Virtual Design and Construction (VDC).

Les méthodes de construction numérique, comme le BIM, nécessitent un mode de travail coopératif où toutes les informations pertinentes sont stockées de manière numérique, gérées ultérieurement avec de nouvelles données, échangées entre les parties prenantes au projet ou mises à disposition ultérieurement pour analyse.

Une maquette numérique de l'ouvrage « modèle (de données) BIM » se compose généralement de plusieurs maquettes spécifiques qui sont ensuite regroupés en une seule maquette générale. En plus de la représentation visuelle, le modèle (de données) BIM sert de base de données centralisée de l'ouvrage et constitue, dans le cas idéal, la source d'informations unique et toujours actuelle. Le modèle est à la disposition des parties prenantes au projet tout au long du cycle de vie. Des erreurs de conception peuvent ainsi être détectées à temps grâce à des « contrôles de clash » et peuvent être corrigées. À la fin de la construction, les données peuvent être collectées et utilisées pour la maintenance ou l'exploitation de l'ouvrage.

Dans le cas des installations de distribution de l'eau, il est important de pouvoir importer des données pour l'exploitation dans le système de base de données du distributeur d'eau (SCADA, GMAO, etc.). Afin de pouvoir tirer un maximum de profit du modèle BIM, ce dernier doit pouvoir communiquer avec les autres bases de données du distributeur d'eau, notamment avec la GMAO et le système de surveillance (SCADA).

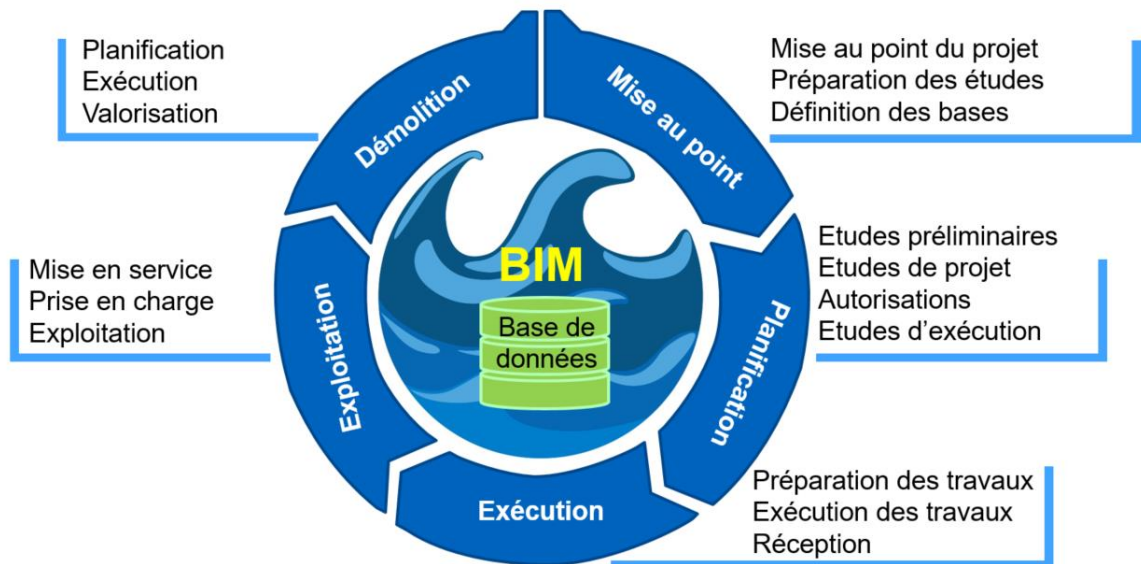


Figure 4 : Le BIM comme source d'information sur l'ensemble du cycle de vie (source : BIM Institut)

L'application de la méthodologie BIM dans le projet ne modifie pas de manière fondamentale les processus d'adjudication utilisés dans la méthode de travail traditionnelle. De même, les processus d'attribution de marchés de prestations pour la modélisation BIM peuvent être traités comme des procédures d'appel d'offres ordinaires. Toutefois, il faut veiller à mentionner en détails dans l'appel d'offres que les prestations de planification et construction doivent être réalisées en suivant la méthodologie BIM.

7 Planification stratégique

7.1 Evaluation de l'état

Une évaluation de l'état (diagnostic) de l'ouvrage est souvent déclenchée par la détection, lors des visites régulières de contrôle, d'anomalies au niveau de la structure de l'ouvrage ou des équipements. Afin d'avoir un aperçu complet et exhaustif de l'état de l'ouvrage, il est recommandé de passer au travers des thématiques suivantes :

- Evaluation de la stratégie d'approvisionnement (redondance, probabilités de coupures, impact d'une panne de courant, optimisation avec le réseau de distribution voisin, examen des limites de zones)
 - Ce réservoir est-il nécessaire ?
- Evaluation de l'emplacement du réservoir (conditions de pression à l'intérieur de la zone de distribution, accessibilité/accès, sécurisation du site)
 - Le réservoir est-il situé au bon endroit ?
- Évaluation du réservoir (voir annexe 6)
 - Deux cuves indépendantes ?
 - Le volume du réservoir correspond-il aux besoins (réserve d'alimentation, réserve de secours, réserve incendie) ?
 - Les exigences en matière d'hygiène sont-elles satisfaites (étanchéité, revêtement, brassage des eaux, temps de séjour, position dans le réseau de distribution, drainage, ventilation, trop-plein, etc.) ?
 - Évaluation de la sécurité au travail, facilité d'utilisation (évacuation, protection contre les chutes, accessibilité pour les personnes et les marchandises, accès, etc.).
- Évaluation de la structure (voir annexe 6)
 - Évaluation de la structure de l'ouvrage (désordres, défauts, sécurité structurale, sécurité sismique)
 - Évaluation des installations/équipements (contrôle d'accès, MCR, coût de la maintenance, sécurité sismique)
- Évaluation des surfaces en contact avec l'eau potable
 - Dépôts microbiologiques, biofilms, formation de taches, altération de la qualité de l'eau potable

7.2 Définition de l'état projeté, cahier des charges

Les besoins auxquels doivent répondre l'ouvrage et sa situation sont définis dans le cadre de la stratégie du distributeur d'eau et sur la base de la présente directive. L'état projeté doit répondre à une évolution sur le long terme de la population et aux besoins en eau potable de la zone d'approvisionnement concernée. Le volume utile est déterminé en fonction de la stratégie générale du distributeur d'eau et du bilan de stockage (voir chapitre 7.3). Les points ci-après sont à définir :

- Volume utile nécessaire (selon l'horizon temporel considéré), construction appropriée pour le stockage de l'eau ;
- Besoin maximal pour la protection incendie (pompiers et sprinklers) dans la zone de distribution (volume de la réserve incendie, durée d'extinction) ;
- Exigences en matière de sécurité d'approvisionnement/redondance.

7.3 Calcul du volume

Dans le cadre de la planification stratégique, il est nécessaire de vérifier le besoin de stockage et, le cas échéant, de procéder à une extension par étapes du réservoir. Si les données sont disponibles, le volume de la réserve d'alimentation est déterminé en additionnant les volumes horaires des apports gravitaires et par pompage et des soutirages pendant la période de compensation considérée. La durée de la période de compensation dépend de la gestion des réservoirs et peut aller d'une journée et des périodes plus longues. On entend par période de compensation le laps de temps nécessaire pour que le niveau d'eau initial soit à nouveau atteint.

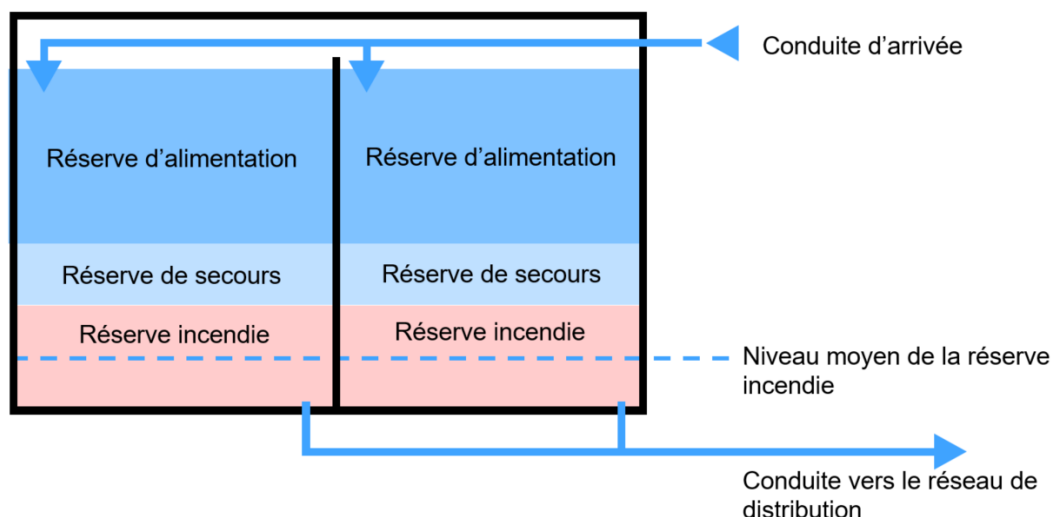


Figure 5 : Répartition du volume utile du réservoir en réserve d'alimentation, réserve de secours et réserve incendie.

L'expérience a montré que le volume d'un réservoir, dans une zone de distribution donnée, est généralement dimensionné de manière économique lorsqu'il remplit les critères suivants :

- Réserve de consommation : 0.5 fois la consommation moyenne journalière ;
- Réserve de secours :
 - Petits réseaux de distribution (besoin journalier max. $< 4'000 \text{ m}^3$) :
Maximum 0.5 fois la consommation moyenne journalière,
 - Grands réseaux de distribution (besoin journalier max. $\geq 4'000 \text{ m}^3$) :
2.0 fois la consommation horaire maximale.
- Réserve incendie : selon la directive W5 de la SVGW respectivement les règles de la FSSP ;
- Capacité totale : 1.0 fois la consommation journalière moyenne.

Il en résulte un volume spécifique de stockage d'environ 0.4 à 0.5 m^3 par habitant. En cas de circonstances particulières (par ex. fortes variations de la consommation, gros consommateurs industriels, interconnexion de l'eau potable avec des distributeurs voisins, etc.), le volume spécifique de stockage peut être réduit ou augmenté. Dans ce cas, il est nécessaire de déterminer le volume de stockage par un calcul détaillé du réseau et une simulation des besoins.

Une extension du réservoir est indiquée lorsque, au plus tard, le volume spécifique de stockage a atteint la moitié de la valeur optimale.

7.3.1 Réserve de secours (réserve d'exploitation ou d'urgence)

La réserve de secours dépend de la taille du réseau de distribution. Pour les petits réseaux de distribution (consommation journalière maximale $< 4'000 \text{ m}^3$), elle peut atteindre 0.5 fois la consommation journalière moyenne. Pour les grands réseaux de distribution, une réserve correspondant à deux heures de consommation horaire maximale devrait suffire. Dans le cas d'éléments vulnérables et sensibles particuliers présents sur le réseau de distribution, la réserve de secours doit être augmentée en conséquence.

7.3.2 Réserve incendie

Le volume de la réserve incendie nécessaire doit être fixée d'entente avec les autorités cantonale de protection incendie. Il est possible de renoncer à une délimitation physique de la réserve incendie (sous réserve de prescriptions spécifiques cantonales contraires) :

- lorsque la réserve incendie nécessaire représente moins de 50% de la réserve de secours, la réserve de secours dépendant de la taille du réseau de distribution ;
- pour les grands réseaux de distribution avec plusieurs sources indépendantes d'alimentation et un besoin journalier moyen de plus de $4'000 \text{ m}^3$.

Dans les réseaux de distribution composés de plusieurs zones de pression, il suffit généralement de disposer d'une réserve incendie suffisante dans le réservoir le plus élevé. Les diamètres des conduites de transport entre les réservoirs doivent pouvoir garantir un débit suffisant. En règle générale, une réserve incendie ne doit pas alimenter plus de trois zones de pression.

Les volumes indicatifs suivants sont recommandés pour les réserves incendie :

- Objets individuels : 30 à 100 m^3
- Zones villageoises et résidentielles : 100 à 200 m^3
- Zones urbaines, zones commerciales et industrielles : 200 à 400 m^3

Dans le cas de très petits réseaux de distribution, il n'est pas toujours possible, pour des raisons d'hygiène ou techniques, de couvrir les besoins en eau d'extinction par le réservoir. Dans ce cas, l'approvisionnement en eau d'extinction doit être assuré par un système alternatif, comme le puisement dans des cours d'eau, des plans d'eau, des puits et des réservoirs d'eau d'extinction.

La mise à disposition de la réserve incendie doit se faire par l'intermédiaire d'un dispositif spécialement identifié et les responsabilités doivent être clairement définies.

7.3.3 Évolution des besoins

La réserve d'alimentation des cuves est déterminée sur la base d'une estimation réaliste de l'évolution future des besoins. La configuration du réseau de distribution et les performances des installations d'approvisionnement en eau doivent être pris en considération.

Un volume de stockage correspondant approximativement à la consommation journalière moyenne de la zone de distribution est considéré comme adéquat. Cela correspond à une capacité de stockage spécifique de 0.40 à 0.50 m^3 par habitant (consommation totale moyenne incluant l'industrie, l'artisanat, etc. d'une zone de distribution divisée par le nombre d'habitants desservis).

Dans les cas suivants, le volume de stockage spécifique peut être réduit :

- grandes zones de distribution en zone urbaine avec des réserves suffisantes et accessibles ;

- Réseau de distribution avec de multiples sources indépendantes d'alimentation.

Dans les cas suivants, le volume de stockage spécifique doit être augmenté :

- petites zones de distribution avec des pics de consommation prononcés ;
- Réseau de distribution avec une unique source d'alimentation.

7.3.4 Gestion du volume d'eau (période de compensation)

En règle générale, la durée de la période de compensation est journalière. Une durée de compensation plus longue peut être avantageuse, par exemple lorsque, pour des raisons d'exploitation, les installations de production et de traitement de l'eau potable doivent être exploitées de manière régulière et continue. Dans ce cas, la fonction régulatrice du réservoir évite de dimensionner l'installation de production pour faire face aux pics de consommation ou permet d'en différer l'agrandissement, d'où une économie de coût.

Les temps de séjour dans le réservoir doivent être choisis de manière à ce que la qualité de l'eau ne soit pas détériorée.

La gestion est traitée en détails au chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

8 Etudes préliminaires

8.1 Etablissement de variantes

L'éventail de variantes doit proposer des solutions permettant d'atteindre l'objectif fixé (état cible). Les variantes peuvent se différencier au niveau de la structure, de la complexité de la conception et/ou de la construction et des coûts de réalisation, de l'exploitation et de l'entretien.

Il est recommandé d'inclure dans l'éventail des variantes non seulement les variantes évidentes, mais aussi les variantes extravagantes, pour autant qu'elles soient techniquement réalisables. Cela permet de documenter de manière compréhensible et exhaustive le choix de la variante. En cas de litige ultérieur dans le cadre du permis de construire, ce point est souvent décisif.

Les variantes suivantes sont généralement étudiées :

- Suppression du réservoir grâce à un bouclage, une adaptation du réseau ou des zones de pression ;
- Réhabilitation du réservoir avec extension ou réduction du volume de stockage ;
- Remplacement du réservoir par une installation de régulation de pression à partir d'un réservoir inférieur muni d'une station de pompage ;
- Nouvelle construction sur un site existant ;
- Nouvelle construction sur un nouveau site ;
- Si plusieurs réservoirs sont présents sur une même zone de pression : suppression d'un réservoir avec extension du volume de stockage des réservoirs maintenus. Les éventuelles extensions nécessaires du réseau de conduites doivent être prises en compte.

8.2 Définition du mode de réalisation

Dans la mesure où cela est nécessaire pour l'estimation sommaire des coûts, les différents modes de réalisation doivent être examinés et définis pour chacune des variantes de l'étude. Les aspects suivants doivent être considérés :

- Type de réservoir (réservoir gravitaire, réservoir avec station de pompage, château d'eau) ;
- Type de construction (béton coulé en place, réservoir préfabriqué) ;
- Mode de construction (enterré, partiellement enterré, hors-sol) ;
- Matériaux en contact avec l'eau potable (béton, acier, plastique, etc.).

Le mode de réalisation est déterminé selon la situation du réservoir (propriétaires de la parcelle, zone à bâtir, zones et patrimoine protégés, eaux souterraines, dangers naturels, pollution du sol), des sols de fondation et le raccordement possible à la zone de distribution.

8.3 Évaluation de la chimie de l'eau et de l'exposition au radon

Avant d'entreprendre la construction ou la remise en état d'un réservoir, une analyse chimique de l'eau doit être menée. Cette analyse dicte quels matériaux compatibles avec l'eau potable peuvent être employés (agressivité du béton, interaction de l'eau avec le matériau, etc.).

En ce qui concerne les risques liés à l'exposition au radon, il convient de respecter la fiche W10029 de la SVGW. Les mesures et dispositions indiquées dans la fiche doivent être prévues lors de la conception, ou le cas échéant lors de l'exécution des travaux (p. ex. en cas d'extension) et de la première mise en service.

8.4 Évaluation des variantes

L'évaluation des variantes peut par exemple être réalisée à l'aide d'une comparaison qualitative, d'une comparaison des coûts ou d'une analyse coût-bénéfice. Le tableau 2 présente un exemple d'objectifs, de critères et de pondération pour une analyse coût-bénéfice.

L'analyse coût-bénéfice se base sur les estimations des coûts d'investissement, d'énergie, d'exploitation, de remise en état, d'arrêt et de démantèlement réalisées pour chacune des variantes. Il est important que chacune des variantes soit jugée par rapport aux autres variantes, on lui attribue donc une note relative plutôt qu'une note absolue. Une estimation des coûts sur la base de prix de référence ayant une précision de +/- 30% est suffisante pour l'évaluation des variantes.

Habituellement, l'évaluation des variantes comprend les éléments suivants :

- Détermination des coûts annuels du cycle de vie (Life Cycle Costs) ;
- Analyse coût-bénéfice ;
- Comparaison des variantes sur la base des objectifs du projet ;
- Analyse de sensibilité avec modification de la pondération des objectifs.

Un exemple d'évaluation de variantes figure à l'Annexe 1.

Objectifs	Pondération	Critères	Pondération
Faibles coûts	25%	Faibles coûts du cycle de vie (Life Cycle Costs LCC, SVGW W618) incluant les coûts d'énergie, d'exploitation, de remise en état, d'arrêt et de démantèlement	25%
Eau potable de bonne qualité	20%	Faibles longueurs de conduites de raccordement du réservoir	10%
		Situation centrale du réservoir dans la zone de distribution	5%
		Faible volume de stockage (temps de séjour)	5%
Faible impact sur l'environnement	18%	La situation du réservoir est conforme à la zone d'affectation	5%
		Patrimoine à protéger pas/peu touché	3%
		Faible surface de défrichement pour la construction	2%
		Sol de fondation adapté	3%
		Faible impact sur le paysage	5%
	27%	Bonne accessibilité	3%
		Faible sensibilité aux défaillances, alarmes	3%

Fonctionnement du réservoir efficient et sécurité assurée		Grande sécurité du dispositif en cas de défaillance d'un équipement (robinetterie, tuyauterie, pollution, fausse manipulation)	8%
		Distribution d'eau potable assurée en cas de panne de courant	5%
		Concordance des cotes d'altitude avec un deuxième réservoir dans la même zone de pression	5%
		Exploitation manuelle en cas d'urgence possible	3%
Réalisation sans obstacles	10%	Grande acceptation de la population	4%
		Distance aux riverains et impact visuel	4%
		Le propriétaire foncier actuel soutient le projet	2%

Tableau 2 : Base d'évaluation pour la comparaison des variantes.

8.5 Décision pour la meilleure variante, décision d'investissement

Le choix de la meilleure variante est réalisé sur la base d'une analyse coût-bénéfice. Cette méthode, reconnue sur les plans technique, juridique et économique, sert notamment de justification juridique pour l'implantation de l'ouvrage hors zone à bâtir.

La décision d'investissement du distributeur d'eau marque le début des études de projet.

9 Études de projet

9.1 Configuration d'un réservoir

Les réservoirs d'eau potable se composent de cuves, d'une chambre des vannes et d'éventuelles installations/locaux annexes.

9.1.1 Cuves

Les réservoirs d'eau potable comportent généralement au moins deux cuves indépendantes. Une seule cuve peut être suffisante s'il existe un autre réservoir qui desserre la même zone de distribution. Une seule cuve peut également être suffisante si, pendant la période où le réservoir doit être mis hors service pour des travaux de nettoyage et d'entretien, l'approvisionnement en eau peut être garanti par d'autres mesures d'exploitation (comme le pompage et/ou l'approvisionnement à travers une autre zone d'approvisionnement).

Les cuves indépendantes doivent être entièrement séparées l'une de l'autre, c'est-à-dire qu'aucune circulation d'eau ni d'air ne peut se produire de l'une à l'autre. De plus, chacune des cuves doit avoir son propre accès.

9.1.2 Chambre des vannes

La chambre des vannes est conçue de manière à pouvoir accueillir tous les équipements d'exploitation nécessaires, tels que les organes de contrôle et de vidange, la robinetterie de sécurité, les instruments de mesure, les prises d'échantillons, les dispositifs de surveillance, l'installation électrique, etc. Elle peut également comporter, si nécessaire, une ventilation forcée, un système de désinfection, des pompes de surpression et des équipements pour le personnel exploitant.

L'utilisation par des tiers ou un autre service public d'une partie du réservoir doit se limiter uniquement aux installations/locaux annexes.

9.2 Accessibilité pour les personnes et les marchandises

9.2.1 Accès à la chambre des vannes

La porte extérieure doit être solide, étanche et résistante aux intempéries et à la condensation. En outre, elle doit être résistante aux effractions et être raccordée à un système de surveillance. En règle générale, une porte d'accès avec une classe de résistance (par ex. RC4) est recommandée. Ses dimensions doivent être déterminées en fonction des plus gros équipements à faire rentrer et, selon la situation, un accès séparé pour le personnel peut être prévu. Pour les chambres des vannes de grands réservoirs, il est possible de prévoir dans la dalle de couverture une ouverture de montage avec plaques étanches qui donne accès à la chambre des vannes.

Un accès de plain-pied est préférable à un accès via escaliers ou via un puits d'accès. Les activités régulières telles que le contrôle, le nettoyage, le prélèvement d'échantillons ainsi que la possibilité d'introduction de matériel dans le cadre de travaux de remise en état doivent être prises en compte lors de la conception d'un nouveau réservoir.

9.2.2 Accès aux cuves

L'accès aux cuves doit se faire exclusivement via des portes étanches, appelées également portes étanches, situées sous le niveau de l'eau. Les portes étanches doivent s'ouvrir

contre la pression de l'eau. Elles seront construites en acier inoxydable. Une rigole d'écoulement doit être prévue dans le seuil de la porte pour recueillir et évacuer l'eau de condensation et d'infiltration. Les dimensions de la porte pression doivent permettre de faire rentrer le matériel de nettoyage et de réparation (par ex. échafaudages) ainsi que les équipements (par ex. conduites). Les portes étanches avec fermeture centrale, hublot, éclairage et de dimensions d'au moins 0.8 x 1.8 m ont fait leurs preuves.

Les éventuelles ouvertures au-dessus du niveau de l'eau doivent être fermées et être étanches à l'air.

9.3 Intégration dans l'environnement et extérieurs

9.3.1 Parcelle

La parcelle et le terrain, y compris la surface pour de possibles extensions futures, doivent être fixés dans le cadre du projet. Les besoins en desserte et en équipements doivent être clarifiés (accès, canalisations, évacuation des eaux de trop-plein et de vidange, électricité, communication, eau de chantier).

La forme et la structure du réservoir sont dictées par la forme du terrain, la géométrie de la parcelle, le sol de fondation et le niveau de la nappe phréatique.

9.3.2 Aménagements extérieurs

Les réservoirs devraient s'intégrer dans le paysage s'ils sont visibles de loin ou qu'il existe des relations visuelles particulières avec l'environnement. En cas de doute, une étude d'intégration paysagère peut s'avérer utile. Par ailleurs, les conditions imposées par la législation sur la protection de la nature peuvent être déterminantes.

Les réservoirs sont souvent des constructions situées en dehors des zones à bâtir, pour lesquelles des rondes de contrôle et des travaux d'entretien sont néanmoins effectués périodiquement.

L'intégration du réservoir dans son environnement revêt une importance particulière : l'aménagement extérieur, la disposition et le remodelage du terrain doivent faire l'objet d'une conception soignée. Si nécessaire, une étude d'intégration paysagère doit être réalisée. Une pente de talus de 1:3 ou moins s'intègre généralement bien dans le paysage ; de plus, l'entretien mécanique des espaces verts y est possible.

Dans certaines circonstances, la dalle de couverture du réservoir peut être aménagée de manière à pouvoir être utilisée à différentes fins, par exemple comme installation publique ou, dans le cas de réservoirs entièrement enterrés, pour une utilisation agricole limitée. Il faut toutefois veiller à ce que la qualité de l'eau n'en soit pas détériorée.

Selon l'emplacement du réservoir, il convient également de vérifier si une clôture est nécessaire pour des questions de sécurité. En général, si les portes sont équipées d'un contrôle d'accès et que les grilles au droit des ventilations sont correctement réalisées, une clôture ne devrait pas être nécessaire. La zone d'accès au réservoir ne doit pas être accessible pour des animaux de pâturage.

9.3.3 Architecture

Les réservoirs ou châteaux d'eau, situés dans un environnement urbain notamment, peuvent devoir répondre à certaines exigences architecturales. Dans certaines zones sensibles d'un point de vue architectural, un ouvrage avec une architecture soignée en plus d'une conception fonctionnelle a plus de chance d'être accepté.

L'ouvrage doit être sobre et être conçu pour durer ; il faut éviter les équipements luxueux et inadaptés.

Généralement, seule une petite partie des murs de la chambre des vannes est visible, tandis que tous les autres murs sont enterrés. Pour la façade, il est possible d'opter pour du béton apparent, du crépi ou un revêtement en plaques minces.

Le choix des matériaux de façade doit tenir compte des intempéries et de l'entretien.

Les réservoirs doivent être conçus de manière à respecter le paysage ou à s'adapter au paysage urbain. Ceci passe par le choix approprié de la forme de l'ouvrage, des proportions, des matériaux, des façades et des aménagements extérieurs.

9.3.4 Couverture de terre

Un réservoir peut être enterré ou hors-sol. Les réservoirs semi-enterrés ou hors-sol sont choisis lorsqu'une couverture de terre n'est pas judicieuse pour des raisons économiques ou techniques, comme par exemple dans les cas suivants :

- terrain rocheux ;
- une altitude de terrain insuffisante ;
- un niveau trop élevé de la nappe phréatique (poussée d'Archimède).

L'épaisseur totale de la couverture (gravier filtrant, remblai de terre et humus) est normalement de 1 mètre. Des hauteurs inférieures ne sont pas souhaitables pour des raisons de sécurité et rendent difficile une plantation appropriée. La plantation doit être effectuée avec le plus grand soin, afin d'éviter les dommages causés par les racines.

9.4 Spécifications générales de l'ouvrage

9.4.1 Volume de stockage et hauteur d'eau

La hauteur d'eau d'un réservoir et ainsi le niveau d'eau maximum d'exploitation sont déterminés en considérant les facteurs suivants :

- le volume de stockage ;
- les variations de pression autorisées ;
- la forme de l'ouvrage ;
- la nature du sol de fondation ;
- la topographie ;
- l'intégration dans le paysage ;
- les coûts de construction.

Les hauteurs d'eau en fonction du volume de stockage peuvent être données à titre indicatif :

Volume de stockage	Hauteur d'eau
Jusqu'à 500 m ³	de 2.5 à 3.5 m
plus de 500 à 2'000 m ³	de 3.0 à 5.0 m
plus de 2'000 à 5'000 m ³	de 4.5 à 6.0 m
plus de 5'000 m ³	de 6.0 à 8.0 m

Tableau 3 : Valeurs indicatives de la hauteur d'eau dans les réservoirs

Pour les réservoirs en bas de réseau avec station de pompage, la hauteur maximale d'eau est déterminée par des critères de construction.

9.4.2 Forme de l'ouvrage

Les réservoirs sont généralement de forme rectangulaire ou polygonale (en cas d'adaptation aux limites de la parcelle ou de la forme du terrain). Ces formes permettent d'avoir une structure statique claire et adaptable en cas de besoin, l'exécution est simple et robuste et des extensions ultérieures sont possibles sans grandes difficultés.

Les réservoirs ronds de plus grande taille peuvent être réalisés en béton précontraint. Cependant, ils ne présentent généralement pas d'avantages clés par rapport aux réservoirs rectangulaires. La bonne stabilité des talus d'excavation et le faible risque de fissures constituent des avantages à cette forme de réservoir. Ce type d'exécution n'est toutefois pas adapté aux terrains en pente qui présentent un risque de charge asymétrique sur l'ouvrage.

9.4.3 Types de construction

Pour les grands réservoirs, la construction en béton armé coulé en place est aujourd'hui la règle. Elle présente en effet les avantages suivants : ouvrage monolithique résistant à la flexion, stabilité en cas de sol de fondation difficile, peu de problèmes d'étanchéité à l'eau car il n'y a que peu ou pas de joints, insensibilité aux surcharges locales.

Le béton précontraint permet de réaliser des constructions pratiquement exemptes de fissuration, mais exige que les éléments de construction soient minces et donc de dimensions précises, afin que les forces de précontrainte ne soient pas trop importantes. Ce type de construction est exigeant du point de vue des études et de l'exécution des travaux et nécessite une bonne connaissance des conditions de bord. Les adaptations ultérieures (par ex. l'installation de portes sous pression ou de nouvelles conduites) sont également plus difficiles.

Pour les petits réservoirs, une exécution en métal ou en plastique est également possible. Les conditions de corrosion et la durabilité doivent toutefois être étudiées.

9.4.4 Physique du bâtiment

Toutes les parties d'ouvrage doivent être conçues de manière à ce qu'il n'y ait pas de formation indésirable de condensation en été sur les surfaces intérieures de l'ouvrage ou sur les équipements et qu'il n'y ait pas de dommages en période de gel.

Il n'est pas possible de lutter contre la formation de condensation à l'intérieur des cuves d'eau potable. En règle générale, celle-ci n'a pas d'effet négatif sur la qualité de l'eau. Il est toutefois important que l'eau de condensation s'égoutte ou s'évacue suffisamment rapidement du plafond de la cuve afin d'éviter une attaque du béton (dissolution de calcite dans l'eau de condensation).

Il est possible de réduire la formation de condensation sur les plafonds des cuves ou d'accélérer l'égouttement de l'eau de condensation par les mesures suivantes :

- Refroidissement de l'aération ;
- Isolation thermique adaptée aux conditions climatiques locales et aux exigences de fonctionnement ;
- Surface du plafond rugueuse « effet grotte » ;
- Plafond en pente.

9.4.5 Choix des matériaux (éléments en contact avec l'eau)

Les matériaux utilisés pour la construction des cuves d'eau potable et éléments en contact avec l'eau doivent être stables dans le temps, notamment vis-à-vis de l'eau, de ses conditions physico-chimiques et des éventuels produits de nettoyage et de désinfection utilisés. Les matériaux doivent également être adaptés à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage et doivent pouvoir être facilement réparés si nécessaire. Les matériaux de construction des réservoirs d'eau potable doivent avoir une durée de vie d'au moins 50 ans (selon SN EN 805, SIA 385.011).

Selon la loi fédérale sur les denrées alimentaires, les matériaux en contact avec l'eau potable sont considérés comme des objets usuels et doivent répondre aux exigences qui leur sont imposées. Les exigences sont énumérées dans les règlements SVGW ZW102 « Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung » ainsi que les méthodes d'essai et l'évaluation des résultats des essais.

Pour tous les matériaux qui entrent en contact direct ou indirect avec l'eau potable – matériaux à base de ciment, matériaux organiques (par ex. matières plastiques, matériaux de jointoyage, peintures, revêtements), matériaux métalliques ainsi que matériaux auxiliaires de construction (nappe de coffrage, etc.) – l'entreprise de construction et le fournisseur doivent garantir que le matériau satisfasse aux exigences hygiéniques.

Tous les matériaux utilisés pour la construction des réservoirs ne doivent avoir aucune influence négative sur l'eau stockée, doivent être biologiquement inertes et doivent garantir l'étanchéité des cuves de manière durable. Un matériau est biologiquement inerte lorsqu'il ne développe, ni ne favorise la vie. Il ne doit donc pas contenir de substances toxiques ni de substances qui peuvent nourrir les micro-organismes et favoriser leur croissance.

Les incorporés métalliques doivent être protégés contre la corrosion.

Pour plus de détails, se référer aux Compléments 1 et 2.

9.5 Sécurité au travail et protection incendie

Lors de la planification, les mesures de sécurité au travail et de prévention contre les incendies doivent être définies suffisamment en amont pour la délivrance du permis de construction et pour l'autorisation d'exploiter l'ouvrage. Le concept de sécurité comprend habituellement les mesures de protection incendie et les voies d'évacuation ainsi que de la protection et de la sécurité au travail avec des prescriptions concernant la réalisation des sols, la construction métallique, la ventilation, les mesures de premier secours et la manipulation de substances dangereuses.

9.5.1 Protection incendie

Résistance au feu

Pour les étages enterrés, une résistance au feu de 60 minutes est requise pour les éléments de construction porteurs (selon la directive de protection incendie de l'AEAI). Cette résistance au feu est considérée comme remplie pour les murs en béton armé à partir d'une épaisseur de 140 mm et pour les dalles à partir d'une épaisseur de 200 mm (selon la publication de l'AEAI « Produits de construction bénéficiant d'une reconnaissance générale »).

En temps normal, les réservoirs répondent à ces exigences.

Aucune exigence n'est requise pour la dalle de couverture (dernier étage).

Dispositifs techniques de protection incendie

En temps normal, aucun dispositif technique de protection incendie n'est nécessaire dans les réservoirs :

- Un système d'extinction automatique n'est pas nécessaire ;
- Un système d'alarme incendie automatique n'est pas nécessaire ;
- Les dispositifs d'extraction des fumées et de la chaleur ne sont pas nécessaires.

Pour l'éclairage de sécurité ou l'installation de signaux de secours éclairés, il convient de respecter les directives cantonales. Pour quitter le bâtiment en toute sécurité, même en cas de panne de courant, il est toutefois recommandé d'équiper la zone de l'escalier interne d'un éclairage de sécurité d'une intensité lumineuse de 1 lux. Il est également possible de placer une lampe de sécurité portable.

Installations techniques du bâtiment

Dans les réservoirs, les installations de ventilation et de déshumidification desservent normalement qu'une seule pièce / un seul compartiment coupe-feu. Pour les composants de l'installation de ventilation, y compris les conduites de ventilation, les matériaux de la catégorie de réaction au feu RF3 (matières plastiques) sont autorisés.

Mesures de défense et d'organisation contre l'incendie

Il est recommandé de placer un extincteur CO₂ à proximité de l'armoire électrique.

Lors de travaux présentant un risque d'incendie, il convient en outre de garder un autre extincteur portable à portée de main (recommandation : extincteur à mousse ou à eau).

9.5.2 Voies d'évacuation

La longueur maximale autorisée pour les voies d'évacuation (longueur totale) est de 35 m (sans inclure la cuve). Celle-ci doit être garantie pour la chambre des vannes ou les locaux d'exploitation.

La chambre des vannes avec accès depuis l'extérieur est généralement considérée comme un local avec galerie, mais pas comme une voie d'évacuation verticale. L'installation d'appareils MCR et d'autres appareils de commande et de régulation ainsi que l'utilisation éventuellement de matériaux inflammables sont donc autorisées.

En ce qui concerne les voies d'évacuation, les exigences suivantes doivent être respectées :

- La largeur des escaliers est de 1.20 m au minimum.
- La largeur de passage de la porte de sortie est de 90 cm au minimum.

9.5.3 Protection et sécurité au travail

Sols

Les sols doivent avoir des propriétés antidérapantes suffisantes.

La classification pour les locaux d'exploitation et la chambre des vannes est analogue aux recommandations pour les caves de fermentation/stockage (selon l'article 14 du commentaire des ordonnances 3 et 4 relatives à la loi sur le travail). Les revêtements de sol doivent donc correspondre à la classe R10 selon la norme DIN 51130 ou au groupe GS 1 selon le bpa / EMPA.

Les deux cuves sont considérées comme des pièces humides, ce qui correspond une classe R11 et un groupe GS 2.

Construction métallique (escaliers, accès)

Les exigences suivantes s'appliquent à la construction métallique :

- Garde-corps nécessaire si la distance au mur est supérieure à 180 mm ;
- Barrières de sécurité/garde-corps stables d'une hauteur minimale de 110 cm et au moins 1 barre d'appui pour les genoux ;
- Main courante des 2 côtés à une distance minimale de 75 mm du mur ;
- Plinthe nécessaire si la distance au mur est supérieure à 20 mm ;
- Plinthes d'une hauteur minimale de 100 mm. Distance au plan de circulation max. 12 mm ;
- Caillebotis avec mailles de 20 mm x 20-100 mm maximum. Résistance minimale : 500 kg/m².

Ventilation

Pour éviter l'accumulation de substances nocives dans l'air, il est recommandé de ventiler la chambre des vannes par intermittence. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'attendre pour entrer dans le bâtiment. Le flux d'air doit être surveillé à l'aide d'un contrôleur de flux et une alarme doit être déclenchée si le flux d'air est insuffisant.

Premiers secours, personnes travaillant seules

Les réservoirs ne sont pas conçus pour accueillir des postes de travail permanents et l'exploitant n'y est présent que sporadiquement. Il est donc possible de renoncer à l'installation de dispositifs de premiers secours.

Des mesures de précaution particulières sont nécessaires pour protéger les personnes qui travaillent seules. Celles-ci peuvent être déterminées à l'aide de la liste de contrôle 67023 de la SUVA.

Communication

Il est recommandé d'installer une communication informatique compatible avec Internet dans la chambre des vannes.

9.6 Bases statiques et construction

9.6.1 Limitation des fissures et imperméabilité à l'eau

Les réservoirs doivent être conçus de manière à satisfaire à l'épreuve d'étanchéité. Pour assurer l'étanchéité et la durabilité de tous les éléments de construction, il convient de lutter contre la formation de fissures par la mise en place de mesures appropriées.

Les exigences principales qui permettent d'assurer une exécution de qualité sont énumérées ci-après. En principe, les exigences des normes SIA pour l'exécution s'appliquent :

- Concevoir l'ouvrage en limitant autant que possible les déformations imposées et/ou entravées (retrait, tassement du sol de fondation, variations de température).
- Prévoir un déroulement des travaux ou des étapes de bétonnage qui permettent au béton de se rétracter sans se fissurer, par exemple avec la mise en œuvre / l'intégration de « couloirs de retrait ».
- Prévoir une armature permettant de limiter l'ouverture des fissures.
- Pour le dimensionnement statique, les exigences de la SIA doivent être prises en compte (la largeur théorique des fissures doit être limitée à 0.20 mm au maximum).
- L'utilisation d'une précontrainte permet d'influencer favorablement le comportement à la fissuration.
- Prévoir une cure du béton afin de garantir une hydratation optimale, en particulier aussi pour les surfaces horizontales.

9.6.2 États limites

Les états limites ultimes (ELU) suivants doivent être pris en considération :

- La stabilité d'ensemble de la structure porteuse, considérée comme une structure monolithique ;
- La défaillance de la structure porteuse ou d'un de ses éléments, y compris de ses appuis et fondations, après déformations inadmissibles, rupture ou perte de stabilité.

Les états limites de service (ELS) suivants doivent être pris en considération :

- Les déformations et flèches nuisant à l'aspect de l'ouvrage ou à son utilisation ou provoquant la détérioration des revêtements ou des éléments non porteurs ;
- La fissuration qui risque de nuire à l'aspect, la durabilité et l'étanchéité de l'ouvrage ;
- Les vibrations susceptibles d'endommager le réservoir ou ses composants ou de provoquer des dysfonctionnements ;
- Une contrainte excessive et inadmissible qui peut entraîner une réduction de la durabilité des matériaux.

9.6.3 Actions permanentes

Les actions permanentes suivantes doivent être prises en considération :

- Le poids propre de l'ouvrage ;
- Le poids des installations techniques et des machines (p. ex. pompes et tuyauterie) ;
- Le poids des autres équipements supplémentaires.

Ainsi que, le cas échéant :

- La précontrainte ;

- Le poids et la pression des terres ;
- Le poids et la pression de la nappe phréatique à son niveau minimal ;
- Le retrait ;
- Le fluage.

9.6.4 Actions variables

Les réservoirs composés de plusieurs cuves doivent être dimensionnés pour les cas où les cuves ou une des cuves sont alternativement pleines ou vides. Les actions variables suivantes doivent être prises en compte :

- Le poids et la pression de l'eau stockée dans le réservoir ;
- Les charges de neige et de vent ;
- Les charges dues à l'exploitation du réservoir ;
- Les charges dues aux travaux de maintenance, à l'entretien des installations.

Ainsi que, le cas échéant :

- Le poids et la pression de la nappe phréatique à son niveau maximal ;
- Les surcharges temporaires à proximité de l'ouvrage pendant la construction ;
- Les charges dues à certaines conditions de construction au moment de la construction ;
- Les variations de température à l'extérieur et à l'intérieur du réservoir.

Les actions variables non mentionnées dans cette directive doivent être spécifiées par le concepteur.

9.6.5 Actions accidentelles

Les actions accidentelles comprennent, le cas échéant, les tremblements de terre et autres actions accidentelles telles que les avalanches, les chutes d'arbres, les feux de forêt, le choc d'un véhicule ou d'un avion, etc. Les données techniques à prendre en compte doivent être définies par le concepteur.

Sécurité sismique

Concernant la sécurité sismique, l'ouvrage est assigné à la classe d'ouvrage (CO) III selon le tableau 25 de la Norme SIA 261 : Infrastructure ayant une fonction vitale, ouvrages d'une importance vitale pour l'approvisionnement, l'évacuation et les télécommunications. La structure porteuse doit être conçue de manière à ce que les forces sismiques puissent être reprises par certains murs et dalles en béton armé (dans le sens longitudinal et transversal) dont l'armature a été dimensionnée en conséquence. Les forces induites par l'oscillation du volume d'eau doivent être prises en compte dans le cas des châteaux d'eau.

9.6.6 Fondation

L'interaction entre l'ouvrage, le sol de fondation et les eaux souterraines doit être modélisée de la manière la plus réaliste possible. On privilégiera un sol de fondation stable, de portance régulière et insensible au tassement.

Les études géotechniques sont donc un préalable important à toute construction de réservoir. Les résultats permettront de développer un système statique approprié aux conditions du sol qui assurera au réservoir une étanchéité et une stabilité durables au meilleur prix.

Un sol de fondation inhomogène et sensible au tassement sera en général renforcé via un procédé d'amélioration du sol. En règle générale, on prévoit une fondation plate. Dans des cas exceptionnels, des fondations profondes locales ou un renforcement ponctuel peuvent être envisagés.

Pour résister à la poussée d'Archimède due à la présence de l'eau dans le terrain lorsque le réservoir est vide, il faut si nécessaire prévoir sous le radier une couche de béton drainant ou de tout-venant avec un réseau de drainage. Une couche en béton de propreté d'au moins 5 cm d'épaisseur doit être posée sur la couche de drainage. Si le réservoir se trouve dans la nappe phréatique, il faut garantir la stabilité d'ensemble vis-à-vis de la poussée d'Archimède (éventuellement avec un ancrage du réservoir).

9.7 Exigences pour la construction en béton coulé sur place

9.7.1 Exigence concernant le béton

Pour la construction du réservoir, on utilise exclusivement un béton étanche. Un ouvrage en béton étanche peut être obtenu en appliquant les mesures suivantes lors de la planification et de l'exécution des travaux :

- Il existe la possibilité lors de l'appel d'offres de spécifier soit la composition du béton, soit les propriétés du béton.
- Le choix d'un ciment adapté, définition d'une recette de béton appropriée, contrôle de la recette par des essais.
- La définition des étapes de bétonnage, y compris, le cas échéant, l'intégration de « couloirs de retrait ».
- La définition des méthodes de mise en œuvre, de vibration et de cure.
- Le soin apporté aux détails de construction (joints de bétonnage, passage de conduite dans le mur, etc.)
- Si une production de béton sur site est prévue, il faut tenir compte des délais de certification de ces installations.

Les exigences relatives au ciment et au béton se trouvent dans le Complément 1 de la W6 et sur la fiche technique W10021 de la SVGW. Pour les éléments de construction en contact avec l'eau potable, les exigences suivantes sont recommandées pour un béton à propriétés spécifiées :

C30/37 XC4(CH) Dmax32 CI 0.10 C3

Le ciment, les additifs, les adjuvants et les autres composants du béton doivent être contrôlés selon le règlement ZW102/3. Les adjuvants doivent figurer sur la « liste positive » de la SVGW et disposer d'un certificat SVGW selon le règlement ZW102/3.

9.7.2 Armature

Seuls les aciers de type S500 ou S550 (selon la Norme SIA 262) doivent être utilisés comme acier d'armature. L'enrobage des armatures doit être d'au moins 45 mm (tolérance ± 5 mm) afin d'éviter que la carbonatation du béton ne puisse atteindre l'armature.

Seuls des distanceurs d'armature en béton doivent être utilisés. L'utilisation de paniers de support avec des pieds en plastique est à proscrire. Une attention particulière doit être portée aux ligatures des fers d'armature, qui doivent être repliées vers l'intérieur de manière à garantir toujours l'enrobage des armatures.

Il faut s'assurer avant le bétonnage que l'armature ne touche pas d'éléments incorporés en acier inoxydable. Il est recommandé de respecter une distance de 30 mm.

En raison des conditions locales particulières (risque de corrosion), on préférera en cas d'utilisation de précontrainte, les barres écrouies aux torons ou fils étirés.

En cas de précontrainte, les détails des ancrages et des éventuels points de liaison des barres de précontrainte doivent être prévus de manière à réduire les concentrations locales de contraintes et à permettre une mise en place du béton par étapes. Si nécessaire, il faut prévoir une précontrainte partielle des étapes déjà bétonnées.

9.7.3 Coffrage

L'objectif consiste en l'obtention d'une surface de béton côté eau la plus lisse et la plus dense possible. Un compromis doit donc être trouvé entre une surface de coffrage lisse et la nécessité de laisser s'échapper l'air et l'eau en excès contre le coffrage (éviter la création de pores de surface).

Pour la réalisation des surfaces en béton des cuves, les coffrages utilisés qui ne doivent pas nécessiter l'emploi d'agents de démoulage (huiles de coffrage, pâtes et cires de coffrage, etc.).

Différents systèmes de coffrage et nappes de coffrage absorbant l'eau et pouvant être utilisés sans agent de séparation, ont été développés par l'industrie et offrent de bonnes solutions pour éviter la formation de pores en surface et obtenir une surface de béton dense (coffrage sans agent de démoulage, coffrage drainant). Comme les systèmes utilisés sont en contact indirect avec l'eau potable, les exigences du Complément 1 de la W6 concernant la compatibilité hygiénique doivent être remplies (cf. chap. 5.3.5 W6/C1).

Seuls des entretoises de coffrage avec une collerette d'étanchéité devraient être utilisées pour éviter de créer un chemin préférentiel pour l'eau le long de ces entretoises. Un système qui laisse des trous d'ancrage continus doit être proscrit. Après avoir retiré les tiges d'ancrage les surfaces sont rendues étanches avec un mortier spécial (mortier de réparation) ou un cône de béton préfabriqué afin d'éviter l'apparition de taches de corrosion.

9.8 Exigences relatives aux cuves

9.8.1 Sol

En règle générale, le système de fondation des cuves consiste en un radier d'épaisseur constante servant de fondation superficielle. Ce radier sert également à rendre la construction monolithique.

Dans des cas particuliers, c'est-à-dire lorsque le sol de fondation est approprié (rocher par exemple), les charges provenant de la dalle de couverture peuvent être transmises directement au sol de fondation à travers des semelles filantes sous les murs et des fondations ponctuelles (surépaisseurs) sous les poteaux.

La face supérieure du radier doit avoir une pente de 1.5 à 2% en direction du système de vidange.

9.8.2 Murs

Dans le cas de cuves de forme rectangulaire, les murs sont des éléments (voiles) encastrés sur tous les côtés ; au besoin, les conditions d'encastrement peuvent être améliorées par un renforcement local.

Dans le cas de cuves de forme cylindrique, les murs forment une coque cylindrique.

Les faces contre terre des éléments de construction doivent être protégées contre toute influence négative du terrain. Dans le cas des murs, un drainage vertical est généralement mis en place.

Dans de nombreux cas, les parois des réservoirs enterrés ne nécessitent pas d'isolation thermique supplémentaire.

9.8.3 Poteaux

Les poteaux sont généralement calculés comme des poteaux articulés. Il est avantageux de transmettre les charges de la dalle aux poteaux par l'intermédiaire de champignons ou de renforts situés sous ou au-dessus de la dalle.

Le nombre nécessaire de poteaux résulte du choix du système statique de l'ouvrage. Pour les réservoirs avec une couverture de terre d'environ 1 m, des poteaux espacés de 5 à 6 m se sont avérés économiques ; sinon espacés de 7 à 8 m.

9.8.4 Dalles de couverture, toitures

Les dalles de couverture sont généralement des dalles plates.

La face supérieure des dalles de couverture ont généralement une pente de 2 à 3%. Cette pente peut être réalisée par le béton structural ou par l'ajout d'une chape en béton. Pour les cuves dotés de parois intérieures, il faut veiller à ce que l'échange d'air entre les différents compartiments soit assuré au point le plus élevé de chacun des compartiments.

Les dalles de couverture doivent être recouvertes d'une couche de protection contre la destruction mécanique. La pénétration d'eau de surface à travers la dalle en béton doit être empêchée par la mise en place d'une étanchéité. Pour éviter les influences négatives sur l'ouvrage et sur l'eau potable stockée, des mesures d'isolation thermique et de ventilation peuvent être nécessaires. Elles ont une influence déterminante sur la formation d'eau de condensation et sur le point de rosée.

En cas d'utilisation de matériaux isolants artificiels, la couverture de terre peut être réduite. Le matériau isolant ne doit pas avoir de capacité d'absorption d'eau et doit être suffisamment résistant à la pression.

Les mesures d'isolation thermique des réservoirs d'eau potable doivent être adaptées aux conditions climatiques locales et aux exigences de fonctionnement afin de réduire au maximum la condensation dans les cuves.

Dans certains cas, l'utilisation d'armatures plastifiées pour la couche d'armature inférieure peut présenter des avantages pour la durée de vie de l'ouvrage.

Les plafonds des cuves doivent être considérés séparément en ce qui concerne l'état de surface, car il faut également tenir compte d'une éventuelle attaque de l'eau de condensation. En principe, les trois solutions suivantes sont envisageables :

- surfaces coffrées lisses ;

- structure textile grâce à l'utilisation de nappes de coffrage en tissu synthétique absorbant ;
- revêtement ultérieur, par exemple avec un revêtement rugueux à base de ciment projeté « effet grotte ».

Les avantages et les inconvénients lors de la construction (technique et économique) et de l'exploitation (hygiène, inspections et nettoyages facilités) doivent être évalués pour chaque cas particulier.

En cas de faible pente de la face inférieure de la dalle, comme c'est généralement le cas pour les dalles de couverture plates, une surface plane entraîne une prolongation du temps de séjour de l'eau de condensation sur la face inférieure du plafond, tandis qu'une surface rugueuse entraîne un égouttement plus rapide de l'eau de condensation. Toutefois, lorsque la pente inférieure est faible, aucune des deux variantes de construction ne présente un avantage prépondérant.

9.8.5 Joints

Les **joints aux reprises de bétonnage** sont nécessaires pour des raisons de déroulement des travaux. Ils doivent être définis avec l'entrepreneur avant l'exécution et doivent être rendus rugueux ainsi que bien nettoyés avant le bétonnage suivant. Les tôles d'étanchéité, les bandes d'étanchéité pour joints, les joints hydrogonflants ainsi que les systèmes d'injection ont fait leurs preuves dans la pratique.

Les tôles d'étanchéité ont particulièrement fait leurs preuves dans la pratique pour la réalisation de joints de bétonnage étanches avec une armature continue. Elles doivent être assemblées par soudage ou par serrage. Les tôles d'étanchéité doivent être de préférence en tôle d'acier noire non revêtue (feuillard) selon la norme SN EN 10051, avoir une épaisseur d'au moins 1.5 mm et une largeur d'au moins 300 mm. Les tôles d'étanchéité et les bandes d'étanchéité pour joints doivent être posées dans l'épaisseur de l'élément en béton.

Les **joints de dilatation** avec des bandes d'étanchéité ne doivent être prévus que dans des cas exceptionnels. Dans la pratique, les cuves – même de grandes dimensions – sans joints de dilatation ont très bien fonctionné.

9.8.6 Traversées de mur

Il existe plusieurs possibilités pour réaliser un passage de conduite à travers un mur étanche :

- Bétonnage d'une conduite avec collerette d'étanchéité et brides de raccordement avec écrous à ras de la surface du mur. Dans ce cas, une découpe du coffrage n'est alors pas prévue.
- Bétonnage d'une conduite avec collerette d'étanchéité et brides dépassant de part et d'autre du mur. Dans ce cas, une découpe de coffrage doit être prévue.
- Réalisation d'une réservation dans le mur (avec l'armature nécessaire). Pose ultérieure de la conduite avec collerette d'étanchéité, qui sera ensuite embétonné. Pour assurer l'étanchéité entre des bétons d'âges différents, la pose d'un joint hydrogonflant ou d'un joint injectable peut être envisagée.
- Bétonnage d'un tuyau incorporé en béton préfabriqué. Introduction de la conduite, fixation et étanchéité de la conduite à l'aide d'un joint annulaire. Un tel système ne peut généralement pas absorber de force (par ex. en cas de pression plus importante).
- Carottage, étanchéité de la conduite avec joint annulaire.

La disposition et l'exécution des traversées de murs doivent tenir compte des conditions statiques et constructives de l'ouvrage et de la tuyauterie.

Ces mêmes critères sont à appliquer à n'importe quel autre passage de mur qui doit être rendu étanche.

La pièce incorporée est généralement en acier CrNiMo et elle ne doit pas être en contact avec l'armature (recommandation : 3 cm). Lors de l'exécution, il faut veiller à ce que le béton soit soigneusement vibré autour de la pièce incorporée (voir aussi le Complément 2).

9.8.7 Drainage

Pour éviter l'infiltration d'eau provenant du milieu extérieur en cas de non-étanchéité de la structure, il est recommandé de mettre en place une couche de béton drainant ou de boulets avec un système de drainage.

Des chambres de contrôle ou pipes de rinçage sont nécessaires à chaque angle de la construction pour l'inspection et l'entretien du système de drainage. Pour le drainage intérieur de grands réservoirs, on utilise des regards vissés et étanches ainsi que des pipes ou chambres de rinçage extérieures. Toutes les eaux de drainage intérieur et extérieur doivent être acheminées séparément vers un regard central qui peut se trouver dans la chambre des vannes, où elles peuvent être observées et mesurées. Si le regard central se trouve dans la chambre des vannes, l'évacuation des eaux doit se faire via un siphon.

A la place des chambres de contrôle, les conduites de drainage intérieures et extérieures peuvent être dirigées vers le haut vers des pipes de rinçage et regroupées dans des puits de rinçage. Le nettoyage des drainages se fait alors à l'aide de jets haute pression.

Les faces contre terre des éléments de construction doivent être protégées contre toute influence négative du terrain. Dans le cas des murs, un drainage vertical (par ex. panneaux filtrants ou nattes de drainage) est généralement mis en place. Pour le radier, une couche drainante protégée contre les fines est mise en place.

9.9 Exigences relatives aux surfaces en contact avec l'eau potable

En Suisse, la plupart des réservoirs sont construits en béton coulé en place. Les structures en béton étanche et peu poreux ne nécessitent pas de traitement de surface ou de revêtement intérieur supplémentaire. C'est pourquoi les réservoirs d'eau potable en béton armé sans revêtement ont fait leurs preuves. Pour une auto-cicatrisation des fissures, il convient de s'assurer des conditions nécessaires (par ex. chimie de l'eau, composition du béton, temps, pression d'eau constante, largeur minimale et maximale des fissures, etc.). Les exigences spécifiques aux éléments en contact avec l'eau potable (exigences liées à l'hygiène et à la composition) se trouvent dans le Complément 1 de la présente directive ou dans la fiche technique W10021 de la SVGW.

9.9.1 Cuves

Les cuves doivent répondre à plusieurs objectifs liés à la structure, à la statique, à l'étanchéité et au maintien à long terme de la qualité de l'eau et des cuves elles-mêmes. Le béton étanche répond à toutes ces exigences. D'une part, l'étanchéité de l'ouvrage protège l'eau stockée des influences extérieures. D'autre part, un béton étanche adapté à l'eau potable résiste aux influences indésirables de l'eau (agressivité, lixiviation, perte d'alcalinité, action de substances réactives indésirables) et garantit un stockage de l'eau potable sans risque hygiénique.

Pour les nouveaux réservoirs, l'obtention de surfaces étanches, de haute résistance et sans aspérités (nids de graviers, pores) est possible en prenant des mesures appropriées

telles qu'une recette de béton spéciale ainsi que l'utilisation de coffrages et de peau de coffrage adaptés au besoin. Les bétons, les mortiers et les mortiers de ciment fabriqués selon les règles de l'art répondent normalement aux exigences posées aux matériaux en contact avec l'eau potable, pour autant que tous les composants, adjuvants et additifs, organiques et inorganiques, satisfassent aux exigences du Complément 1.

Dans les anciennes cuves, l'étanchéité de la structure ne pouvait pas être garantie par le béton lui-même en raison de l'état de la technique à l'époque. L'étanchéité était donc assurée par un revêtement (adhérent ou non).

Aujourd'hui, les revêtements sont réalisés lors de remise en état ou en cas d'eau très agressive.

9.9.2 Revêtements adhérents

En cas d'eau agressive, pour faciliter le nettoyage (surface lisse) ou lors de remise en état pour remédier à une étanchéité insuffisante, la pose d'un revêtement sur les surfaces des cuves peut être envisagée.

Les revêtements doivent être considérés comme des consommables. Ils doivent être renouvelés au cours de la vie d'une cuve, et ce à des intervalles qui dépendent fortement du produit mis en place, de l'épaisseur de la couche de revêtement et de l'agressivité de l'eau. Des exigences qualitatives doivent être établies pour tous les types de matériaux.

Il est recommandé d'utiliser des mortiers de ciment minéraux sans adjuvant synthétique, car ils adhèrent bien au support en béton, sont stables, ne posent aucun problème d'hygiène et n'ont pas d'effet de multiplication des germes (pour plus de détails, se référer au chap. 13 ou Complément 1).

9.9.3 Revêtements non adhérents

Lors d'assainissement de réservoirs ou pour des cuves en contact avec de l'eau spécialement agressive, il existe la possibilité de mettre en place des revêtements non adhérents tels que :

- Revêtement en acier inoxydable CrNiMo, pour lequel une attention particulière doit être portée à la fixation des panneaux et à l'exécution des travaux de soudure. Les panneaux doivent avoir une épaisseur minimale de 1.5 mm.
- Revêtement en verre et en carrelages : En règle générale, de tels revêtements ne devraient plus être mis en place, car ils représentent un potentiel risque de création de germes en raison de zones de stagnation à l'arrière des carreaux. Les composants organiques des mortiers de jointoiement ou des colles provoquent de plus un risque indésirable de développement de biofilm.
- Revêtement avec des feuilles ou des plaques en plastique.

Dans les cas où les parois des cuves sont recouvertes d'un revêtement non adhérent, l'inspection visuelle de la structure ne pourra plus être réalisée. Ces revêtements non adhérents ne doivent donc être prévus que dans des cas exceptionnels. Les revêtements non adhérents doivent être pourvus d'un drainage et l'eau de drainage doit pouvoir être contrôlée régulièrement (pour plus de détails, voir chap. 13 ou Complément 1).

9.9.4 Fenêtres et portes donnant sur les cuves

Les fenêtres et les portes donnant sur les cuves doivent être réduites au minimum nécessaire pour l'exploitation. Les fenêtres doivent être aussi petites que possible. Les fenêtres et les portes doivent répondre aux exigences suivantes :

- L'adéquation hygiénique des matériaux, en particulier du cadre et des joints, ainsi que des matériaux d'aide à la construction ;
- La physique du bâtiment (par ex. chute du point de rosée, évacuation de l'eau de condensation loin de la cuve) ne doit pas être influencée ;
- L'étanchéité à l'air (dépression et surpression) et à la pénétration d'insectes doit être assurée ;
- La pénétration de la lumière doit être réduite au maximum.

Les éléments de construction standards utilisés dans le bâtiment ne répondent généralement pas à ces exigences.

9.10 Exigences d'exploitation

Les cuves doivent pouvoir être vidées intégralement. Les points de vidange doivent être prévus de manière à ce que le volume résiduel d'eau ainsi que l'eau de nettoyage de la cuve ne puissent en aucun cas entrer en contact avec l'eau allant vers le réseau de distribution. En règle générale, les eaux de vidange s'écoulent dans le réseau d'eaux claires et les eaux de nettoyage sont évacuées dans le réseau d'eaux usées via des vidanges séparées.

Un éclairage adapté pour l'inspection et l'entretien périodiques doit être disponible. Des lampes fixes ou mobiles peuvent être utilisées à cet effet. Pour plus de détails sur l'éclairage, se référer au chapitre 9.13.2.

Pour le nettoyage des cuves, une installation d'eau sous pression (pression du réseau) doit être disponible à l'extérieur des cuves.

L'accès aux cuves se fait généralement depuis la chambre des vannes, par des portes étanches situées sous le niveau de l'eau. Il peut être utile de prévoir un hublot au-dessus du niveau maximal de l'eau afin d'avoir une visibilité sur la surface de l'eau.

Toutes les conduites en provenance et à destination de la cuve doivent en règle générale passer par la chambre des vannes.

Un accès direct au-dessus du plan d'eau ainsi qu'une entrée de lumière directe sur la surface de l'eau ne sont pas autorisés.

9.11 Équipement hydraulique

9.11.1 Matériaux

En règle générale, il convient d'utiliser des conduites en matériaux non corrosifs tels que l'acier inoxydable (CrNiMo), le plastique ou les conduites revêtues de plastique.

Lors de transition entre des éléments en acier inoxydable et des éléments en d'autres métaux, les règles d'exécution pour les constructions mixtes doivent être respectées (voir Complément 2).

9.11.2 Robinetterie et tuyauterie

Toutes les conduites, raccords en acier et autres pièces incorporées équipant les cuves devraient de préférence être en acier inoxydable CrNiMo. Dans les réservoirs, des conduites en acier inoxydable V2A (par ex. 1.4307 ou 1.4301) sont souvent utilisées. En cas

de chloration ou d'ozonation, il convient de choisir un acier inoxydable V4A de haute qualité (par ex. 1.4404 ou 1.4401). Les pièces incorporées en acier inoxydable ne nécessitent pas de protection extérieure supplémentaire. Toutes les autres tuyauteries et robinetteries doivent être protégées contre la corrosion par une protection de surface intégrale non poreuse ou un matériau composite d'une épaisseur suffisante.

Les réservoirs tampon doivent être équipés d'un by-pass qui connecte la conduite d'arrivée à celle de départ.

La disposition des vannes doit permettre, lors de travaux de nettoyage et d'entretien, l'exploitation d'au moins une cuve. Dans le cas de réservoirs à cuve unique et avec arrivée d'eau gravitaire, une conduite de dérivation ou une évacuation doit être prévue. S'il n'existe qu'une seule conduite pour l'arrivée et le départ, des clapets anti-retour doivent séparer la branche servant au remplissage de celle destinée au soutirage. Toutes les robinetteries et conduites doivent être étiquetées selon leur fonction. Des points de prélèvement d'échantillons doivent être prévus de manière adéquate (sur l'entrée et la sortie).

On équipera la conduite de départ d'un organe d'arrêt en tenant compte des éventuels problèmes de dépression. Pour éviter les sous-pressions et phénomènes de vide dans la conduite, il est par exemple possible d'équiper la conduite de départ d'une conduite d'aération connectée à la cuve ou d'une ventouse.

9.11.3 Conduites d'arrivée et de départ

Si le réservoir n'est raccordé au réseau d'eau potable que par une seule conduite, celle-ci est divisée dans la chambre des vannes en deux conduites pour l'arrivée et le départ au moyen d'un clapet anti-retour. L'arrivée et le départ doivent être disposés de manière à assurer une bonne circulation de l'eau dans les cuves et donc un renouvellement de l'eau suffisant.

Le remplissage de la cuve peut se faire en-dessous ou au-dessus du niveau maximal de l'eau. Une arrivée en-dessous du niveau de l'eau a fait ses preuves. Si l'introduction se situe au-dessus du niveau de l'eau, le transfert du radon occlus dans l'eau d'arrivée vers l'air ambiant de la cuve peut être renforcé. De même, en ce qui concerne la chimie de l'eau, il convient de vérifier si l'aération de l'eau peut être autorisée (dégazage) ou si elle doit être évitée.

Pour assurer un mélange suffisant de l'eau, la conduite d'arrivée est conçue comme suit :

- En cas d'arrivée en-dessous du niveau de l'eau, la vitesse d'écoulement doit être d'environ 1 m/s (au minimum 0.6 m/s).
- En cas d'arrivée au-dessus du niveau de l'eau, une hauteur de chute supérieure à 25 cm doit être garantie.

La configuration de l'organe de départ dans la cuve doit être conçue de manière à ce qu'aucun vortex ne puisse se former lorsque le débit de soutirage est maximal et que le niveau d'eau dans la cuve est bas, afin d'empêcher que de l'air ne pénètre dans la conduite de départ. La perte de charge due à l'organe de départ doit être aussi faible que possible.

9.11.4 Trop-plein et vidange

Les conduites de trop-plein et de vidange doivent être de préférence en matériaux non corrosifs comme le plastique ou l'acier inoxydable.

Le trop-plein est souvent placé dans un coin de la cuve et les eaux de trop-plein peuvent être évacuées ensemble avec celles des autres cuves. La dimension du trop-plein doit

garantir l'évacuation du débit maximal possible d'arrivée dans la cuve avec une revanche (surélévation du plan d'eau) d'environ 10 cm.

Le trop-plein doit être conçu de manière à empêcher l'aspiration d'air extérieur non filtré dans les cuves. Il doit donc être équipé d'organes à ouverture et fermeture automatiques, tels que des clapets anti-retour, des soupapes de retenue ou un siphon rempli d'eau en permanence. L'eau du siphon doit être renouvelée régulièrement à travers un programme de rinçage. L'intrusion de petits animaux doit être empêchée par des clapets anti-retour ou des dispositifs similaires.

La vidange doit être installée au niveau du point bas de la cuve, soit au niveau du radier de la fosse le cas échéant. Le diamètre de la conduite de vidange doit être suffisamment grand pour que les sédiments puissent être évacués en un temps raisonnable. Les vidanges doivent de préférence être munies de vannes permettant un passage aussi libre que possible.

9.11.5 Libération de la réserve incendie

La réserve incendie, si elle est prévue, est assurée soit par une tuyauterie particulière (col de cygne), soit par une commande électrique de niveau. Elle est généralement libérée par une vanne dont le moteur est alimenté par une source d'énergie indépendante du réseau ou par le centre de gestion. Dans tous les cas, la libération de la réserve incendie doit être convenue avec les autorités locales en charge de la lutte contre les incendies (pompiers, police du feu ou assurance pour les bâtiments).

9.11.6 Dispositif de sécurité en cas de rupture de canalisation

Pour les grands réservoirs, il est conseillé de mettre en place une vanne de sécurité (vanne de survitesse) en cas de rupture de conduites. Lors de la conception de cet organe de sécurité, les conditions hydrauliques du réseau de distribution ainsi que les conditions d'exploitation doivent être prises en compte. Pour les distributeurs disposant d'un centre de gestion surveillé en permanence, il est possible d'installer des vannes motorisées télécommandées sans dispositif de déclenchement automatique.

En cas d'installation d'une vanne de sécurité, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'un dispositif d'aération et de ventilation pour protéger la conduite de départ. En cas d'incendie, la vanne de sécurité doit pouvoir être bloquée en position ouverte.

9.11.7 Protection contre les coups de bélier

Les réservoirs constituent un élément important pour lutter contre les coups de bélier dans le réseau d'eau potable grâce à leur capacité d'absorption des coups de bélier (surface d'eau libre). En cas de révision d'un réservoir entier qui nécessite la fermeture de la vanne de la conduite de distribution, il est souvent nécessaire de prendre des mesures de compensation (par ex. un tuyau vertical ou une vanne d'aération).

9.11.8 Installation d'eau sous pression

De l'eau sous pression doit être disponible pour le nettoyage des cuves. Si l'eau sous pression n'est pas disponible à partir d'une zone de pression supérieure, il convient, selon la taille du réservoir et les possibilités d'alimentation en énergie, d'installer un système de surpression fixe ou de permettre le branchement de pompes mobiles ou d'appareils de nettoyage à haute pression.

9.11.9 Piquage d'injection pour la chloration d'urgence

En cas de besoin, il est recommandé de placer sur la conduite d'alimentation au réservoir un piquage d'injection pour la chloration d'urgence.

9.12 Équipements de mesure

9.12.1 Mesure de niveau

La mesure du niveau d'eau pour chacune des cuves est généralement prise à l'aide d'une sonde de niveau sans contact (par ex. radar) ou à l'aide d'un instrument de mesure de pression différentielle (sonde de pression). Pour contrôler la mesure des sondes, il est recommandé de prévoir un contrôle visuel du niveau d'eau.

Pour l'entretien de l'appareil de mesure de niveau sans contact, un accès fermé doit être prévu au-dessus de la cuve. Par exemple, un passage de mur de diamètre DN400 peut être prévu à cet effet.

Si une sonde de pression est utilisée, elle est raccordée à la conduite de vidange de chacune des cuves. Le piquage pour la mesure de niveau muni de vannes d'arrêt permet la maintenance de la sonde de pression. La conduite du piquage pour la sonde de pression doit pouvoir être purgée.

9.12.2 Mesure de débit

La mesure de l'eau s'effectue à l'aide de débitmètres électromagnétiques (MID) ou à ultrasons.

Les appareils de mesure doivent rester en permanence exempts de bulles d'air. Les longueurs d'entrée et de sortie sans obstacles (longueurs de stabilisation du flux) de part et d'autre des dispositifs de mesure doivent être respectées en fonction de la précision et des plages de mesure souhaitées, conformément aux indications du fabricant.

En raison de la vitesse d'écoulement souvent faible au cours de la journée, les débits doivent pouvoir être mesurés avec une grande précision (par exemple avec la technologie MID ou à ultrasons). Alternativement, le débit peut être déduit de manière simple et peu coûteuse à partir de la mesure de niveau, si la surface des cuves est connue.

9.12.3 Autres dispositifs de mesure, de commande et de régulation

Il est recommandé de récolter les données d'exploitation suivantes et de les transmettre au centre de gestion ou de les stocker pour traitement ultérieur :

- Interrupteur de signalisation de défaut sur les vannes de sécurité ou autres points de sécurité ;
- Dispositifs de sécurité contre les intrusions (contacts d'ouverture, détecteurs de mouvement, système d'alarme, etc.) ;
- le cas échéant, mesures en ligne de la qualité de l'eau ;
- le cas échéant, capteurs de position des vannes.

Cette liste n'est pas exhaustive. Les mesures supplémentaires dépendent fortement du degré d'automatisation de l'installation globale. La position des appareils de mesures doit être définie de manière à éviter les zones de stagnation d'eau et à permettre leur remplacement ou leur réparation sans devoir mettre hors service les cuves.

Si les conditions d'humidité et de température le permettent, l'armoire de commande du système de contrôle-commande peut être installée dans la chambre des vannes.

9.12.4 Surveillance de la qualité de l'eau

Les réservoirs alimentés directement par de l'eau de source nécessitent souvent une surveillance de la turbidité avec une dérivation automatique. En cas de turbidité élevée, l'arrivée d'eau dans les cuves doit être immédiatement bloquée.

Des prises d'échantillon ou un écoulement permanent pour la surveillance bactériologique et chimique doivent être installées sur les conduites d'arrivée ainsi que les conduites de départ à des emplacements appropriés. Les prises d'échantillon doivent être raccordées au système d'évacuation des eaux via un entonnoir et un siphon.

Les exigences relatives à la conception des prises d'échantillon sont les suivantes :

- les zones de stagnation importantes doivent être évitées : réduire au maximum la longueur de conduite avant la vanne de la prise d'échantillon, choisir des conduites de petit diamètre ou assurer un débit permanent ;
- la prise doit pouvoir être désinfectée ou stérilisée à la flamme ;
- la prise doit être facilement accessible par la personne responsable des prélèvements.

9.13 Équipement électrique et mécanique

Dans le cas où une station de pompage est prévue dans le réservoir, elle doit être intégrée dans la chambre des vannes. Des mesures appropriées doivent être prises pour éviter les problèmes d'aspiration d'air et de remplissage. Le phénomène de coups de bélier devra être étudié et le cas échéant, suffisamment de place pour l'installation de chaudron anti-bélier sera prévue.

9.13.1 Aération, ventilation, déshumidification

Les cuves et la chambre des vannes nécessitent une ventilation séparée.

Dans les cuves, les fluctuations de niveau d'eau créent des appels ou des rejets d'air. La ventilation des cuves doit être munie d'un ultrafiltre remplaçable et résistant à l'humidité (filtre pour matières en suspension, classe de filtration H13 (HEPA : High-Efficiency Particulate Air/Arrestance ; selon la norme SN EN 1822-1)) et, si possible, doit sortir en façade. L'ultrafiltre sera généralement installé dans la chambre des vannes et doit être facilement accessible.

La gaine de ventilation doit être conçue de manière à empêcher la pénétration de liquides dans la cuve depuis l'extérieur (voir SVGW W1007). Afin d'augmenter la protection contre le sabotage, il est recommandé de séparer physiquement le système de ventilation dans la chambre des vannes avant l'arrivée dans les cuves (par ex. avec un siphon). Dans un tel système, un simple filtre à grosses particules (poussières) supplémentaire est monté à l'entrée de la chambre des vannes. Dans le cas de grandes cuves, il faut veiller, en cas de vidange rapide (grosse rupture de conduites), à prévoir un apport d'air extérieur suffisant (p. ex. prévoir une grande ouverture avec sécurité anti-éclatement).

Dans la mesure du possible, chaque cuve devrait avoir son propre système de ventilation qui devrait passer par la chambre des vannes avant de déboucher à l'extérieur. Les ouvertures devraient être placées à une hauteur suffisante, à environ 3 m au-dessus du terrain, afin de minimiser l'aspiration de pollen, d'herbes, de poussière ou d'odeurs lorsque le niveau d'eau baisse. Eventuellement, un filtre à charbon actif peut être nécessaire.

La section de la ventilation est déterminée par le débit maximum de vidange de la cuve en cas de rupture de conduite et la limite maximale de la vitesse de l'air dans les dispositifs

de ventilation. Un dimensionnement doit être effectué pour l'ensemble du système de ventilation, en considérant aussi les éléments sensibles à la pression dans les cuves (comme les fenêtres, les joints, les revêtements par exemple). La vitesse maximale de référence de l'air dans les gaines de ventilation peut être admise entre 6 m/s et 8 m/s pour le fonctionnement normal et 1 m/s dans la zone du boîtier du filtre et dans le filtre.

Les cuves ne doivent pas être mises en danger en cas de défaillances des dispositifs de ventilation (p. ex. colmatage des tamis / filtres). Il convient donc de prévoir dans les dispositifs de ventilation des zones fusibles ou des soupapes de sécurité.

La chambre des vannes doit être ventilée. Pour un fonctionnement efficient sur le plan énergétique de la ventilation et de la déshumidification, il est recommandé d'utiliser un système de ventilation régulé par le taux d'humidité et la température (point de rosée). Pour assécher l'air et éviter la formation d'eau de condensation sur les équipements en contact avec l'eau, il est possible d'utiliser une déshumidification. Pour prévenir de manière sûre la formation d'eau de condensation et de moisissures, l'humidité de l'air dans les locaux techniques ne devrait pas dépasser 75% sur le long terme. Il convient toutefois d'éviter une déshumidification trop importante, qui entraînerait un assèchement indésirable de la structure du bâtiment. Un climat ambiant trop sec pourrait entraîner un transport indésirable de sel des cuves vers la chambre des vannes.

Outre une déshumidification optimale, la circulation de l'air joue un rôle important, en particulier dans les bâtiments de grand volume et de grande hauteur. Des variations de température sur la hauteur et des zones mal ventilées peuvent entraîner la formation partielle de condensation. Pour assurer une bonne déshumidification de l'air, il est recommandé de faire renouveler le volume des grands locaux à déshumidifier une fois par heure.

9.13.2 Installation électrique, éclairage

Lors de l'exécution des installations électriques, on tiendra compte des prescriptions ASE pour les locaux humides et mouillés.

Installation électrique

Les armoires électriques doivent être séparées selon leur fonction et étiquetées clairement. Elles ne devraient pas être installées au sous-sol de la chambre des vannes. Dans le cas où la commande et la surveillance se font encore localement, les alarmes importantes et les états de l'installation doivent pouvoir être transmis au personnel d'exploitation responsable.

Pour permettre des inspections de la cuve en cours d'exploitation, une possibilité d'éclairage fixe au droit de l'hublot de surveillance doit être prévu. Pour l'entretien et le nettoyage des cuves, des lampes mobiles portables sont très adaptés. L'installation fixe d'un éclairage à l'intérieur des cuves est déconseillée en raison des exigences élevées d'hygiène et d'humidité.

Installations d'éclairage

Les installations d'éclairage dans les cuves doivent notamment répondre aux exigences suivantes :

- Permettre une intensité lumineuse suffisante pour la surveillance et les travaux dans la cuve ;
- Résistantes à l'humidité de l'air très élevée en permanence ou à la pression d'eau en cas d'utilisation sous l'eau et, le cas échéant, aux charges de chlore, etc. dans l'eau et dans l'air ;
- Exigences en matière d'hygiène selon la SVGW ZW102/ff ;

- Conforme aux prescriptions de l'ASE pour les locaux humides et mouillés. Pour les luminaires mobiles destinés au nettoyage, il est recommandé de les faire fonctionner via des transformateurs de séparation.
- Les luminaires doivent être facilement et en toute sécurité accessibles pour effectuer des travaux de maintenance ;
- Les durées d'éclairage doivent être les plus courtes possibles pour éviter un développement de germes et l'éclairage ne doit pas rester allumé par inadvertance (par ex. par une minuterie ou un couplage avec la fermeture des portes).

Si l'installation permanente de luminaires à l'intérieur des cuves est obligatoire, il faut veiller à ce que les exigences en matière d'hygiène soient respectées pour tous les matériaux utilisés. Afin d'éviter que les gouttes de condensation ne pénètrent dans l'eau potable, les luminaires peuvent être installés par exemple au-dessus des trop-pleins ou des paliers d'accès. Dans les cuves, il est préférable de ne pas prévoir de chemins de câbles ou, à défaut, de les réduire au maximum. Par exemple, l'emplacement de montage du luminaire peut être choisi de manière à ce que le câble traverse directement le mur menant à la chambre des vannes ou à d'autres locaux en dehors de la cuve. Les faisceaux de câbles dans les cuves sont à éviter en raison de la formation accrue de condensation. Pour des raisons d'hygiène, les tubes de protection des câbles ne devraient pas être installés dans les cuves, car la saleté et la condensation contaminée peuvent s'accumuler dans les cavités. Les paniers en acier inoxydable, par exemple, sont mieux adaptés à la pose de câbles dans les cuves.

Les liaisons équipotentielle permettent de limiter les différences de tension entre les pièces conductrices d'électricité pouvant être touchées simultanément. La mesure la plus importante à mettre en place est la pose d'un câble de mise à la terre entre des pièces conductrices de même matériau, au moyen d'attaches serrées sous les brides. Les câbles de mise à la terre sont généralement reliés à une barre d'équipotentialité. Celle-ci est montée de manière isolée et reliée à la barre d'équipotentialité principale par une unité de délimitation (circuit à diodes). Toutes les pièces métalliques en contact avec l'eau et en acier inoxydable sont reliées à ce rail (voir aussi Complément 2).

Éclairage de sécurité / Lampes de secours

L'installation d'un éclairage de sécurité ou d'un éclairage de sécurité des postes de secours n'est pas obligatoire. Pour quitter le bâtiment en toute sécurité, même en cas de panne de courant, il est toutefois recommandé d'équiper la zone de l'escalier interne d'un éclairage de sécurité d'une intensité lumineuse de 1 lux.

En alternative, une lampe de secours portable peut être placée.

9.14 Dosage et stockage de produits chimiques

Dans le cadre d'installations de dosage et de stockage de produits chimiques, il convient de respecter les prescriptions de la SUVA et; si nécessaire, la recommandation W1001 de la SVGW pour l'utilisation du chlore gazeux dans la distribution d'eau de boisson.

10 Appel d'offres

10.1 Procédure d'appel d'offres

Les appels d'offres pour les différents mandats d'études et marchés de travaux de construction d'un réservoir doivent se faire conformément à la législation en vigueur. Les procédures seront différentes selon le montant prévisionnel de l'ensemble du projet.

Le dossier d'appel d'offres destiné aux entreprises sera établi en grande partie selon le catalogue des articles normalisés édité par la CRB (Centre Suisse d'études pour la rationalisation dans la construction). Des articles supplémentaires seront introduits si nécessaire, par ex. pour les travaux spéciaux nécessaires à la réalisation du béton étanche. Le concepteur établira un cahier de conditions techniques particulières pour la réalisation du béton étanche.

Le béton est un matériau dont la qualité finale dépend fortement de la qualité du travail effectué lors de sa préparation et de sa mise en œuvre. Des critères importants à prendre en compte lors de l'adjudication sont l'expérience de l'entreprise dans la réalisation de béton étanche et la qualification des personnes-clés (encadrants et exécutants).

10.1.1 Critères de qualification

Les critères de qualification permettent d'identifier les candidats aptes à effectuer les tâches mises en concurrence.

Les critères de qualification se réfèrent aux soumissionnaires. Ils définissent les spécificités et les capacités que les soumissionnaires doivent posséder pour remplir les conditions du marché. Il convient donc de définir des critères objectifs liés à la capacité professionnelle, financière, économique, technique et organisationnelle du soumissionnaire. Le choix des critères doit permettre de répondre de manière claire soit par « oui », soit par « non ».

Les critères de qualification sont des « critères obligatoires ». L'offre ne sera traitée que si le soumissionnaire remplit tous les critères de qualification. Si la sous-traitance est autorisée, les sous-traitants doivent être approuvés par le Maître d'ouvrage.

10.1.2 Critères d'adjudication

Les critères d'adjudication servent à déterminer l'offre la plus avantageuse qui se verra attribuer le marché pour les travaux mis en concurrence.

L'offre la plus avantageuse est déterminée sur la base des critères d'adjudication. Le choix des bons critères d'adjudication et leur pondération sont déterminants pour la réussite du projet. Ainsi, outre le prix, la qualité, les délais, l'organisation du projet et la qualification des personnes-clés, tout comme l'analyse des tâches et les références, etc. doivent être pris en compte dans l'évaluation des offres. Il convient de définir une grille d'évaluation claire avec une échelle de notes et une pondération. Les exigences de l'appel d'offres doivent être respectées.

	Critères	Pondération
1	Prix	de 30 à 60 %.
2	Références de l'entreprise et références des personnes-clés (chef de projet, contremaître, etc.)	de 10 à 40 %.
3	Analyse des tâches, gestion de la qualité du projet, mise en œuvre technique	de 10 à 40 %.

4	Programme des travaux	de 5 à 20 %
5	Organisation du projet et qualification/disponibilité des personnes-clés	de 5 à 20 %

Tableau 4 : Exemple de critères d'adjudication avec les fourchettes de pourcentage pour la pondération.

Les différents critères peuvent être divisés à volonté en sous-critères supplémentaires. Il est important de fournir une justification écrite et compréhensible en cas d'exclusion d'un soumissionnaire ainsi qu'en cas de déduction de points lors de l'évaluation des offres.

10.2 Plan de contrôle et d'hygiène

Le plan de contrôle fait partie intégrante du dossier d'appel d'offres. L'entreprise soumissionnaire doit connaître dès la phase d'appel d'offres l'étendue des critères de qualité à respecter et contrôler. Le plan de contrôle doit définir les contrôles qui doivent être effectués par le soumissionnaire et ceux qui sont contrôlés par le mandataire du Maître d'ouvrage.

Le plan de contrôle doit garantir que les principales exigences du projet et de qualité sont surveillées, contrôlées et documentées pendant la phase d'exécution. Il doit en outre définir la procédure à suivre en cas de défauts. L'Annexe 3 contient des indications pour l'établissement d'un plan de contrôle approprié pour la construction ou la rénovation d'un réservoir.

10.3 Spécifications particulières pour la construction en béton coulé en place

Afin d'obtenir des surfaces en béton aussi lisses et peu poreuses que possible à l'intérieur des cuves, la prestation attendue doit être décrite avec suffisamment de précision, définie dans le contrat et exécutée avec le soin nécessaire. C'est pourquoi il est vivement recommandé de définir l'état souhaité en plus des spécifications du plan de contrôle, par exemple à l'aide d'éprouvettes, de planches d'essai, de documentations photographiques ou de surfaces de réservoirs existantes. Le cahier des charges du dossier d'appel d'offres devrait par exemple exiger expressément ce qui suit :

- Surface uniforme, peu poreuse, à réaliser à l'aide d'une nappe de coffrage absorbante/drainante en matière synthétique non-tissée. Il est recommandé que la nappe soit à usage unique. Les nappes en matière non-tissée armée peuvent être utilisés au maximum deux fois.
- Etanchéité des raccords radier/mur, des joints entre les éléments de coffrage et les fixation de coffrage doivent être exécutés de manière à obtenir une empreinte de coffrage lisse avec une peau de ciment fermée.

Le cahier des charges doit également préciser les conséquences d'un écart par rapport à la prestation demandée.

10.4 Spécifications particulières pour la mise en place de nouveaux revêtements en cas d'assainissement de cuve

Une description de l'état souhaité est également importante pour la réalisation de nouveaux revêtements. Elle doit notamment mentionner :

- Description précise du revêtement existant à démolir (adhérence, épaisseur, dureté, nombre de couches, etc.) ainsi que du support (béton, maçonnerie, etc.) ;
- Etat de la surface souhaitée (uniformité, porosité, rugosité, planéité, épaisseur minimal/maximale du revêtement attendues) ;

- Exigences pour la démolition de l'ancien revêtement (dépose complète ou partielle) et état du support désiré ;
- Valeurs d'arrachement minimale et moyenne du support et du revêtement ;
- Réalisation de planches d'essais et définition des critères de validation.

10.5 Préparation des contrats d'entreprise

Les contrats SIA ou KBOB ainsi que les dispositions correspondantes relatives à la procédure d'adjudication sont des modèles qui permettent une adjudication selon des critères clairs et compréhensibles.

Le projet de contrat d'entreprise devrait faire partie du dossier d'appel d'offres, de sorte qu'il soit possible d'y faire référence dans les dispositions générales. Le recours à des modèles de la SIA ou de la KBOB vise à accroître la sécurité juridique pour les partenaires contractuels. Entre autres choses, les aspects suivants doivent être réglementés :

- les exigences légales (étendue des prestations, composantes du contrat, séquençage et phases de prestation, modifications du contrat, etc.) ;
- les aspects financiers (rémunération, conditions et modalités de paiement, renchérissement, prestations d'assurance, gestion des modifications de commande, etc ;
- les délais pour la réalisation des prestations ;
- les conditions générales du contrat (CGC).

11 Réalisation, contrôle et mise en service

11.1 Construction en béton coulé en place

11.1.1 Coffrage, armatures

Les points suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la surveillance des travaux :

- Preuves à fournir par l'entrepreneur de la compatibilité du béton utilisé avec l'eau potable ;
- Pour les faces en contact avec l'air, l'enrobage des armatures sera d'au moins 45 mm. Pour les parties en contact avec la terre, l'enrobage sera d'au moins 55 mm en contact avec la terre (tolérance +/- 5 mm) ;
- Utilisation de distanceurs en béton compatible avec l'eau potable ;
- Pas de contact entre l'armature et les incorporés en acier inoxydable ;
- Renoncer à l'huile de coffrage. Utilisation de nappes de coffrage absorbant l'eau en feuilles de plastique.

La réalisation des surfaces en béton à l'intérieur des réservoirs d'eau potable devrait se faire de préférence avec des coffrages qui ne nécessitent pas l'utilisation d'agents de démoulage (coffrages sans agent de démoulage, coffrages drainants).

Les nappes de coffrage absorbantes/drainantes en matière synthétique non-tissée doivent être fixées au coffrage de manière à ce qu'il n'y ait pas de plis et qu'elles ne puissent pas bouger. Elles doivent être remplacées après chaque étape de bétonnage, car leur efficacité diminue lors des utilisations ultérieures. Le coffrage doit être nettoyé et, le cas échéant, désinfecté avant d'être recouvert par la nappe de coffrage.

Pour les armatures, un soin particulier doit être apporté pour respecter les exigences d'hygiène lors de la livraison, du stockage et de la pose. Il en va de même pour les autres matériaux de construction tels que les distanceurs, les chevalets, les ligatures d'armature, etc. Avant la pose, il convient de vérifier l'état de l'armature et, le cas échéant, de la nettoyer.

11.1.2 Transport de béton

Lors du transport du béton vers le chantier, il faut veiller à ce que les temps de transport soient aussi courts que possible. Le temps total de mise en œuvre est de 90 minutes (de l'ajout de l'eau au ciment jusqu'à la mise en place du béton compacté dans l'élément de construction). Dans des situations particulières, il peut donc être judicieux de fabriquer le béton étanche sur le chantier. S'il provient d'une centrale à béton, il convient de prendre les mesures nécessaires pour que sa composition réponde aux exigences de mise en œuvre, notamment pour éviter tout risque de ségrégation et de début de prise avant mise en œuvre.

On prendra également des mesures pour maintenir la température du béton frais dans des limites acceptables ($+ 10^{\circ}\text{C} \leq T \leq + 25^{\circ}\text{C}$, pendant le bétonnage sur le chantier). Il faut également veiller à ce que sa composition soit maintenue constante pendant toute la durée du bétonnage, conformément à la norme ENV 13670-1.

Il est recommandé, pour les murs de grande hauteur, de couler le béton à partir de gouttes équipées d'un tube à introduire dans le coffrage afin de réduire la hauteur de chute

libre. Cela permet de guider le béton le plus bas possible dans le coffrage et d'éviter la ségrégation du béton.

11.1.3 Mise en œuvre du béton

La mise en œuvre du béton doit être réalisée selon les règles de l'art en vigueur dans le domaine de la construction, le compactage du béton est réalisé à l'aide d'une aiguille vibrante à introduire dans le béton. La vibration doit être continue. L'intensité et la durée du compactage doivent être adaptées à la consistance du béton afin d'éviter la formation de nids de gravier en cas de vibration insuffisante. Inversement, il faut également éviter une vibration trop intensive du béton afin de ne pas provoquer une ségrégation du béton qui induirait une remontée de l'eau de gâchage. Il faut veiller à ce que les incorporés ne soient pas touchés par l'appareil vibrant.

Pour répondre aux exigences de qualité, la hauteur maximale des couches de béton à vibrer doit être limitée à 60 cm.

Il est recommandé de bétonner les murs toute hauteur lors d'une seule étape de bétonnage afin de ne pas avoir de joint de reprise de bétonnage horizontal dans les murs.

Il est recommandé de réaliser le radier en béton sans adjuvants ni additifs (monobéton).

11.1.4 Cure

La cure du béton réalisée correctement est très importante pour obtenir un béton étanche exempt de fissures et avec une surface aussi lisse que possible. Le béton doit être maintenu humide immédiatement après sa mise en place pendant 14 jours sans interruption. De bons résultats ont été obtenus en vaporisant le béton préalablement recouvert d'un film plastique, d'une natte ou d'une toile de jute. La durée des mesures de maintien de l'humidité doit être adaptée au comportement de retrait attendu en ce qui concerne les étapes de bétonnage/les couloirs de retrait.

Il faut veiller à éviter de trop grands changements de température lors de l'arrosage des éléments de construction fraîchement décoffrés avec de l'eau trop froide. Pour cette raison, il peut être judicieux de à asperger l'élément encore coffré, tout de suite après le bétonnage.

11.1.5 Décoffrage

Le décoffrage des murs ne peut se faire qu'après un temps de prise ou de durcissement suffisamment long, compte tenu du choix du ciment et des conditions climatiques. On veillera à éviter autant que possible les chocs thermiques et on s'assurera également que la résistance du béton est suffisante au moment du décoffrage. Cette précaution est nécessaire afin d'assurer la qualité, l'étanchéité et la durabilité de la surface du béton.

Il est recommandé de ne pas décoffrer les murs avant 24 heures en été et 48 heures en hiver.

Lors du décoffrage, on veillera en outre à ne pas donner de chocs, ni à trop ébranler les écarteurs de coffrage, afin de ne pas porter préjudice aux dispositifs d'étanchéité (diaphragmes) dont ils sont munis.

11.1.6 Examen

En plus des contrôles habituels du plan de contrôle (voir chapitre 10.2 et annexe 3), il est recommandé d'effectuer les contrôles suivants pour évaluer la bien-façon des surfaces en contact avec l'eau :

Planéité

Pour la réalisation d'un nouveau revêtement de surface à la main (compactage, lissage et ponçage), on tolérera un écart de planéité de maximum ± 5 mm sur une distance de 2 m selon la Norme DIN 18202.

Porosité de surface

La porosité de surface peut être évaluée en observant les pores sur une surface de 500 x 500 mm. Les pores d'un diamètre de 2 à 15 mm doivent être pris en compte. La surface de ces pores ne doit pas dépasser 1% de la surface observée. Le nombre de pores d'un diamètre supérieur à 10 mm et inférieur ou égal à 15 mm ne doit pas dépasser 1 pour 4 m² (surface d'observation de 2 x 2 m).

Étanchéité

Contrôle à réaliser selon le chapitre 11.4.2.

11.2 Construction en béton préfabriqué

La construction de réservoirs à partir d'éléments préfabriqués entre en ligne de compte avant tout pour les petits réservoirs. En général, les réservoirs en éléments préfabriqués sont soumis aux mêmes prescriptions que les réservoirs bétonnés sur place. Il convient toutefois d'être particulièrement prudent lors de la réalisation des détails des joints.

11.2.1 Armatures

Il veillera à ce que l'enrobage minimal des armatures valable pour le béton coulé sur place soit également respecté pour les éléments préfabriqués même si les ceux-ci sont plus minces que les éléments coulés sur place.

Les détails de raccord des armatures feront l'objet d'une étude spécifique, notamment pour réduire les risques de corrosion.

11.2.2 Montage

Les traversées de mur peuvent déjà être intégrées dans les éléments. Dans ce cas, ils doivent être protégés pendant le transport.

Une attention particulière doit être accordée aux détails des joints et de l'étanchéité. On utilisera des éléments de fixation protégés contre la corrosion et des joints dont l'étanchéité est garantie sur le long terme. Les joints entre les éléments préfabriqués étant toujours des points faibles, il est préférable, pour ce type de construction, de prévoir un revêtement d'étanchéité.

11.2.3 Méthodes de construction

Un soin particulier sera porté à la protection des éléments préfabriqués lors de leur transport, déchargement sur le chantier et pose. Lors du transport, du déchargement sur le chantier et de la pose, il convient d'accorder une attention particulière à la protection des éléments. A cet effet, il convient d'éviter tout stockage intermédiaire. Le lieu de montage doit être soigneusement préparé avant la livraison des éléments, spécifiquement en cas

de construction mixte (radier coulé en place, murs en éléments préfabriqués). La stabilité des éléments en place sera assurée à chaque phase de la construction.

11.3 Constructions en d'autres matériaux

11.3.1 Réservoirs en acier

Les réservoirs en acier peuvent être réalisés de différentes manières, soit à partir de tôles laminées boulonnées ou soudées, soit à partir de tôles embouties soudées.

En raison des conditions climatiques, les réservoirs métalliques hors-sol ne sont pas recommandés en Suisse. Ils ont l'avantage d'une mise en place rapide, mais il convient d'être attentif à la qualité des soudures réalisées sur place, à la stabilité du réservoir et à la protection contre la corrosion. Pour les réservoirs en tôles soudées, le contrôle de la qualité des soudures est prioritaire afin de garantir l'étanchéité et la longévité de l'ouvrage.

Dans le cas de réservoirs en plaques boulonnées, il convient de veiller particulièrement à la qualité du boulonnage, la mise en place des bandes d'étanchéité, la qualité des boulons et des écrous ainsi que la précision du travail des monteurs.

11.3.2 Réservoirs en matière synthétique

Les réservoirs en matière synthétique sont en général de petite dimension. Afin de les protéger des rayonnements UV, ils doivent être soit enterrés, soit installés à l'intérieur d'un bâtiment. Ils peuvent être réalisés à partir de plusieurs éléments assemblés sur place. Il conviendra alors de veiller à la qualité du montage et à l'étanchéité des joints.

Une attention particulière doit être portée à la qualité du support ou lit de pose, qui ne doit pas présenter d'aspérités ainsi qu'à la protection des éléments contre les chocs lors du transport, du montage et pendant toute la durée de vie du réservoir.

11.4 Réception et mise en service

11.4.1 Généralités

Avant la mise en service du réservoir, l'exploitant doit s'assurer que les travaux ont été réalisés conformément au contrat. Pour ce faire, il est recommandé de procéder à une réception en plusieurs étapes, en réalisant des réceptions partielles pour chaque type de prestations.

La mise en service proprement dite suit les étapes suivantes :

- Le cas échéant, vérification des mouvements de l'ouvrage pendant le remplissage des cuves pour le contrôle d'étanchéité ;
- Test d'étanchéité ;
- Nettoyage et désinfection ;
- Prise d'échantillons d'eau pour vérifier la qualité de l'eau potable ;
- Raccordement au réseau de distribution.

11.4.2 Test d'étanchéité

Après l'achèvement du réservoir, la réception de l'ouvrage par le Maître d'ouvrage n'a lieu qu'après la réussite du test d'étanchéité des différentes cuves. Pour ce contrôle, les murs et la dalles de couverture doivent être visibles (avant remblayage) et librement accessibles.

Les éventuelles mesures des mouvements de l'ouvrage exigées par le concepteur doivent commencer avant le premier remplissage des cuves et se poursuivre jusqu'à ce qu'un état satisfaisant soit atteint.

La procédure pour l'épreuve d'étanchéité pour le radier, les murs et parties mouillées, ainsi que les pertes admissibles doivent être définies par le concepteur (en général, on limite les pertes à moins de $0.3 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{j})$ pendant une période d'essai de 7 jours au maximum). L'abaissement admissible du niveau d'eau est à déterminer par le concepteur.

La dalle de couverture du réservoir doit également être étanche. Le concepteur détermine si le contrôle de l'étanchéité de la dalle de couverture doit être effectué par arrosage continu ou par des tests de mise en eau.

Toute humidité identifiée au niveau des joints ou ailleurs dans l'ouvrage doit être examinée pour déterminer s'il y a un risque de fuite ou d'entrée d'eau ainsi qu'un risque pour la structure porteuse sur le long terme. Si l'épreuve n'est pas satisfaisante, des travaux doivent être réalisés avant de renouveler l'épreuve.

Murs et radier

La procédure d'épreuve pour les murs et le radier de la cuve doit comprendre au moins les opérations suivantes :

Préparation après l'achèvement des travaux de construction :

- S'assurer que les dispositifs de vidange sont disponibles ;
- Nettoyer minutieusement toutes les surfaces intérieures ;
- Isoler et sécuriser toute la tuyauterie d'arrivée et de départ ;
- Remplir la cuve lentement jusqu'au niveau du trop-plein (1 à 1.5 m/j), des installations spéciales peuvent être nécessaires à cet effet. Pour les réservoirs de réseau, il convient d'utiliser de l'eau potable.
- Le cas échéant, laisser un délai d'absorption pour permettre aux surface mouillées d'atteindre la saturation et rétablir si nécessaire le niveau d'eau à la fin de de cette période.

Réalisation de l'épreuve :

- Relever le niveau d'eau au début de l'épreuve par rapport à un repère fixe (attention à la résolution des appareils de mesure) ;
- Observer le système de drainage et, si nécessaire, mesurer le débit d'eau dans les drains ;
- Surveiller le niveau d'eau à intervalles réguliers pendant l'épreuve ;
- Surveiller l'état des surfaces extérieures des cuves, y compris des cloisons de séparation entre cuves, afin de détecter d'éventuelles fuites ;
- Mesurer le niveau d'eau à la fin de l'épreuve ;
- Calculer la perte en eau ;
- Compléter le protocole d'épreuve.

Dalle de couverture/toiture

La procédure d'épreuve pour la dalle de couverture/toiture doit comprendre au moins les opérations suivantes :

Préparation :

- Procéder à la vidange complète de la cuve ;
- Pour les dalles de couverture plates, obturer temporairement les points d'évacuation des eaux de toiture ;
- si nécessaire, prendre toutes les dispositions temporaires pour permettre la mise en eau de la toiture selon prescriptions du concepteur.

Réalisation de l'épreuve :

- Mettre en eau (inonder) ou arroser la dalle de couverture/toiture, selon spécifications du concepteur ;
- Eventuellement et si nécessaire, arroser de manière continue l'ensemble de la dalle/toiture ;
- Surveiller la sous-face de la dalle de couverture afin de détecter d'éventuelles fuites ;
- Compléter le protocole d'épreuve.

Conditions d'une épreuve réussie

L'épreuve d'étanchéité est considérée comme réussie si les conditions suivantes sont remplies :

- aucune fuite d'eau vers l'extérieur n'est visible ;
- pas de tâches permanentes d'humidité ;
- pas de baisse du niveau d'eau pendant la période d'épreuve de maximum 7 jours au-delà de la perte autorisée de $0.3 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{j})$.

Si l'épreuve d'étanchéité n'est pas concluante, des travaux doivent être réalisés et l'épreuve d'étanchéité doit être répétée.

Protocole d'épreuve

Le déroulement et le résultat de l'épreuve doivent être consignés dans un procès-verbal d'épreuve. Le protocole d'épreuve doit être réalisé et conservé sous une forme appropriée. Un exemple de protocole d'épreuve figure à l'Annexe 4 de la présente directive.

11.5 Première mise en service

Avant la première mise en service, les cuves doivent être soigneusement nettoyées et désinfectées (voir Complément 3).

Le réservoir ne doit pas être mis en service tant que les conditions suivantes ne sont pas remplies :

Qualité de l'eau

Immédiatement avant la mise en service du réservoir, on doit s'assurer que la qualité de l'eau dans les cuves, dans la tuyauterie et autres éléments de construction est conforme aux exigences légales.

Une fois le remplissage terminé et après un délai à définir par le concepteur, des échantillons d'eau doivent être prélevés pour analyse bactériologique.

La conformité microbiologique est atteinte si les résultats des prélèvements sont conformes aux exigences légales. Si un échantillon se révèle non conforme, le concepteur ou l'exploitant doit spécifier des actions pour y remédier, afin que la conformité microbiologique soit atteinte.

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau doivent également répondre aux exigences légales pour tous les autres aspects relatifs à la qualité de l'eau, conformément à l'OPBD (Annexes 1 et 2).

12 Exploitation et surveillance

12.1 Accomplissement des tâches opérationnelles

Les réservoirs d'eau potable doivent être facilement accessibles et faire l'objet d'une surveillance, d'une inspection, d'un entretien et d'un nettoyage systématiques pendant toute la durée de leur exploitation. Ils doivent être exploités, surveillés et entretenus de manière à ce que l'eau potable réponde à tout moment aux exigences de qualité et à ce qu'il y ait le moins de perturbations d'exploitation. L'accès n'est autorisé qu'aux personnes ayant une autorisation de travail en bonne et due forme. La condition pour se faire délivrer une telle autorisation sera la connaissance des prescriptions et des mesures, tant de sécurité que d'hygiène.

La surveillance et les prises de mesures nécessaires à l'exploitation ne doivent nécessiter aucune préparation particulière et ne doivent engendrer aucune pollution de l'eau potable.

Définitions et aperçu :

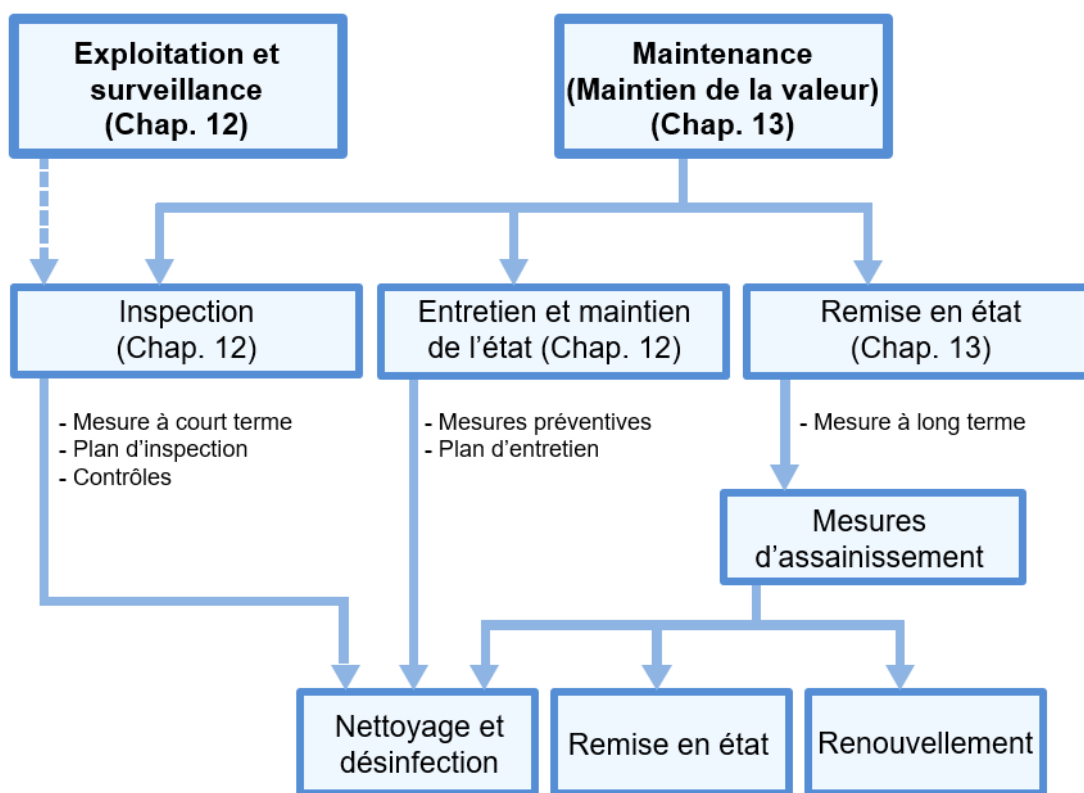


Figure 6 : Représentation schématique des termes liés à l'exploitation et à la maintenance

Le terme générique de maintenance comprend l'inspection/contrôle, l'entretien et la remise en état du réservoir. Le réservoir fera l'objet d'un suivi régulier pendant l'exploitation qui inclut des inspections ainsi que des entretiens réalisés par du personnel. Ce n'est que lorsque des défauts ou des dommages sont constatés que des mesures de remise en état entrent en ligne de compte. Le chapitre 12 décrit les volets « inspection », « entretien » et « nettoyage ». Tous les autres aspects de la maintenance se trouvent au chapitre 13.

- **Inspection ou contrôle**

Évaluation de l'état actuel, contrôle et surveillance du réservoir pour vérifier son bon fonctionnement. Chacune des inspections doit faire l'objet d'une note indiquant l'endroit, la date, l'outil/appareil et les mesures à planifier.

- **Entretien ou maintien de l'état**
Travaux préventifs qui permettent de maintenir le bon fonctionnement de l'ouvrage. cela passe par l'élaboration d'un plan d'entretien, la préparation à la mise en application, la mise en œuvre et le retour sur expérience.
- **Nettoyage et désinfection**
Élimination des dépôts minéraux, dépôts organiques et des résidus de précipitation (calcite, etc) dans les réservoirs d'eau potable.

12.2 Remarques générales

12.2.1 Hygiène

Les travaux d'inspection/de contrôle, de nettoyage et d'entretien ne doivent pas influencer la qualité de l'eau potable. Les matériels de nettoyage, les équipements et les outils doivent être choisis de manière à éviter toute contamination et toute prolifération de microorganismes.

Le personnel doit être sensibilisé aux dangers d'une éventuelle contamination de l'eau de distribution. Les habits de protection utilisés dans les cuves doivent être propres. En particulier, le personnel nettoiera et désinfectera ses bottes en caoutchouc avant d'entrer dans une cuve.

12.2.2 Sécurité au travail

Avant d'entrer dans une cuve, les teneurs en oxygène et éventuellement en autres gaz (CO₂) doivent être mesurées et les valeurs mesurées ne doivent représenter aucun danger. Une surveillance continue devrait être maintenue durant toute la période de travail. Les appareils de détection et de mesure des gaz doivent être contrôlés et étalonnés avant utilisation conformément aux prescriptions du fabricant. La ventilation des cuves doit être suffisante soit de manière naturelle, soit par aération forcée. L'utilisation de moteurs à combustion est à proscrire à l'intérieur d'un réservoir ainsi qu'à proximité d'un accès ou d'une ouverture de ventilation.

Les systèmes de commande et de contrôle à distance, les pompes et les vannes doivent être sécurisés et verrouillés afin d'empêcher toute arrivée d'eau intempestive pendant que le personnel est présent dans la cuve. En cas d'évacuation d'urgence, on installera un treuil de secours au droit des accès verticaux.

L'alimentation d'installations électriques mobiles utilisées à l'intérieur des cuves sera sécurisée par un disjoncteur à courant de défaut (FI). Toutes les entreprises en Suisse sont responsables de la sécurité des travailleurs et de la protection de leur santé. La directive de la Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail (CFST) décrit les devoirs des entreprises. L'exploitant est responsable de la sécurité et de la santé de son personnel. En appliquant la solution de la SVGW pour la branche : Sécurité et protection de la santé dans les entreprises de distribution du gaz et de l'eau, les distributeurs peuvent satisfaire facilement aux exigences de la directive CFST.

Pour effectuer des travaux d'inspection et de maintenance en toute sécurité, il convient de tenir compte des publications de la SUVA suivantes :

- Feuillet d'information SUVA N° 44062 : Travailler en sécurité dans les puits, les fosses ou les canalisations ;
- Liste de contrôle SUVA N° 67023 : Travailleurs isolés.

Le nettoyage des cuves se fait normalement avec de l'eau sans additifs chimiques. Si des produits de nettoyage sont nécessaires pour d'autres travaux, ils doivent être apportés

lors de l'intervention correspondante. Il n'est pas recommandé de stocker des produits de nettoyage ou d'autres substances dangereuses dans le réservoir.

12.3 Contrôles

Des contrôles réguliers et des inspections précoces permettent d'éviter que tous défauts (usures des matériaux et des équipements dues à l'exploitation) ne portent atteinte à la sécurité alimentaire et à la qualité de l'eau potable. L'entretien régulier revêt donc une grande importance.

Une maintenance des réservoirs préventive et orientée en fonction de l'état est recommandée. Cette stratégie tient compte de l'état actuel et de l'évolution projetée de la structure et des installations. Elle permet d'assurer la pérennité à long terme de l'ouvrage tout en visant une utilisation économique des moyens. Le plan de maintenance et d'inspection sert de base et fixe tous les travaux nécessaires à entreprendre.

Des inspections doivent être effectuées après la première mise en service et après de longues périodes d'interruptions de l'exploitation. Un exemple de plan de maintenance et d'inspection qui indique la fréquence des inspections se trouve à l'Annexe 5.

12.3.1 Inspection en cours d'exploitation

L'inspection de cuves en exploitation se limite à des contrôles visuels simples qui seront effectués en règle générale au moins une fois par mois. Les contacts avec l'eau potable doivent être réduits autant que possible, et ceci pour des raisons d'hygiène. S'il existe la possibilité de procéder à un contrôle visuel d'une cuve pleine, on notera la présence de dépôts, de matières en suspension dans l'eau, de turbidité et d'éventuelles colorations. Dans les réservoirs équipés d'installations de mesures en continu, on relèvera les valeurs. On pourra également procéder aux prélèvements pour analyses bactériologiques et chimiques.

Des contrôles réguliers seront également effectués pour les vannes, les installations de ventilation, trop-pleins, drains, portes, fenêtres, installations d'alarme, de mesure, de commande et de transmission. Le contrôle d'installations annexes, telles que la station de pompage et plus particulièrement les installations et appareils de dosage, est à intégrer dans les instructions d'exploitation et checklists correspondantes. Ainsi, une observation ou mesure continue de l'eau de drainage peut donner de bonnes indications concernant les pertes en eau de la cuve.

12.3.2 Inspection lors de la mise hors service

Une inspection approfondie du réservoir vide devrait être effectuée une fois par année. La vidange et la mise hors service de la cuve, plus particulièrement s'il y a une réserve incendie, sont à planifier en accord avec le responsable de la défense incendie. Ces contrôles se feront en période de faible consommation, eu égard à la sécurité d'approvisionnement, afin de disposer de suffisamment de temps pour d'éventuelles remises en état.

Les points suivants devraient être contrôlés lors de la mise hors service:

- Etat sanitaire de la cuve, en particulier, la présence de dépôts organiques ou inorganiques, d'incrustations et de croissance de microorganismes et de biofilms sur toutes les surfaces intérieures des cuves, joints compris. On relèvera aussi le cas échéant la présence d'odeurs. En cas de non-conformité, faire effectuer des prélèvements par un spécialiste, immédiatement après la vidange. Les biofilms et les

zones décolorées ramollies doivent faire l'objet d'un test microscopique de colonisation bactériologique afin de déterminer la procédure de nettoyage et la désinfection éventuelle.

- Etat général des murs, radier, plafond, piliers, etc. en particulier les dégâts touchant la structure ainsi que les défauts tels que trous, fissures, décollements, altération de matériaux, changements de couleur, corrosion, défauts d'étanchéité, etc.

En règle générale, les petits travaux d'entretien tels que le rhabillage de fissures, trous et défauts de revêtement, l'étanchement des joints, le rinçage des drainages et le renouvellement de la protection anticorrosion se feront immédiatement après le contrôle. Les travaux plus importants sont à planifier pour la mise hors service suivante ou en tant que travaux de réparation séparés.

Un exemple de plan d'entretien et d'inspection détaillé figure à l'Annexe 5.

12.4 Impuretés et anomalies fréquents

12.4.1 Accumulations et dépôts minéraux

Graviers et sable peuvent pénétrer dans le réseau de distribution lors de la pose de conduites ou lors de réparations, et passer ensuite dans les cuves où ils se déposent près de l'arrivée d'eau. Ces dépôts sont facilement éliminés à la brosse mais ne doivent pas être envoyés dans la conduite de vidange. Le sable provient le plus souvent de sources ou de puits. Dans le cas d'eau agressive, il peut aussi provenir des matériaux de construction liés au ciment présents dans le réseau et dans la cuve. Les dépôts de sable s'éliminent en règle générale à la brosse ou au jet. L'élimination de sable argileux peut nécessiter l'utilisation d'un appareil à haute pression. Les matériaux argileux proviennent de sources et de puits. On utilisera la brosse ou l'appareil à haute pression en fonction de l'adhérence des dépôts. L'élimination de ces dépôts ne nécessite pas de produit de nettoyage chimique.

12.4.2 Précipitations de fer et de manganèse

Le fer et le manganèse peuvent se trouver à l'état dissous dans une eau pauvre en oxygène. Quand cette eau est aérée ou mélangée à une eau plus riche en oxygène, l'oxyde de fer et de manganèse précipitent. Même dans une eau suffisamment aérée, on trouve encore d'infimes quantités de fer et de manganèse qui peuvent conduire en cours d'exploitation à la formation de dépôts assombrissant les surfaces des cuves. La présence de dépôts gluants, brunâtres ou noirâtres indique la présence de bactéries se nourrissant du fer et du manganèse. Ces dépôts peuvent être enlevés mécaniquement. Il est par contre plus difficile d'enlever les croûtes durcies dans la zone de marnage de la cuve. De plus, le fer et le manganèse peuvent aussi former des incrustations tenaces d'oxydes. Si celles-ci doivent être enlevées, on peut avoir recours à des produits de nettoyage chimiques.

12.4.3 Précipitation du carbonate de calcium

Du carbonate de calcium peut précipiter si l'eau, à son arrivée dans la cuve ou dans les chambres, perd assez de CO₂ pour dépasser le pH d'équilibre (saturation en calcite). Une précipitation de carbonate de calcium peut également se produire à l'aval de rétrécissements, diaphragmes ou autres. Dans des cuves neuves avec un faible renouvellement d'eau, la calcite peut précipiter contre les murs ou sur le radier à cause de l'alcalinité élevée des murs. Les précipitations de calcite dans les cuves directement en aval des stations de décarbonatation ou de correction de pH peuvent avoir les causes les plus diverses. Il s'agit alors d'établir ces causes pour les corriger. Des particules contenant de la calcite peuvent

également provenir de perturbations dans l'exploitation de stations de traitement à l'amont.

12.4.4 Formation de dépôts organiques

Dans certaines conditions, il peut également se former des dépôts organiques dans les cuves.

En règle générale, la présence de dépôts organiques visqueux et gluants est un signe de prolifération microbologique. Ces dépôts gluants sont généralement constitués de colonies de bactéries ou de champignons, qui produisent un gel protecteur et dans lequel sont stockées eau et matières nutritives (sucres et protéines). Ces dépôts peuvent ensuite être colonisés par des organismes plus évolués qui y trouvent un milieu favorable à leur croissance et à leur reproduction. La présence de lumière peut favoriser le développement d'algues photosynthétiques sur les surfaces qu'elles colorent en vert, plus rarement en brun ou en rouge.

Les microorganismes peuvent proliférer entre autres dans des pores, sur des peintures, des feuilles de revêtements et des matériaux de joints organiques, mais également sur du béton, du mortier ou des colles de carrelage contenant des adjonctions organiques. Ces matériaux peuvent contenir et libérer des solvants, des adoucisseurs ou autres adjuvants qui peuvent servir de substrat nutritif aux microorganismes. Du fait que ces proliférations altèrent la qualité de l'eau potable et qu'elles peuvent attaquer les matériaux, elles doivent être considérées comme un défaut.

Les causes de la formation de dépôts organiques peuvent être les suivantes:

- défauts lors de la construction, utilisation de matériaux inadaptés contenant des adjonctions organiques, infraction aux directives de mise en place, etc.
- les conditions d'exploitation et d'environnement, p.ex. arrivée directe de la lumière du jour, ventilation défectueuse ou insuffisante.

De tels dépôts peuvent généralement être facilement éliminés mécaniquement. L'utilisation de désinfectant peut dans certains cas assurer le résultat à long terme. Cependant, aussi longtemps que l'apport de nutriment perdure, le risque d'une recolonisation n'est pas exclu.

12.4.5 Formation de taches

Sur les murs des cuves revêtus d'un revêtement minéral, des taches brunes peuvent apparaître. Ces tâches sont provoquées par une sorte de corrosion (corrosion galvanique dans un matériau inorganique non métallique) comparable à la corrosion par piqûres dans les matériaux passivés. La détection précoce et la mise en place de mesures permettent de stopper la poursuite de la détérioration du revêtement ou de l'armature sous-jacente. La mise en place d'un système de protection cathodique permet de stopper la croissance des taches (voir Annexe 7).

12.5 Nettoyage et désinfection

Un nettoyage approfondi, suivi d'une désinfection soigneuse, doivent impérativement être effectués dans les cas suivants :

- avant la première mise en service ;
- après des travaux d'entretien, de réparation ou de remise en état ;
- lors de la remise en service après des interruptions de service prolongées.

Un nettoyage soigneux sera effectué périodiquement, en règle générale une fois par année (mais au moins tous les deux ans).

Le nettoyage et la désinfection peuvent, s'ils ne sont pas exécutés correctement, mettre en danger le personnel et entraîner des dégradations de l'ouvrage (corrosion et dommages mécaniques), nuire à la qualité de l'eau potable et être source de pollution.

Le Complément 3 contient des informations détaillées sur le nettoyage et la désinfection des réservoirs.

12.5.1 Méthode de nettoyage

Pour nettoyer, il suffit en règle générale de disposer d'eau sous pression et d'appareils mécaniques de nettoyage. On n'utilisera les produits chimiques de nettoyage qu'à titre exceptionnel, puisque ceux-ci attaquent généralement les surfaces à base hydraulique (bétons, mortiers, glaçages). On procédera au nettoyage aussitôt après la vidange, car les dépôts secs sont beaucoup plus difficiles à éliminer.

Les procédés suivants peuvent être envisagés par le nettoyage :

- nettoyage avec des appareils haute pression jusqu'à environ 10 bar (pression du réseau) ;
- nettoyage mécanique à l'aide de brosses ;
- en cas de nécessité absolue, emploi de produits chimiques (voir Complément 3).

12.5.2 Désinfection

Si les techniques de nettoyage ne permettent pas d'obtenir une qualité microbiologique de l'eau irréprochable, les cuves doivent être désinfectées. La désinfection a pour but de tuer ou d'inactiver les micro-organismes potentiellement nuisibles tels que les bactéries, les virus ou les champignons.

Le temps d'action et la manière dont les eaux contenant du produit désinfectant dépendent du type de produit et de sa concentration. Il convient également de tenir compte en particulier des risques potentiels pour l'homme et l'environnement.

Le personnel doit être formé à la manipulation de produits désinfectants et familiarisé avec les mesures de sécurité nécessaires et leur mise en place.

Pour plus de détails sur la désinfection des cuves, se référer au Complément 3.

12.5.3 Évacuation des eaux usées

Lors de l'élimination des eaux usées contenant des désinfectants ou des détergents, il faut veiller à ce que leur déversement ne cause pas de pollutions environnementales (voir Complément 3 pour plus d'informations).

12.6 Remise en service

Avant la remise en service de la cuve et après nettoyage et désinfection, il est recommandé de procéder à des analyses microbiologiques sur l'eau avant qu'elle ne soit envoyée dans le réseau de distribution (des informations plus détaillées sont disponibles dans le Complément 3).

12.7 Exploitation

Le volume contenu dans la cuve doit être suffisamment renouvelé par son exploitation normale (valeur indicative : 2 à 3 jours) afin d'éviter toute prolifération de germes. Si ce n'est pas le cas, on exploitera la cuve avec un niveau d'eau réduit.

La gestion des réservoirs peut être optimisée du point de vue énergétique et de l'exploitation en anticipant les aspects suivants :

- Consommation attendue pour chacune des zones de pression durant le week-end, les vacances, les jours fériés et en fonction des saisons, etc. ;
- Situations particulières, comme les arrêts d'exploitation des usines et les mises hors-service de cuves, les restrictions de consommation, les prélèvements supplémentaires annoncés par les communes partenaires ;
- Aspects économiques, comme la fluctuation des tarifs de l'électricité, la prévention des pics de consommation d'énergie et le fonctionnement des pompes selon leur rendement maximal ;
- Exigences du contrôle de la qualité de l'eau potable.

Le changement climatique augmente continuellement la pression sur la ressource rare qu'est l'eau. Il faut s'attendre à l'avenir à une augmentation des besoins en eau potable pendant les périodes de chaleur et de sécheresse. Dans la gestion des réservoirs, il est possible de tenir compte de cette situation, par exemple en fixant le niveau minimal dans les réservoirs en fonction de la température moyenne prévue.

La simple gestion des réservoirs ne permet toutefois pas de surmonter des périodes plus longues (par exemple en cas de périodes de sécheresse prolongées).

13 Maintenance (maintien de la valeur)

13.1 Définitions et aperçu

Les réservoirs d'eau potable doivent être exploités, surveillés et entretenus de manière à ce que l'eau potable réponde à tout moment aux exigences de qualité et à ce qu'une exploitation aussi peu perturbée que possible soit garantie.

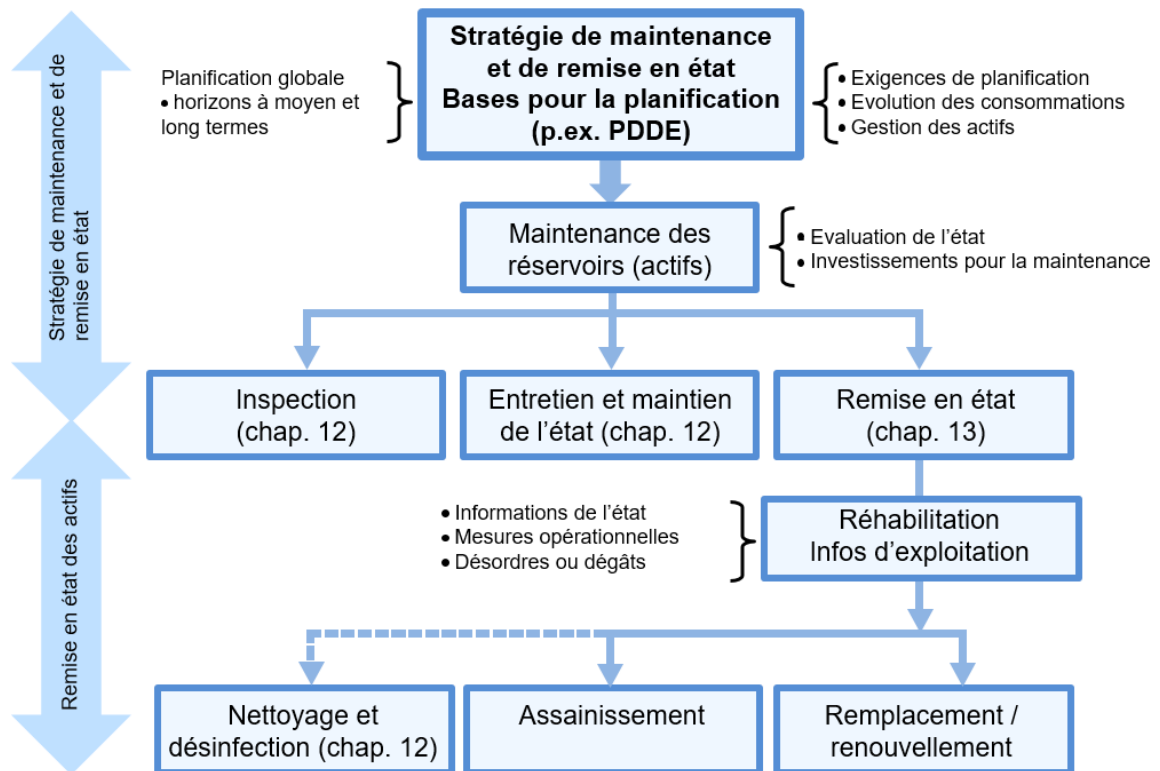


Figure 7 : Eléments de base de la stratégie de maintenance et de la remise en état.

Le terme générique de maintenance recouvre les mesures telles que l'inspection, l'entretien et le maintien de l'état ainsi que la remise en état. Dans l'idéal, l'ordre de ces mesures suit la vie de l'ouvrage. Ce n'est qu'en cas de constatation de défauts majeurs ou de dommages que des mesures de remise en état entrent en ligne de compte.

La remise en état (réparation) comprend des mesures visant à rétablir l'état souhaité. Le concept d'intervention se base sur les résultats des inspections précédentes et définit les mesures de remise en état à réaliser.

Un assainissement va au-delà des tâches de remise en état et peut impliquer des interventions sur la substance même de l'ouvrage.

Le renouvellement complet de l'installation comprend la reconstruction, l'agrandissement de l'ouvrage et de parties de l'ouvrage.

13.2 Principes de base

La présente directive s'applique lors de travaux de maintenance (maintien de l'état) sur des réservoirs existants. Les adaptations des ouvrages aux directives actuelles doivent être effectuées dans la mesure où elles sont considérées comme économiquement acceptables par le planificateur et l'exploitant.

En revanche, lors d'une remise en état ou d'un renouvellement complet de l'ouvrage, les adaptations nécessaires selon les directives actuelles pour garantir la qualité devraient impérativement être réalisées si elles n'impliquant pas de dépenses disproportionnées.

Lors de la planification et de l'exécution de mesures de maintenance, les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- Analyse de l'état et détermination des causes (selon Annexe 6) ;
- Connaissance approfondie des réglementations techniques en vigueur ;
- Choix de matériaux qui sont compatibles avec l'eau potable (relargage de matières polluantes et prolifération de microorganismes) ;
- Respect des règles d'hygiène pendant les travaux dans le réservoir et lors de la mise hors service et de la mise en service ;
- Respect des mesures de protection du travail ;
- Prise en compte des principes de durabilité (Economie circulaire selon la KBOB).

13.3 Cycle de maintenance

La durée d'utilisation économique ou optimale d'un ouvrage équivaut au moment où l'investissement initial et les frais d'entretien et de maintenance courants atteignent un minimum. Le calcul de cette durée d'utilisation optimale nécessite de connaître le montant de la reconstruction du réservoir ainsi que les frais de réparations en fonction du type de dommages et du taux de dommages attendus.

La remise en état permet de ramener l'ouvrage à son état de référence (position A). Si de nouvelles technologies avec une durée d'utilisation prolongée ou optimisée sont utilisées (amélioration ou renouvellement), la durée d'utilisation pour cette partie d'ouvrage peut être augmentée au-delà de 100 % (position B).

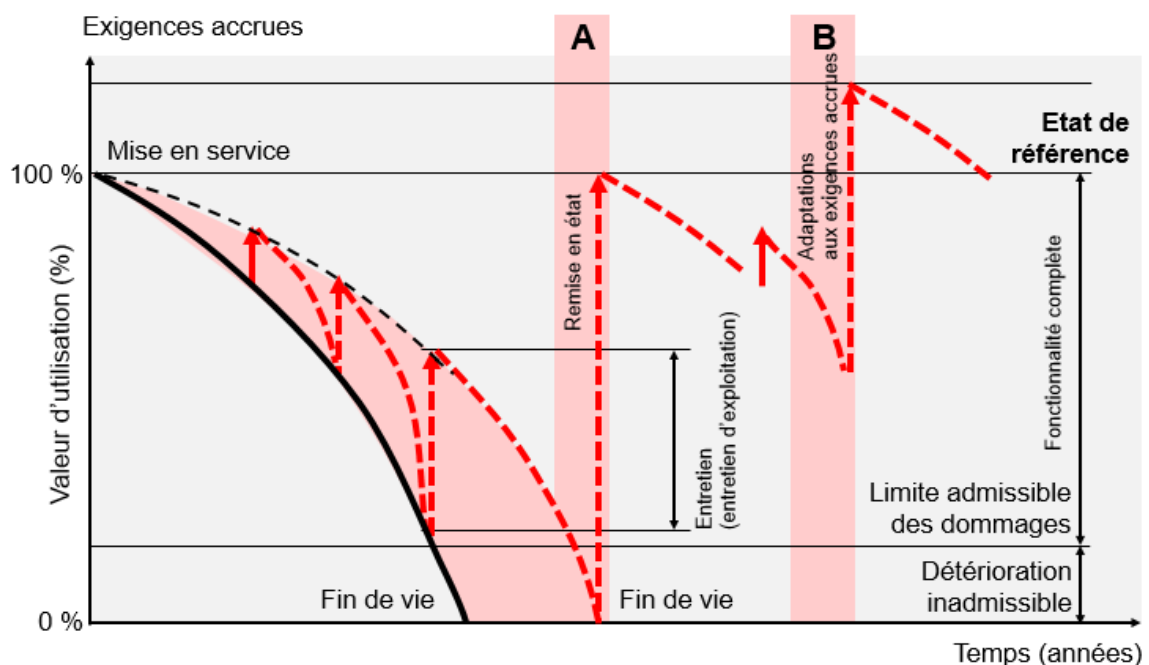


Figure 8 : Évolution de la durée d'utilisation d'un réservoir avec interventions et travaux de maintenance.

13.4 Déroulement de la remise en état

Le déroulement de remises en état de réservoirs suit également les phases de projet de la présente directive. Après une évaluation générale (chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) et une évaluation de l'état/diagnostic de l'ouvrage existant (chapitre 13.4.3), le déroulement des études est identique aux études pour la construction d'un nouveau réservoir en commençant par la phase « planification stratégique » (chapitre 6). En résumé, le déroulement suivant peut être suivi :

1. Vérification du concept d'approvisionnement en eau : existe-t-il un plan général d'approvisionnement en eau (PGA) et celui-ci est-il suffisamment à jour ?
2. Inspection détaillées des cuves vides et nettoyées (selon le problème, l'inspection peut se faire lorsque la cuve n'est pas encore nettoyée).
3. Réalisation d'une évaluation complète de l'état avec liste des défauts (y compris documentation photographique) sur les différentes parties d'ouvrage et d'installations (selon Annexe 6).
4. Détermination des causes selon le chapitre 13.4.4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** pour les défauts qui ne peuvent pas être justifiés par le vieillissement normal de l'ouvrage/des installations.
5. Détermination de l'ampleur des travaux à effectuer sur les différentes parties d'ouvrage/d'installations et leur degré d'urgence.
 - Estimation du montant des travaux.
 - Etablissement d'un programme-cadre pour les travaux de remise en état (priorités) qui servira de base pour le plan des investissements pour l'approvisionnement en eau.
 - Réalisation des projets et obtention des crédits des travaux. Il faut veiller à ce que le délai entre l'élaboration du projet et sa réalisation soit le plus court possible.
 - Appel d'offres et adjudication des travaux à des entreprises spécialisées dans le domaine.
 - Exécution des travaux, en tenant compte des exigences liées à la continuité d'approvisionnement en eau.
 - Mise à jour, éventuellement création d'une documentation complète sur les ouvrages rénovés selon le chapitre 15.

13.4.1 Examen du concept d'approvisionnement en eau

Il convient de vérifier s'il existe un plan général d'approvisionnement en eau (PGA) et si celui-ci est suffisamment à jour. Si cela n'est pas le cas, une planification doit être réalisée ou actualisée. Le but est de définir la configuration nécessaire actuelle et future des réservoirs.

13.4.2 Inspection du réservoir

La remise en état d'un réservoir se base les résultats de l'inspection complète de l'ouvrage existant selon le chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

13.4.3 Evaluation de l'état/diagnostics

L'évaluation de l'état ou le diagnostic de l'ouvrage porte sur l'ensemble des parties d'ouvrage et de l'installation. Chaque partie d'ouvrage et de l'installation est évaluée en détails en fonction de son état, de sa fonction et de sa durée d'utilisation selon la Figure 1.

Il convient d'évaluer les aspects suivants, conformément à l'Annexe 6 :

- Site et installations extérieures ;
- Accès à l'ouvrage ;
- Physique du bâtiment et structure de l'ouvrage ;
- Équipement technique.

Partie d'ouvrage		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Jahre
Structure porteuse		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revêtement des cuves		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Acier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tuyauterie	Acier inox	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Robinetterie	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Serrurerie, portes, socles		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Installations électriques		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pompes, installations UV		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Contrôle-commande		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figure 9 : Durée d'utilisation type des différentes parties d'ouvrage/d'installation du réservoir d'eau potable (Jäckli).

13.4.4 Analyse de l'état et détermination des causes

Une liste détaillée des irrégularités/défauts fréquents et des mesures possibles pour y remédier se trouve à l'Annexe 6 : Analyse de l'état.

Pour les défauts qui ne sont pas dus au vieillissement normal de l'ouvrage/de l'installation, il est nécessaire d'en déterminer les causes. Tant que la cause n'est pas éliminée, il faut s'attendre à ce que le processus de détérioration continue, même après une remise en état.

13.4.5 Mesures d'assainissement/de remise en état

Les mesures d'assainissement doivent avoir pour but d'atteindre un état conforme aux exigences de la présente directive. Elles sont à adapter en fonction de la situation. L'Annexe 5 fournit des conseils pour l'identification et l'évaluation des défauts courants dans les réservoirs d'eau potable.

Les remises en état visant à remédier à une étanchéité insuffisante, à un état de surface ou un recouvrement des armatures insuffisant consiste la plupart du temps à la mise en place d'un nouveau revêtement (soit par la démolition et la réfection du revêtement minéral adhérent soit par l'ajout d'un revêtement non adhérent).

Dans le cas de la mise en place d'un nouveau revêtement adhérent, il est recommandé d'utiliser un revêtement purement minéral en ciment. Un tel système de revêtement garantit une bonne adhérence au support et présente des propriétés sanitaires avantageuses (ne favorise pas la croissance microbienne, car il ne contient pas de composants organiques).

Il existe différents autres système de revêtement des cuves tels que :

- Bâches en plastique ;
- Plaques en plastique ;
- Plaques en acier inoxydable.

Revêtir les cuves de céramique (carrelages) ou de verre n'est pas recommandé pour des raisons techniques et sanitaires, car le mortier d'encollage peut favoriser la prolifération microbologique au niveau des joints et donc une dégradation de la qualité de l'eau.

Les revêtements synthétiques peuvent être sujets à des problèmes de dépolymérisation et à des phénomènes osmotiques qui entraînent la formation de cloques et des décollements. De plus, certains de ces revêtements ont conduits à des croissances biologiques indésirables. Il est donc fortement déconseillé d'utiliser des revêtements synthétiques dans les cuves d'eau potable.

13.5 Revêtement des cuves

13.5.1 Analyse de l'état et choix des matériaux

Une expertise préalable de l'état de la structure doit être réalisée avant tous travaux de remise en état. L'expertise portera sur une évaluation détaillée de l'état de la cuve et une identification des éventuels problèmes structurels. L'expertise devrait également indiquer les mesures de remise en état nécessaires (types et ampleur), y compris les exigences pour la préparation des surfaces (support du nouveau revêtement).

L'expertise devra en outre porter sur le choix des matériaux et leur mise en place. Le choix devra notamment tenir compte de différents facteurs, tels que les conditions de fonctionnement, d'environnement (par exemple la composition physico-chimique de l'eau, la température, les autres influences chimiques, etc.) et la charge prévue. Sur la base de ces informations, il est possible de choisir un matériau approprié qui répond aux exigences de résistance, de rigidité, de résistance à la corrosion et de durabilité.

Il est recommandé de demander des références et de visiter des ouvrages de taille comparable pour lesquels le matériau en question a été mis en place depuis un certain temps. Il convient également d'interroger les exploitants sur la facilité d'entretien, sur les éventuels problèmes rencontrés sur ce matériau, sur leurs causes et sur la manière d'y remédier.

13.5.2 Préparation des surfaces des cuves

Lors de remises en état, on accordera une grande attention à la préparation des surfaces (hydrodémolition, égrésage ou sablage, réparations) qui doit être effectuée dans les règles de l'art. Les anciens revêtements seront complètement éliminés. Les surfaces préparées doivent être exemptes d'éléments friables, satisfaire aux tests d'arrachage et présenter une rugosité suffisante. On veillera à la propreté des surfaces à revêtir. Pour les matériaux exigeant un support humide, le nettoyage final se fera juste avant l'application, avec un appareil de nettoyage à haute pression. Il faudra toutefois veiller à ce que le support soit humide mais pas mouillé. Pour les matériaux exigeant un support sec, un soin particulier sera porté à la protection du mur contre les salissures résultant du chantier. L'état du support doit être contrôlé avant l'application.

13.5.3 Revêtement à base de ciment

Il s'agit de divers revêtements, purement minéraux ou avec composants synthétiques, dont le liant est un ciment hydraulique.

Lors de la mise en place, le béton à revêtir doit être suffisamment humide, afin de ne pas soustraire d'eau d'hydratation au mortier frais. La quantité d'eau de gâchage déterminée lors des essais de convenance ou indiquée par le fournisseur ne doit pas être dépassée ; tout excès favorise une porosité indésirable et nuit à la durabilité du matériau. Il faut éviter un dessèchement du revêtement frais après la pose. On ne se passera de traitement de cure spécifique (protection et humidification, pas de produits) que si des mesures d'humidité de l'air fournissent la preuve que les conditions ambiantes sont suffisantes pour assurer la cure et qu'il n'y ait pas courant d'air. On rappelle que la qualité et la durabilité des surfaces des matériaux à base hydraulique dépendent largement d'une bonne cure.

Lors de la pose de mortiers hydrauliques sur des murs de béton, l'emploi d'une couche d'accrochage (colles organiques) est superflu et doit absolument être évitée. Une telle couche ne remplace ni préparation de surface ni nettoyage corrects et s'est souvent révélée source de problèmes.

Pour tous les matériaux, la pose doit être exécutée selon les règles de l'art. Pour les matériaux minéraux à base hydraulique, les règles sont les mêmes que pour un béton. Les instructions de mise en œuvre prescrites par le fabricant doivent être suivies scrupuleusement. L'annexe 7 traite plus en détail des dommages fréquemment observés sur les revêtements des réservoirs.

Mortier projeté par voie sèche

(Composition: ciment, sable, eau, ajouts par exemple microsilice)

Ce procédé permet d'appliquer des mortiers dépourvus d'adjuvant tout en obtenant des rapports E/C inférieurs à 0.5. Projetés à haute pression en une seule couche, ces mortiers sont bien compactés et présentent des caractéristiques excellentes s'ils sont mis en place par un professionnel expérimenté. Le refus est important, mais ne doit pas dépasser 25 %. Un lissage trop tardif peut fragiliser la surface. Toutes les techniques de projection exigent une aération performante de la zone d'application.

Mortier projeté par voie humide en flux dilué

(Composition: ciment, sable, eau, ajouts par exemple microsilice)

Cette technique permet l'application de mortiers dépourvus d'adjuvants tout en maintenant un rapport E/C choisi de 0.5. La pression de projection étant moindre qu'en voie sèche, la compaction est moins élevée. Là également, la qualité du mortier fini dépend du savoir-faire.

Crépis de ciment

(Composition: ciment, sable et eau)

Dans les cas où la main-d'œuvre expérimentée est encore disponible, on peut réaliser des crépis de ciment multicouches appliqués à la main. Ils se sont souvent révélés satisfaisants à long terme. La qualité du produit fini dépend cependant fortement du savoir-faire du maçon. La compacité et la capillarité de ces crépis sont moyennes. La forte teneur en ciment et le lissage final par un coulis de ciment pur ont toutefois conféré à ce système une durabilité remarquable. L'inconvénient technique essentiel des crépis ciment, mortiers minéraux et mortiers modifiés réside dans la multiplication des couches.

Revêtements purement minéraux

(Composition pas toujours entièrement connue. Les éventuels adjuvants minéraux doivent satisfaire aux exigences sanitaires et microbiologiques)

Respecter les conditions de mise en place telles que spécifiées par le fournisseur. Préférer des entreprises formées sur le produit.

Mortier modifiés à composants synthétiques

(Composition: liant hydraulique, sable, composés synthétiques. Tous les composants doivent satisfaire aux exigences énoncées plus haut)

Certains matériaux à composants organiques se sont révélés insatisfaisants à long terme, montrant des altérations précoces, décollements, cloquages et/ou des proliférations bactériennes, sans qu'il soit absolument clair si la cause est à chercher dans la composition du matériau ou dans la mise en place. Si l'on envisage néanmoins d'utiliser un tel produit, il est important de demander des références avant de choisir le produit et de confier la mise en œuvre à des entreprises spécialisées disposant de main-d'œuvre qualifiée, si possible formée par le fournisseur. Il convient de veiller à ce que les indications livrées par le fournisseur soient suivies scrupuleusement.

13.5.4 Revêtements non adhérents

Bâches et plaques en plastique

Des cuves existantes présentant des fuites peuvent éventuellement être revêtues, sans préparation de surface, de bâches et de plaques de plastiques, assemblées par soudures. Les déchirures y sont réparables, quoique difficiles à détecter. L'eau perdue doit pouvoir être détectée et sa quantité mesurée. Il faut prévoir un système de détection de fuites ainsi que d'évacuation de l'eau perdue qui ne doit pas rejoindre le départ de l'eau potable. Lors du choix du matériau, il faudra tenir compte à sa résistance mécanique.

Ces matériaux doivent satisfaire aux exigences relatives à la prolifération de micro-organismes (voir Complément 1, chap. 5.2.3). Il convient de noter qu'un tel revêtement empêche tout contrôle visuel de l'état de la structure. Il s'agit d'évaluer le risque que cela représente, en fonction des problèmes structuraux de l'ouvrage. L'utilisation de tels systèmes ne permet pas d'améliorer la structure de l'ouvrage, qui doit donc être saine et ne pas présenter de carbonatation, par exemple.

Revêtements en acier inoxydable

Des cuves existantes présentant des fuites peuvent également être revêtues, sans préparation de surface, par des plaques en acier inoxydable (technique existant depuis 1986). Il s'agit de plaques soudables en acier inoxydable CrNiMo qui doivent avoir une épaisseur minimale de 1.5 mm. L'acier utilisé doit répondre aux exigences du règlement ZW102/2 selon le Complément 1 de la présente Directive.

Un soin tout particulier doit être porté à la fixation des plaques et aux travaux de soudure. Il faut prévoir un système de détection des fuites et prendre les mêmes précautions que pour les systèmes à bâches ou plaques en plastique. Le problème de l'impossibilité du contrôle visuel de l'état de la structure est également le même.

13.5.5 Contrôles et garantie

Les problèmes posés par une mauvaise mise en place sont difficilement réparables. Un contrôle en cours d'application est indispensable. Une surveillance externe par un expert est recommandée.

On déterminera à l'avance la qualité du matériau posé et les valeurs des essais qui devront en attester. On fixera également les essais à effectuer en cours d'application. Des essais d'arrachement seront ordonnés pour tous matériaux. Les autres essais dépendront du type de matériau choisi. D'autres prescriptions concernant les matériaux de revêtement et de gainage figurent dans le complément 1 (matériaux en contact avec l'eau potable).

Le contrôle lors de la réception doit être d'autant plus critique qu'il n'existe aucune norme spécifique pour les matériaux. Les éventuelles réserves doivent être consignées par écrit à l'attention de toutes les parties concernées.

La garantie sur les revêtements est fixée selon la Norme SIA 118.

13.6 Remise en service

Avant la remise en service du réservoir, les cuves qui ont fait l'objet de travaux de remise en état doivent être nettoyées et désinfectées selon le chapitre 12.4 de la présente directive.

Une analyse microbiologique est nécessaire avant la mise en service de la cuve.

14 Démantèlement/démolition

14.1 Objectif et exigences

Le projet de démantèlement doit être approuvé par l'autorité compétente et les travaux réalisés doivent être documentés à l'attention de l'autorité.

Au préalable, les installations techniques doivent être mises hors tension et déconnectées du réseau. Tant pour des raisons d'assurance que de sécurité au travail, il est nécessaire de remettre l'installation complètement déconnectée des réseaux communaux à l'entreprise (de démolition). Les machines et installations de chantier doivent répondre aux exigences du chantier de démolition.

En principe, en amont de la déconstruction/démolition, les éléments de construction et d'installation contenant des substances nocives, telles que l'amiante, les HAP et les PCB, doivent être démontés, triés et éliminés séparément, conformément à la législation sur les substances dangereuses et sur les déchets. Un principe de minimisation s'applique ici et les substances nocives doivent être éliminées dans la mesure où cela est techniquement nécessaire.

Les pompes, tuyauteries, câbles et autres installations et pièces d'équipement doivent être retirés et éliminés de manière appropriée. Les conduites enterrées qui ne sont plus nécessaires doivent, dans la mesure du possible, être démontées. Si cela n'est pas possible, elles doivent idéalement être remblayées avec des matériaux qui répondent aux exigences.

La structure des couches de remblayage et les matériaux de remblayage doivent respecter la structure du sous-sol environnant. Les matériaux doivent être non pollués et répondre aux exigences statiques.

14.2 Déroulement

Une déconstruction dans les règles de l'art suit le déroulement suivant :

- Inventaire du bâtiment existant (établissement d'un rapport sur les polluants)
- Établissement d'un concept de démolition. Ce dernier tiendra compte de la législation sur les matériaux de construction, les substances dangereuses et les déchets. La présence d'éléments de constructions contenant des substances nocives aura une influence sur le déroulement, le planning et le coût des travaux.
- Déconstruction sélective avec
 - Démolition du second œuvre et des installations (retour au gros œuvre « nu ») ;
 - Démolition du gros œuvre.
- Élimination des déchets ;
- Prise en compte du sol et du sol de fondation ;
- Mise en forme du terrain et plantations.

15 Documentation

15.1 Documentation de l'ouvrage

Une documentation sur l'ouvrage doit être réalisée pour chaque réservoir après construction. Celle-ci doit être actualisée ou complétée si nécessaire durant la phase d'exploitation. Généralement, la documentation comprend les éléments suivants :

Plans, schémas :

- Plan de l'ouvrage exécutés (plans conformes à l'exécution) avec situation, coupes et vues en plan ;
- Schéma de la tuyauterie et de l'instrumentation (schéma RI) avec dimensions, matériaux et pièces de tuyauterie, robinetterie et instruments de mesure ;
- Plans de la tuyauterie ;
- Plans des installations électriques ;
- Plans de coffrage et d'armature avec listes de fers.

Documentation technique :

- Fiche technique du réservoir avec un résumé des principales données techniques. Par exemple: désignation de l'ouvrage, volume total / utile, altitudes (point bas, départ, arrivée, trop-plein), année de construction, matériaux des surfaces en contact avec l'eau ;
- Convention d'utilisation ou cahier des charges avec la durée d'utilisation convenue, les cas de charge appliqués et les restrictions de charge, le concept d'étanchéité et le concept d'exploitation et de gestion ;
- Vérification hydraulique pour les conduites de raccordement au réseau, les conduites de trop-plein et les conduites de vidange ;
- Vérification contre les coups de bélier ;
- Vérification statique de la structure porteuse, y compris vérification de la sécurité sismique ;
- Vérification statique de la tuyauterie et fixations (conduites dans les cuves et la chambre des vannes)
- Vérification statique des conduites de raccordement enterrées ;
- Concept de sécurité avec indications sur la protection incendie, les voies d'évacuation, la protection et la sécurité au travail (sols, construction métallique, ventilation, premiers secours) ;
- justificatifs du choix des matériaux et certificats ou attestations de conformité ;
- Documents relatifs aux techniques de mesure, de commande et de régulation (documents MCR).

Réceptions, documentation de l'exécution des travaux

- Relevé cadastral ;
- Procès-verbaux de réception et de contrôles (test d'étanchéité, essais sur les matériaux, réception des armatures, procès-verbal de réception finale, y compris durée de garantie, etc.)
- Rapports d'analyse dans le cadre de l'assurance qualité ;

- Résultats des analyses chimiques et microbiologiques avant (re)mise en service ;
- Documentation photographique du chantier avec illustrations des principales étapes de construction ;
- Les éléments de précontrainte doivent être marqués sur place (protection contre les dommages en cas de rénovation).

Instructions de montage, instructions de service, modes d'emploi et prescriptions de maintenance pour :

- composants techniques de construction
- Surfaces en contact avec l'eau ;
- Equipements techniques (tuyauterie, robinetterie, ventilation, etc.) ;
- Technique de mesure, de commande et de régulation (technique MCR).

Autorisations

- Permis de construire ;
- Autorisation de déversement.

Terrain, cadastre

- Contrats de propriété, de location, de bail ;
- Inscriptions au registre foncier ;
- Servitudes.

Contrats d'approvisionnement et d'évacuation (électricité, eau, eaux usées)

- Contrats de raccordement au réseau ;
- Contrats de fourniture d'électricité.

Pour les réservoirs existants, il est fréquent que tous les documents ne soient pas disponibles. Une vérification et un classement des documents existants dans le dossier de l'ouvrage sont toutefois recommandés pour tous les objets.

15.2 Manuel d'exploitation

Un manuel d'exploitation doit être établi et tenu à jour pour chaque réservoir. Les rapports d'inspection et d'entretien doivent être conservés pendant une période à définir par l'exploitant. En cas de modifications importantes pendant la période d'exploitation, le manuel d'exploitation doit être mis à jour.

Un manuel d'exploitation devrait par exemple contenir les documents suivants :

- Plans d'installation et restrictions de charge ;
- Informations détaillées sur les matériaux des joints, des revêtements, des étanchéités, etc. ;
- Modes d'emploi ;
- Dispositions spéciales pour les conditions d'exploitation exceptionnelles, par exemple en cas d'incendie majeur dans la zone de distribution ;
- Instructions pour la mise hors service du réservoir ;

- Instructions de nettoyage et de désinfection avant la remise en service ;
- Instructions pour l'utilisation et l'entretien de la robinetterie ;
- Instructions pour l'entretien de toutes les autres parties du réservoir, y compris les équipements électriques et hydrauliques et les transmissions à distance ;;
- Rapports d'inspection, de maintenance et d'évènements exceptionnels
- Prescriptions de prévention des accidents ;
- Instructions relatives aux mesures de sécurité ;
- Plans d'utilisation et de sécurité (selon SIA).

16 Dispositions finales

Adaptation au progrès technique

Le Comité de l'Association pour l'eau, le gaz et la chaleur (SVGW) peut faire modifier la présente directive si le progrès technique l'exige. Il peut en tout temps apporter des modifications qui ne touchent pas à des questions fondamentales ou qui ne sont pas en contradiction avec les normes européennes.

Entrée en vigueur

La présente directive a été adoptée par la commission principale de l'eau le XX.XX.XXXX et mise en vigueur par le comité le XX.XX.XXXX.

Annexes

Annexe 1 Exemple d'analyse de la valeur d'usage

Exemple d'analyse de la valeur d'usage pour la comparaison quantitative des 5 variantes de remise en état suivantes :

1. Démolition de l'existant et construction d'un nouveau réservoir sur le site N° 1 ;
2. Démolition de l'existant et construction d'un nouveau réservoir sur le site N° 2 ;
3. Remise en état/assainissement de l'existant ;
4. Démolition de l'existant, ajout sur les pompes d'alimentation du réseau d'un variateur de fréquence et d'une alimentation électrique de secours (alimentation directe à partir du réservoir avec station de pompage)
5. Démolition de l'existant, renonciation au 2^{ème} réservoir dans la même zone de pression. Extension du réseau pour garantir un approvisionnement suffisant en eau d'extinction.

Coût du cycle de vie LCC	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
	Emplacement 1	Emplacement 2	Remise en état	Variateur de fréquence	Extension du réseau
Durée de vie moyenne des investissements [années]	70	70	70	70	70
Taux d'intérêt	3%	3%	3%	3%	3%
Horizon temporel [années]	40	40	40	40	40
Eléments de coûts LCC [CHF/an]	Emplacement 1	Emplacement 2	Remise en état	Variateur de fréquence	Extension du réseau
Coûts d'investissement	148'599	123'749	111'867	179'160	202'010
Coûts d'énergie	9'860	9'850	9'850	10'090	9'000
Coûts d'exploitation	10'030	10'030	10'030	2'310	2'000
Coûts d'entretien de la structure	10'000	10'000	10'000	5'000	5'000
Coûts relatifs aux arrêts, provisions	-	143	2'500	-	2'500
Coûts environnementaux	-	-	-	-	-
Coûts de démontage, démolition et d'évacuation	10'483	10'482	11'334	3'450	-
LCC [CHF/an]	189'000	164'000	156'000	200'000	221'000
Coûts totaux dans 40 ans [CHF]	7'560'000	6'560'000	6'240'000	8'000'000	8'840'000
Coûts relatifs à la variante la plus économique	121%	105%	100%	128%	142%

Figure 10 : Exemple de détermination des coûts du cycle de vie selon la DVGW W618.

	Critères	Pondération	Variante 1 Emplacement 1	Variante 2 Emplacement 2	Variante 3 Remise en état	Variante 4 Variateur de fréquence	Variante 5 Extension du réseau
Coûts 25 %	Faibles Life Cycle Costs (LCC, DVGW W618) y compris coûts d'énergie, d'exploitation, d'entretien, d'arrêt et de démolition	25%	3.4	3.8	4.0	3.2	2.8
Qualité 20 %	Conduites de raccordement du réservoir de faible longueur	10%	1.0	2.4	2.3	4.0	4.0
	Situation centrale du réservoir dans la zone d'approvisionnement	5%	2.0	3.0	3.0	4.0	1.0
	Faible volume de stockage (temps de séjour)	5%	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0
Environnement 20 %	Position du réservoir est conforme à la zone	5%	2.0	2.0	3.0	4.0	4.0
	Patrimoine à protéger peu affectés	4%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Adéquation avec le sol de fondation y compris les eaux souterraines	5%	3.0	2.0	2.0	4.0	4.0
	Risque de crue	3%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Faible impact sur le paysage	3%	2.0	2.5	4.0	4.0	4.0
Exploitation 25 %	Facilité d'accès	3%	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0
	Faible sensibilité aux défaillances, alarmes	5%	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0
	Haute sécurité du système en cas de panne d'une partie de l'installation (robinetterie, conduites, pollution, mauvais manipulation)	9%	4.0	4.0	4.0	2.0	1.5
	Garantie de l'approvisionnement en eau potable en cas de panne de courant	5%	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0
	Exploitation manuelle en cas d'urgence possible	3%	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0
Réalisation 10 %	Bonne exception de la population	4%	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0
	Eloignement et visibilité par les riverains	4%	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0
	Le propriétaire foncier actuel soutient le projet	2%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		100%	3.0	3.3	3.5	3.3	3.2

Figure 11 : Exemple d'analyse de la valeur d'usage
Valeur d'usage : 4 = très bon, 3 = bon, 2 = mauvais, 1 = très mauvais

Objectifs	Pondération	Variante N°				
		1	2	3	4	5
Faibles coûts du cycle de vie (LCC)	25%	3.4	3.8	4.0	3.2	2.8
Qualité de l'eau potable élevée	20%	1.8	2.7	2.6	4.0	3.0
Impacts minimaux sur l'environnement	20%	3.0	2.8	3.3	4.0	4.0
Conditions d'exploitation optimales	25%	4.0	3.9	3.9	2.2	2.9
Projet simple à exécuter	10%	2.4	3.2	3.6	3.6	3.6
Somme	100%	3.1	3.3	3.5	3.3	3.2

Figure 12 : Exemple de comparaison de variantes
Valeur d'usage : 4 = très bon, 3 = bon, 2 = mauvais, 1 = très mauvais

Objectifs	Coûts	Qualité	Exploitation	Moyens
Faibles coûts du cycle de vie (LCC)	60%	5%	5%	25%
Qualité de l'eau potable élevée	20%	60%	20%	20%
Impacts minimaux sur l'environnement	5%	5%	5%	20%
Conditions d'exploitation optimales	5%	25%	60%	25%
Projet simple à exécuter	10%	5%	10%	10%
Somme	100%	100%	100%	100%
Variante 1 (nouvelle construction emplacement 1)	3.0	2.5	3.3	3.1
Variante 2 (nouvelle construction emplacement 2)	3.6	3.1	3.5	3.3
Variante 3 (remise en état de l'existant)	3.5	3.1	3.5	3.3
Variante 4 (abandon rés., pompes avec var. de fréquence)	3.4	3.5	2.8	3.3
Variante 5 (abandon réservoir, extension réseau)	3.0	3.0	3.0	3.2

Figure 13 : Exemple d'analyse de sensibilité
Valeur d'usage : 4 = très bon, 3 = bon, 2 = mauvais, 1 = très mauvais

Annexe 2 Exemple de réalisation

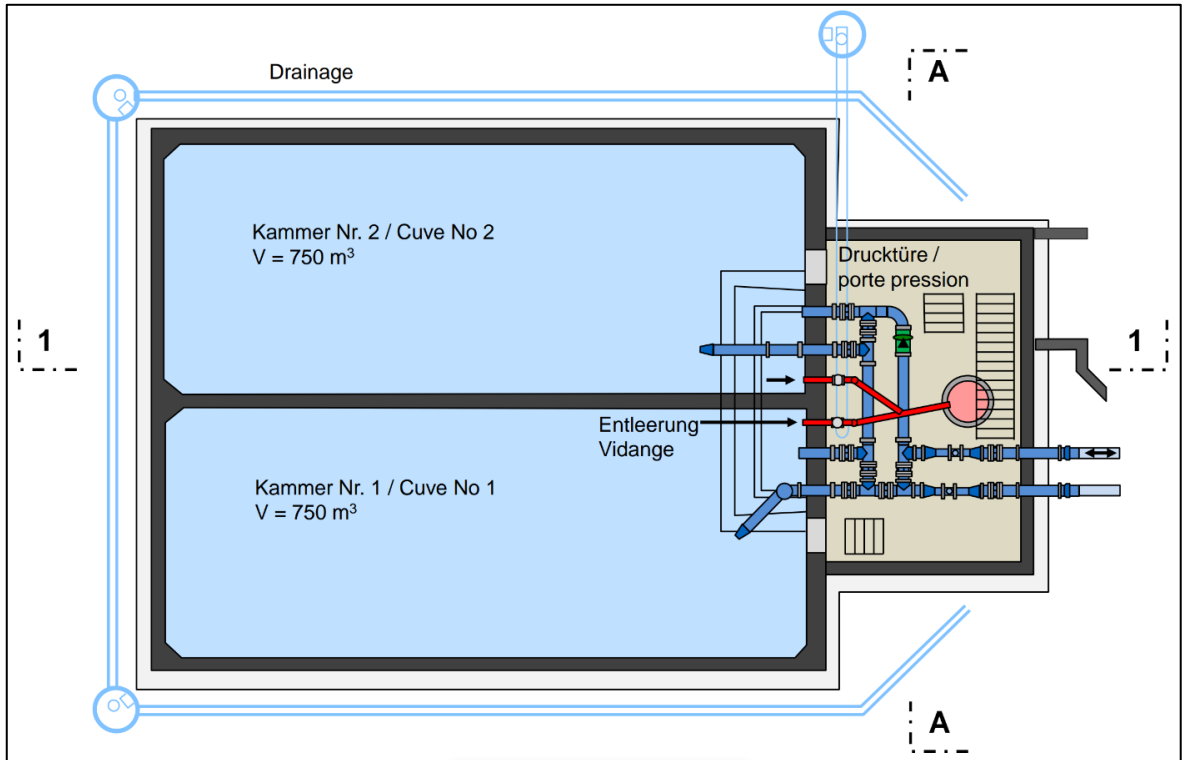


Figure 14 Exemple d'un réservoir, Plan

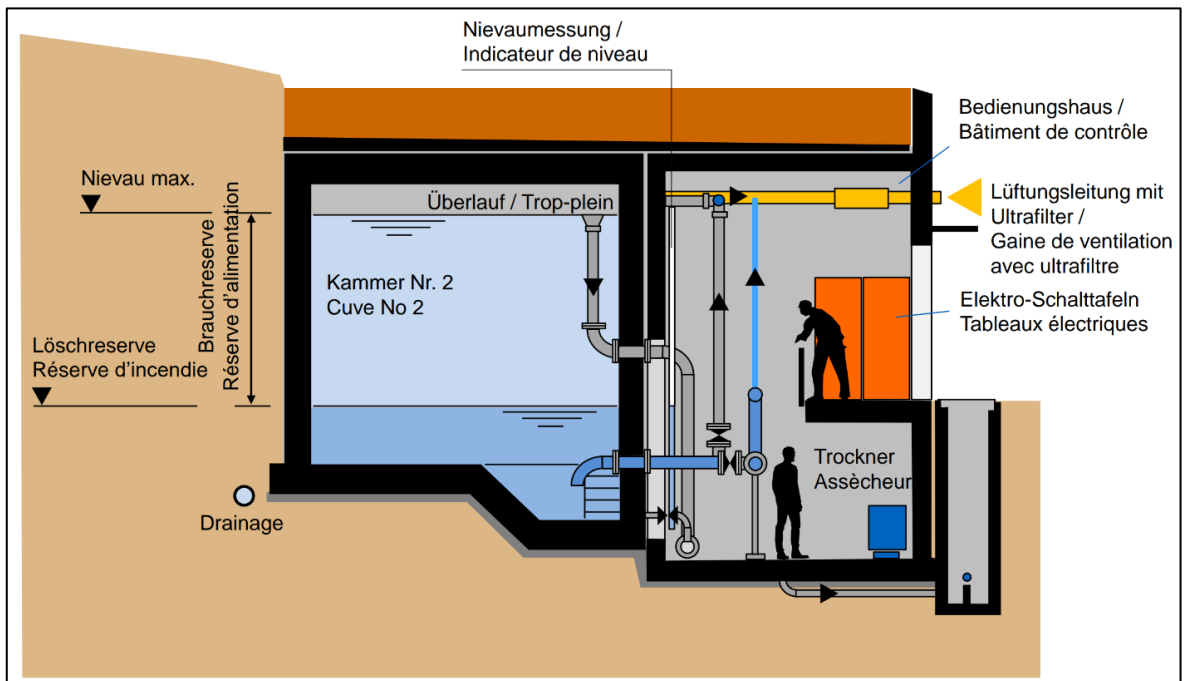


Figure 15 Exemple d'un réservoir, Coupe A-A

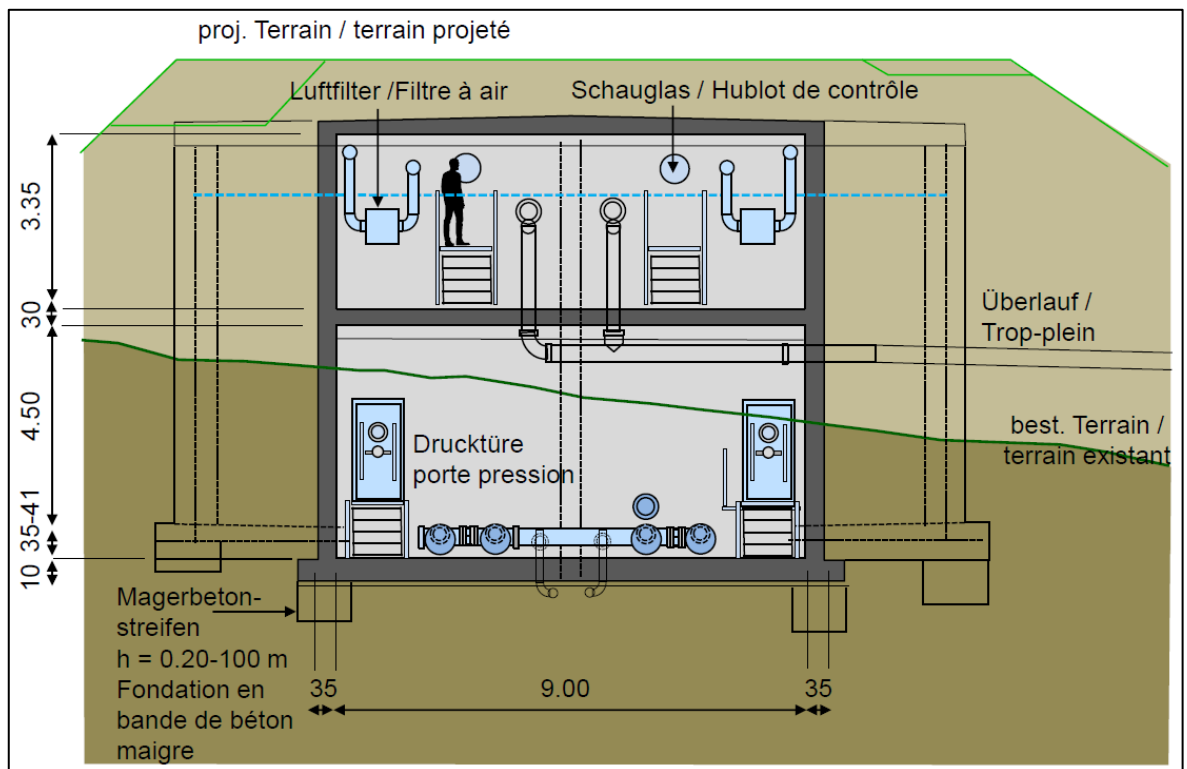


Figure 16 Exemple d'un réservoir, Coup B-B

Annexe 3 Exemple de plan de contrôle

Tests et contrôles pour les nouvelles constructions

Pour les nouvelles constructions, il est recommandé de réaliser les tests et contrôles suivants :

a) Béton

Essais et contrôles en centrale à béton (essais préliminaires) :

- Essais pour la détermination du retrait , essais de résistance à la carbonatation de la recette de béton;
- Protocole de production par lot avec : origine du sable/gravier, courbe granulométrique, adjuvants, ciment, dosage, qualité et ajout d'eau.

Essais et contrôles sur chantier :

- Contrôle du béton frais :
 - Mesure de la consistance,
 - Facteur e/c,
 - Teneur en air occlus,
 - Masse volumique.
- Essais sur béton durci :
 - Porosité capillaire et porosité totale,
 - Profondeur de pénétration d'eau sous pression selon SN EN 12390-8, SIA 272,
 - Résistance à la compression sur cube.
- Contrôle visuel des surfaces en béton :
 - Absence de cavités ou de pores : il est recommandé de réaliser le contrôle visuel des pores sur surface d'essai de 500 x 500 mm. Les pores d'un diamètre de 2 à 15 mm doivent être pris en compte. La surface de ces pores ne doit pas dépasser 1% de la surface observée. Le nombre de pores d'un diamètre supérieur à 10 mm et inférieur ou égal à 15 mm ne doit pas dépasser 1 pour 4 m² (surface d'observation de 2 x 2 m).
 - Planéité : pour l'évaluation des surfaces en contact avec l'eau, la tolérance admissible suivante est recommandée. Pour la réalisation d'un nouveau revêtement de surface à la main (compactage, lissage et ponçage), on tolérera un écart de planéité de maximum ± 5 mm sur une distance de 2 m selon la Norme DIN 18202.

b) Coffrage

- Contrôle des cotes ;
- Type de coffrage ;
- Présence ou non de natte de coffrage et maintien de la natte ;
- Propreté du coffrage ;
- Supports/poutrelles de répartition ;
- Etanchéité ;
- Points d'attache.

c) Armatures

- Diamètre ;

- Espacement, nombre, longueur d'ancrage ;
 - Qualité ;
 - Epaisseur d'enrobage en béton ;
 - Ligatures d'attache repliés vers l'intérieur ;
 - Armatures de reprise et incorporés (rails Halfen, etc.)
- d) Exécution
- Mise en œuvre :
 - Mise en place,
 - Compactage (aiguille vibrante),
 - Surface après décoffrage.
 - Cure : contrôle quotidien du respect des consignes pendant la durée de cure prescrite.
- e) Contrôle de l'étanchéité des cuves
- Le test d'étanchéité/test de mise en eau doit être effectué conformément aux prescriptions du chapitre 11.4.2.

Tests et contrôles lors de travaux de remise en état de cuves

Lors de la mise en place ou de la réfection du revêtement intérieur (adhérent ou non adhérent), il est recommandé d'effectuer les tests et contrôles suivants :

- f) Revêtement adhérents
- Ancien béton, surface du béton, état du support en béton :
 - En cas de présence de nids de gravier, les enlever et reprofiler ;
 - remplacer ou compléter l'armature corrodée ;
 - Réaliser des essais de préparation du support, déterminer le procédé approprié (sablage, égraisage ou hydrodémolition) ;
 - Test de résistance à l'arrachement du support ;
 - Humidité du support ;
 - Température de surface ;
 - Surface exempte de poussière et de saleté.
 - Revêtement (examen et évaluation selon le chapitre 6.2.1 du Complément 1 de la W6)
 - Épaisseur des couches et du revêtement final ;
 - Planéité (+/- 5mm au moyen d'une latte de 5 m de long) ;
 - Résistance à l'arrachement du revêtement ;
 - Rugosité de la surface ;
 - Profondeur du front de carbonisation ;
 - Sur carotte : volume total des pores et résistance à la compression après 28 jours, teneur en hydroxyde de calcium, teneur en carbonate de calcium, répartition de la taille des pores.
 - Cure : contrôle quotidien du respect des consignes pendant la durée de cure prescrite.
- g) Revêtements non adhérents

Les preuves des essais et des contrôles doivent être apportées par le fabricant au moyen de déclarations de conformité valables et délivrées par un organisme accrédité, ou par une déclaration du fabricant.

Les essais et contrôles nécessaires/recommandés concernant l'aptitude à l'hygiène, la durabilité, l'étanchéité ainsi que la protection contre la corrosion de l'armature sont résumés dans le Complément 1 de la W6 :

- Bâches plastiques : selon chap. 6.2.2 (W6/C1)
- Panneaux en plastique : selon chap. 6.2.3 (W6/C1)
- Plaques en acier inoxydable : selon chap. 6.2.4 (W6/C1)

Annexe 4 Protocole de l'essai d'étanchéité de la cuve

Réservoir:

1 - Maître d'ouvrage: Entreprise:

2 - Construction (dates) de: à:

3 - Nombre de cuves:

4 - Détails techniques (pour chaque cuve)

Volume d'eau stockée: m³

Capacité: m³

Hauteur d'eau maximale: m

Surface d'eau: m²

Surface mouillée: m²

Diamètre de conduite:

Sortie: DN

Vidange: DN

Trop plein: DN

Autres: DN

Types et état des surfaces au moment de l'épreuve d'étanchéité:

Parois:

Radier:

Toiture :

Poteaux:

5 - Epreuve d'étanchéité :

Sécurité contre l'exploitation sans autorisation

Composant	Fermé	Scellé	Plaque pleine
Entrée			
Vannes d'arrivée DN			
Vannes de sortie DN			
Vannes de vidange DN			
Autres			

Mesures: Températures maximale et minimale pendant l'épreuve :

à l'extérieur :

à l'intérieur :

de l'eau :

Rapport d'épreuve					
	Début		Fin	Durée	Signature
	date	heure	date	heure	
Remplissage initial				Jours	
Lecture sur échelle ou		mm	mm	Différence	mm
Jaugeage à partir d'un repère		mm	mm	Différence	mm

6 - Résultat de l'inspection visuelle:

.....
.....
.....

Notes:
(exemples : localisations, causes, étanchement de fuites, épreuves répétées)

.....
.....
.....
.....

7 - Evaluation:

Les épreuves d'étanchéité ont/n'ont pas été passées avec succès.

.....

Maître d'ouvrage	Entreprise	Maître d'oeuvre
.....
Lieu, Date	Lieu, Date	Lieu, Date
.....
Signature	Signature	Signature

Figure 17 Exemple de protocole du test d'étanchéité

Annexe 5 Exemple de plan de maintenance et d'inspection (selon DVGW W300-2)

Tableau 1 - Installations extérieures

N°	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures d'entretien
1.	Signalisation, étiquetage, marquage	<ul style="list-style-type: none"> · Présence · Facilité de recherche · Lisibilité · Exactitude des informations · État 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · Correction · Remplacement
2.	Chambre/puits et leurs équipements	<ul style="list-style-type: none"> · Emplacement connu · Accessibilité · Vérification de la qualité de l'air · Dommages et corrosion sur les échelles, les couvercles, les portes, les ouvertures d'aération et la structure · Étanchéité à l'eau · État et propreté de l'ouvrage · Contrôle du fonctionnement de l'air entrant et sortant · État de l'isolation thermique · État des mesures de protection supplémentaires contre la pénétration de la saleté, des petits organismes et de l'eau de pluie 	<ul style="list-style-type: none"> · Débroussaillage · Réparation de la protection contre la corrosion · Nettoyage · Graissage du couvercle · Vidange (par pompage)
3.	Filtre à particules	<ul style="list-style-type: none"> · Étanchéité · Corrosion · Etat du filtre et du joint d'étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> · Retirer et nettoyer le filtre · le cas échéant, remplacement du joint et/ou du filtre
4.	Protection cathodique contre la corrosion	<ul style="list-style-type: none"> · Vérification de la différence de potentiel des tuyaux/du sol · Endommagement de l'installation (protection cathodique) 	<ul style="list-style-type: none"> · Réglage des valeurs de consigne · Entretien selon les indications du fabricant
5.	Terrain extérieur, clôture, chemin d'accès	<ul style="list-style-type: none"> · Taille et hauteur de la végétation · Accessibilité · Bois mort · Dégâts dus à la tempête · Déchets · Endommagement de la clôture 	<ul style="list-style-type: none"> · Entretien des espaces verts · le cas échéant, taille · Nettoyage

Tableau 2 - Bâtiments

N°	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures d'entretien
1.	Porte	<ul style="list-style-type: none">· Étanchéité· Fonctionnement· Corrosion· État· Dommages	<ul style="list-style-type: none">· Réparation de la protection contre la corrosion· Nettoyage· Graissage· le cas échéant, renouvellement du système de fermeture· le cas échéant, remplacement du joint
2.	Façades	<ul style="list-style-type: none">· Dommages· Fissures· Altérations (humidité, moisissures)	<ul style="list-style-type: none">· Nettoyage
3.	Toiture	<ul style="list-style-type: none">· Dommages· Fissures· Altérations	<ul style="list-style-type: none">· Nettoyage
4.	Fenêtres, autres ouvertures	<ul style="list-style-type: none">· Étanchéité· Fonctionnement· Corrosion· État	<ul style="list-style-type: none">· Réparation de la protection contre la corrosion· Nettoyage· Graissage· le cas échéant, remplacement du joint
5.	Chambre des vannes	<ul style="list-style-type: none">· Propreté· Dommages· Fissures· Altérations	<ul style="list-style-type: none">· Nettoyage
6.	Aération/ventilation	<ul style="list-style-type: none">· Protection contre le sabotage	<ul style="list-style-type: none">· Contrôle et éventuellement réparation

Tableau 3 - Cuve

N°	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures de maintenance
1.	Porte étanche	<ul style="list-style-type: none"> · Étanchéité · Fonctionnement · Corrosion · État 	<ul style="list-style-type: none"> · Réparation de la protection contre la corrosion · Nettoyage · Graissage · le cas échéant, renouvellement du système de fermeture · le cas échéant, remplacement du joint
2.	Aération/ventilation	<ul style="list-style-type: none"> · État des filtres · Dommages · Fissures 	<ul style="list-style-type: none"> · Remplacement du filtre · Elimination de l'eau de condensation
3.	Trop-plein	<ul style="list-style-type: none"> · Contrôle du trop-plein · Fonctionnement (par mise en service) 	<ul style="list-style-type: none"> · Remplacement du joint · Nettoyage
4.	Conduites dans la cuve	<ul style="list-style-type: none"> · Contrôle des conduites d'entrée et de sortie · Contrôle de la vidange · Étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage
5.	Joints	<ul style="list-style-type: none"> · Étanchéité · Propreté · État · Formation d'un biofilm 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · Renouvellement^a
6.	Traversées de mur	<ul style="list-style-type: none"> · Étanchéité · Propreté · État 	
7.	Surfaces en contact avec l'eau et plafond	<ul style="list-style-type: none"> · État, contrôle visuel, formation d'un biofilm, phénomènes de corrosion, moisissures : · Étanchéité · Dommages · Fissures · Altérations · Dépôts 	<ul style="list-style-type: none"> · voir le Complément 1 · le cas échéant, petites retouches du revêtement
8.	Drainages par ex. surveillance des systèmes de revêtement non adhérents	Contrôle des infiltrations et enregistrement des quantités, détermination de l'origine de l'eau de drainage/d'infiltration par analyse	

^a Pour les matériaux d'étanchéité élastiques, le risque de prolifération microbienne ne peut jamais être totalement exclu. C'est pourquoi les joints dans le domaine de l'eau potable doivent être contrôlés à intervalles réguliers et, le cas échéant, renouvelés. Lors des opérations régulières de nettoyage, il convient d'accorder une attention particulière aux joints.

Tableau 4 - Équipements techniques

N°.	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures de maintenance
1.	Tuyauterie	<ul style="list-style-type: none"> · Étanchéité · Corrosion · Propreté · Zones de stagnation d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · le cas échéant, renouvellement de la protection anti-corrosion · le cas échéant, resserrage des raccords vissés · le cas échéant, purge des zones de stagnation de l'eau
2.	Robinetterie à commande manuelle	<ul style="list-style-type: none"> · Manœuvres de fermeture et d'ouverture des vannes (au moins course partielle) · Vérification de l'étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · Renouvellement de la protection contre la corrosion · Selon les instructions du fabricant
3.	Robinetterie à commande électrique	<ul style="list-style-type: none"> · Manœuvres de fermeture et d'ouverture des vannes (au moins course partielle) · Vérification de l'étanchéité · Contrôle de la chaîne de fonctionnement de l'ensemble du système (robinetterie, entraînement, commande, transmission, système de contrôle des processus) 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · selon les instructions du fabricant
4.	Dispositif de sécurité en cas de rupture de conduites	<ul style="list-style-type: none"> · Manœuvre de fermeture et d'ouverture (au moins course partielle) · Vérification de l'étanchéité · Contrôle de la chaîne de fonctionnement de l'ensemble du système (robinetterie, entraînement, commande, transmission, système de contrôle des processus) · Contrôle de l'entraînement spécial (par ex. pneumatique) · Vérification de la loi de positionnement complète (si possible) 	<ul style="list-style-type: none"> · selon les instructions du fabricant
5.	Soupape de ventilation et d'aération	<ul style="list-style-type: none"> · Manœuvre de fermeture et d'ouverture (au moins course partielle) · Vérification de l'étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> · selon les instructions du fabricant
6.	Groupes de surpression	<ul style="list-style-type: none"> · voir SVGW W4 	<ul style="list-style-type: none"> · voir SVGW W4
7.	Points de prélèvement	<ul style="list-style-type: none"> · Propreté · Débit 	<ul style="list-style-type: none"> · Nettoyage · Rinçage
8.	Vidange	<ul style="list-style-type: none"> · Contrôle de l'ensemble du système jusqu'au point de déversement dans le canal ou le milieu récepteur · Étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> · Rinçage · Entretien du milieu récepteur

Tableau 5 - Équipements électrotechniques

N°	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures de maintenance
1.	Distribution électrique	<ul style="list-style-type: none">· Dommages· Contrôle du fonctionnement des éléments de sécurité	<ul style="list-style-type: none">· selon les prescriptions d'Electrosuisse
2.	Éclairage	<ul style="list-style-type: none">· Fonctionnement· Dommages	<ul style="list-style-type: none">· changer l'ampoule si nécessaire
3.	Protection du site	<ul style="list-style-type: none">· Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none">· selon les instructions du fabricant
4.	Technique de télégestion	<ul style="list-style-type: none">· Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none">· selon les instructions du fabricant
5.	Installations de ventilation	<ul style="list-style-type: none">· Réglages de la déshumidification	<ul style="list-style-type: none">· selon les instructions du fabricant

Tableau 6 - Équipements de mesure

N°	Partie d'installation, équipement d'exploitation	Mesures d'inspection, contrôle	Mesures de maintenance
1.	dispositifs de mesure analogiques	<ul style="list-style-type: none">· Fonctionnement· Précision de mesure· Plausibilité de la mesure	<ul style="list-style-type: none">· Nettoyage· Étalonnage à la demande· le cas échéant, réparation
2.	équipements de mesure numériques	<ul style="list-style-type: none">· Fonctionnement· Précision de mesure· Plausibilité de la mesure	<ul style="list-style-type: none">· Nettoyage· Étalonnage à la demande· le cas échéant, réparation

Annexe 6 Analyse de l'état (selon DVGW W300-3)

Tableau 1 – Aménagements et installations extérieurs

Annexe	Examen	Référence/remarque
Accès, escaliers, trottoirs	Clarification de la propriété de la parcelle, par exemple publique ou privée État, portance, pente, largeur, évacuation des eaux, risques d'accident	SVGW W6, chapitre 9.3
Talus	Pente, végétation, risques d'accident	SVGW W6, chapitre 9.3
Clôture	Prendre en compte le concept de sécurité de l'exploitant État, hauteur, stabilité	SVGW W6, chapitre 9.3
Plantation	Plantes à racines profondes au niveau des vidanges, preuve de la capacité portante pour les machines d'entretien des espaces verts	SVGW W6, chapitre 9.3
Surfaces	Surfaces de stationnement pour les véhicules d'entretien et les installations de chantier	SVGW W6, chapitre 9.3
Système de drainage, dérivation	Autorisation des autorités, contrôle régulier de l'état	SVGW W6, chapitre 9.3
Éclairage extérieur	Efficacité énergétique, protection contre les actes malveillants, sécurité au travail	SVGW W6, chapitre 9.3

Tableau 2 - Ouvrage

Annexe	Examen	Référence/remarque
Accès à la chambre des vannes	Taille, sécurité au travail, protection du site	SVGW W6, chapitre 9.2
Accès à la cuve	État, disposition, taille, sécurité au travail, protection de l'objet, porte pression, échelle, escalier, étanchéité, possibilité de contrôle visuel de la surface de l'eau	SVGW W6, chapitre 9.2 accès si possible à partir de la chambre des vannes- pas d'accès au-dessus du plan d'eau
Vue sur la surface de l'eau	Visibilité totale, accessibilité depuis la chambre des vannes, disposition, taille de l'ouverture, incidence de la lumière	SVGW W6, chapitre 9.10
Ouvertures de la chambre des vannes	Nombre, nécessité, protection contre les actes malveillants	SVGW W6, chapitre 9.2 Minimisation des ouvertures vers l'extérieur
Ouvertures de la cuve	Nombre, nécessité, protection contre les actes malveillants	SVGW W6, chapitre 9.2 <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'ouvertures vers l'extérieur • Pas d'ouverture au-dessus du plan d'eau • Ouvertures de montage possibles

Tableau 3 – Structure porteuse, aspects constructifs et liés à la physique du bâtiment

Physique du bâtiment/exigence constructive	Examen	Référence/remarque
Étanchéité	Traversées de murs, joints de construction, étanchéité contre les infiltrations d'eau extérieure, sortie des eaux de drainage	SVGW W6, chapitre 9.8
Joints	Nombre, état, contamination, potentiel de germination, circulation d'eau à l'arrière des joints, espaces de stagnation, vieillissement du matériau, nécessité, adéquation hygiénique du matériau avec l'eau potable	SVGW W6, chapitre 9.8
Passages de mur (conduites)	Étanchéité, état, contamination, adéquation hygiénique du matériau avec l'eau potable	SVGW W6, chapitre 9.8
Isolation thermique	État, fonctionnalité, pénétration de l'humidité	SVGW W6, chapitre 9.4
Étanchéité à l'humidité	État, fonctionnalité, croissance de racines	SVGW W6, chapitre 9.4
Sol de fondation	Tassement, fissures, capacité portante, statique	SVGW W6, chapitre 9.6
Drainages, évacuation des eaux	État, fonctionnalité, contamination, causes des fuites d'eau	SVGW W6, chapitre 9.8
Eaux souterraines	Fluctuations des eaux souterraines, nature des eaux souterraines (par ex. capacité de dissolution de la calcite)	
Remblai	Matériau, épaisseur, érosion, végétation	SVGW W6, chapitre 9.8
Surfaces intérieures des cuves en général	état, porosité, fissures, dépôts, décollements, aspect, couverture de béton, alcalinité, anciens revêtements, contamination par des germes, adéquation hygiénique du matériau avec l'eau potable, phénomènes de corrosion, ramollissement, salissure, hydrolyse	SVGW W6, chapitre 9.8
Toitures, plafonds	état, étanchéité	SVGW W6, chapitre 9.8
Sols	état, fissures, joints, pentes, irrégularités	SVGW W6, chapitre 9.8
Murs et poteaux	État, aspect, géométrie, raccordements au plafond et au radier, fissures, capacité portante, statique	SVGW W6, chapitre 9.8

Tableau 4 - Équipement technique

Annexe	Examen	Référence/remarque
Entrée	Dimension, disposition, fonction, robinetterie, prises d'échantillon, matériaux en contact avec l'eau potable	SVGW W6, chapitre 9.11
Conduite de départ	Dimension, disposition, fonction, robinetterie, prises d'échantillon, matériaux en contact avec l'eau potable	SVGW W6, chapitre 9.11
Trop-plein	Dimension, disposition, fonction, robinetterie, matériaux en contact avec l'eau potable, liaison avec les installations ne contenant pas d'eau potable/les installations d'évacuation des eaux, barrière pour les petits animaux et les insectes	SVGW W6, chapitre 9.11 Pas de vanne d'arrêt dans le trop-plein. Pas de connexion directe avec des installations ne contenant pas d'eau potable.
Vidange	Dimension, disposition, fonction, robinetterie, matériaux en contact avec l'eau potable, liaison avec des installations ne contenant pas d'eau potable/les installations d'évacuation des eaux, possibilités d'accès pour les petits animaux et les insectes	SVGW W6, chapitre 9.11
Prises d'échantillons	Nombre, longueur de stagnation, accessibilité, inflammabilité et possibilités de désinfection, présentes pour chaque cuve sur les entrées et les sorties	SVGW W6, chapitre 9.12
Ventilation, protection contre la dépression	Dimension, disposition, fonction, sécurité au travail pour les travaux de maintenance, protection contre les actes malveillants	SVGW W6, chapitre 9.13
Équipement électrotechnique	Faire appel à un électricien spécialisé, tenir compte de la protection contre la foudre	SVGW W6, chapitre 9.13
Protection contre les actes malveillants	Classe de résistance de la porte d'entrée et des ouvertures, nombre, nécessité des ouvertures et, le cas échéant, condamnation de l'ouverture, existence d'un concept de sécurité/analyse des risques, fonctionnement des installations techniques de surveillance existantes (systèmes d'alarme, détecteurs de mouvement, contrôle/contact d'ouverture/de fermeture, etc.)	SVGW W6, chapitre 9.2
Technique de mesure, de commande et de régulation, technique de télégestion	Fonction, nécessité, extensions, programmation	SVGW W6, chapitre 9.12
Autres installations techniques telles que les installations de surpression, les installations de désinfection	Fonction, dimensionnement, commande, rentabilité, matériaux, disposition	SVGW W6, chapitres 9.12, 9.13

Annexe 7 Divers défauts dans les revêtements des cuves de réservoirs

1 Introduction

Différents types de dommages peuvent apparaître sur les revêtements des cuves de réservoirs, avec des causes diverses. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples de dommages avec une description des dommages et de leurs causes.

2 Exemples de défauts sur matériaux minéraux

Outre le vieillissement normal il existe diverses causes de défauts précoces, parmi lesquelles une mise en place ou cure insuffisante, un défaut de composition (alcali-réaction, etc.), une incompatibilité avec la composition de l'eau.

En l'absence de composants organiques, ces altérations ne présentent normalement pas de risques hygiéniques, puisque la croissance bactérienne, faute de nutriments, n'y est pas favorisée.

Des examens détaillés sont recommandés à des intervalles de 5 à 10 ans afin de planifier le moment de l'assainissement.

2.1 Vieillissement de crépis de ciment

L'altération de ce revêtement déjà ancien débute par une dégradation du glaçage de couverture, avec ramollissement et (dé)coloration. Après quelques années le mortier sous-jacent apparaît localement, parfois accompagné de perte de sable qui, cependant, cesse progressivement ici. Il s'agit du vieillissement normal d'un revêtement était constitué de 2 à 3 couches de mortier fortement dosé en ciment et d'une couche millimétrique de laitance de ciment pur en finition. Leur excellente longévité est due à une peau dense à faible porosité, limitant fortement les interactions avec l'eau de la cuve, et à une bonne réserve d'hydratation. A l'origine, le glaçage était pensé comme consommable pouvant être remplacé.

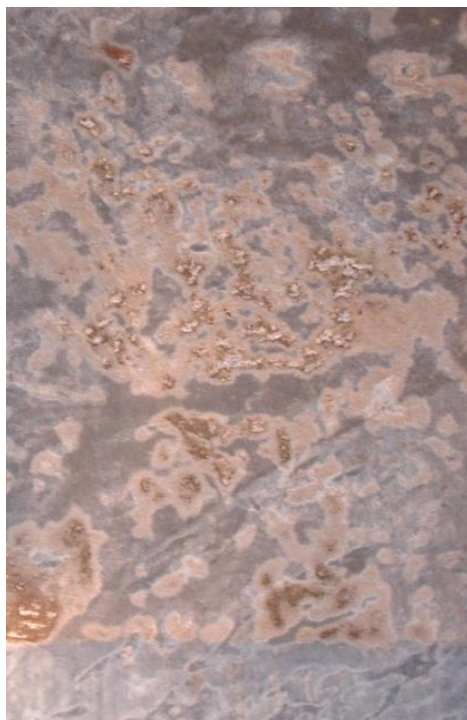


Figure 18 : Altération d'un ancien revêtement.

Comme pour tout revêtement, un contrôle de la fonctionnalité résiduelle doit être envisagé.

2.2 Défauts dus à une mise en place et cure insuffisante



Figure 19 : Altération précoce d'un revêtement minéral récent.

Des altérations tachées qui s'étendent progressivement peuvent constituer un défaut de ce revêtement minéral appliqué par projection en couche mince. Dans de tels cas, le revêtement n'a souvent pas été appliqué dans les règles de l'art.

Le revêtement a été mis en place par une entreprise peu expérimentée et la finition, prévue en "peau d'orange", est devenue un crépi rustique grossier, avec ségrégation entre fines et sable dans les pointes du crépi. Celles-ci ont de plus été fragilisées par de l'eau de condensation durant la période de cure, conduisant à un facteur E/C beaucoup trop élevé. Une surveillance professionnelle continue est donc incontournable durant la cure.

Aucun développement de microorganismes n'est à craindre vu qu'il s'agit d'un produit minéral. Par ailleurs, les analyses minéralogiques effectuées par microscopie sur des carottes ont montré, sous les tâches, une épaisseur résiduelle saine suffisante pour assurer la fonctionnalité du revêtement. Ces analyses sont répétées tous les 10 ans, permettant une prolongation de l'exploitation du revêtement tant que sa fonction est assurée.

3 Exemples de défauts sur matériaux mixtes – Biofilms

Dans certains cas de ramollissement du revêtement, ainsi que dans des salissures visqueuses, certaines colorations remarquables ou taches, des examens microscopiques peuvent révéler la présence de grandes quantités de bactéries, levures, champignons filamenteux, etc. Il s'agit alors de proliférations microbiologiques, ou biofilms, signes d'un apport de substances organiques biodégradables trouvant leur origine dans des matériaux à composants organiques. L'ampleur du développement microbiologique dépend essentiellement de la quantité de nutriments disponibles.

Les microorganismes de ces biofilms sécrètent un gel constitué de protéines et de polysaccharides qui leur assure une protection efficace, en particulier contre la dessiccation et les

produits désinfectants. Les biofilms sont indésirables dans les installations d'eau potable car ils peuvent héberger d'autres microorganismes et macroorganismes indésirables, voire dangereux, et permettre leur multiplication.

3.1 Défauts sur mortier modifié



Figure 20 : Biofilm sur mortier modifié

Les mortiers modifiés contiennent une quantité non négligeable de polymères. Certains de ces polymères se sont révélés instables, induisant une dégradation du revêtement et pouvant libérer des composants organiques biodégradables. En surface, ils sont alors à l'origine de la formation de biofilms (fig. 3).

Pour remédier efficacement à de telles contaminations, il faut en connaître la cause, déterminer la localisation des sources de nutriments et les processus qui sont à l'origine des dommages.

Une réfection implique donc, dans ce cas, le remplacement du revêtement, et ceci après élimination complète des résidus de la couche d'accrochage.

3.2 Défauts lors de réparations et d'étanchéités



Figure 21 biofilm sur étanchéité époxydique

Si des réparations doivent être effectuées (fuites lors de l'installation de portes pression, etc.), il convient d'utiliser à cet effet des matériaux purement minéraux. Même en cas d'utilisation de matériaux synthétiques répondant aux critères de croissance microbologique, une forte croissance biologique peut se produire dans les zones présentant des défauts (fissures), car les substances minérales du béton et les sous-substances organiques des matériaux utilisés s'y mélangent (fig. 4).

C'est pourquoi les matériaux purement minéraux sont à privilégier également pour les réparations. Dans ce cas particulier, les étanchéités ont été entièrement enlevées et les réparations refaites avec un mortier minéral (avec ajout de fumée de silice et un sable à la granulométrie étudiée) (fig. 6).

4 Défauts aux revêtements en résine époxyde

Les défauts très précoces de ce revêtement époxy posé dans une cuve neuve consistent essentiellement en cloquages (fig. 5), mais aussi en zones molles et en suintements gras indiquant des défauts de polymérisation.

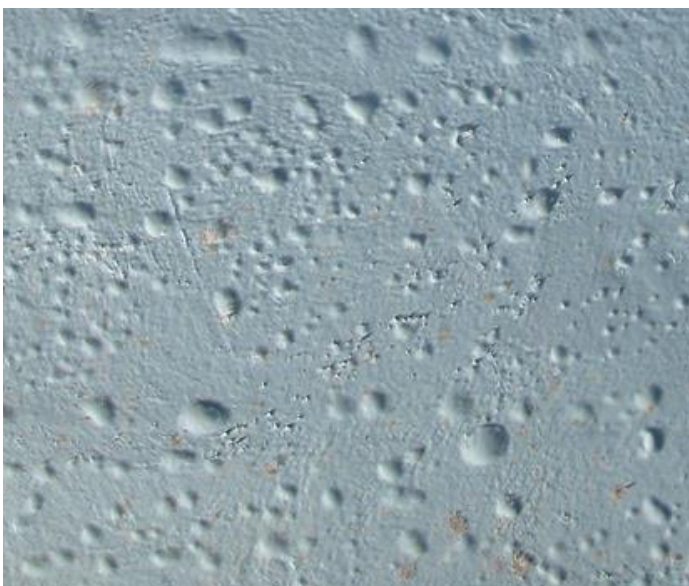


Figure 22 revêtement époxydique cloqué

Les consignes du fournisseur n'avaient pas été toutes respectées lors de la mise en place (déshumidification insuffisante de l'air et du support, épaisseur des couches insuffisante, etc.). Des analyses ont montré que les cloques contenaient des composants issus du revêtement (phénols et BTEX = benzène, toluène, éthylbenzène, xylène) et des composants issus du béton sous-jacent (KOH, NaOH, etc.). La potasse (KOH), présente naturellement dans le béton, catalyse l'hydrolyse de l'époxy et accélère donc son altération. Ce produit semble donc sensible à l'alcalinité du béton en cas de polymérisation incomplète.

Les résines époxy peuvent libérer des bisphénols (un perturbateur endocrinien) et ce matériel d'hydrodémolition a nécessité une mise en décharge spéciale, vu sa teneur en matières organiques.

Comme le mentionne également le complément E1 (matériaux en contact avec l'eau potable), il est fortement déconseillé d'assainir les chambres à eau en les recouvrant de résines époxy.

Annexe 8 Formation de taches dans les cuves

1 Introduction

Une enquête menée en 2011 par l'Association pour l'eau, le gaz et la chaleur SVGW (anciennement Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux) a montré qu'en Suisse, environ 40 % des réservoirs d'eau potable présentent des taches de ramollissement sur les revêtements en mortier de ciment. Ces taches brunes apparaissent souvent après seulement quelques années d'exploitation et peuvent être enlevées sans grand effort à l'aide d'un objet émoussé.

2 Apparence et causes

Dans ce cas, ce n'est pas seulement l'altération visuelle du revêtement minéral qui est frappante, mais des problèmes de résistance mécanique et une perte d'alcalinité du mortier apparaissent également. Il s'agit d'une corrosion galvanique dans un matériau inorganique non métallique, comparable à la corrosion par piqûres dans les matériaux passifs.

On remarque les caractéristiques suivantes lorsqu'il y a formation de ces taches :

- Abaissement du pH dans la zone endommagée ;
- Faible résistance électrique dans la zone endommagée ;
- Haute résistance électrique de la surface intacte ;
- Différence de tension de plus de 100 mV entre la surface intacte et la zone endommagée.

Jusqu'à présent, il n'existe pas de cause reconnue conduisant à cette dissolution du revêtement de mortier.



Figure 23 : Exemple typique de formation de taches dans une chambre à eau

On constate souvent des ramollissements du mortier à proximité d'éléments en acier chromé.

Les différents métaux à l'intérieur de la cuve ou leurs connexions électriques avec l'armature peuvent entraîner une corrosion de l'armature. Celle-ci est stoppée avec le temps, selon la qualité du béton ou du mortier. La passivation des barres d'armature a lieu avec le temps, mais cette même source de tension peut déjà endommager la couche de calcite et favoriser la croissance des taches. Ainsi, les éléments encastrés inoxydables doivent être installés de manière galvaniquement séparée du reste de l'armature.

3 Modèle explicatif du phénomène

La formation de taches fait encore l'objet de recherches et tous les mécanismes ne sont pas encore entièrement élucidés. Le projet FOWA, avec la participation de la Société suisse de protection contre la corrosion, de la Wasserversorgung Zurich et de la Haute école de Rapperswil, s'est penché sur la formation de ces taches et a développé le modèle d'explication suivant :

- La destruction locale de la couche de calcite entraîne le passage d'un courant électrique, cette fuite de courant dans l'eau entraîne la détérioration de la structure du mortier (comparable à une pile).
- L'entrée de courant (à travers une installation de protection cathodique) entraîne une augmentation du pH et une stabilisation de la couche de calcite.

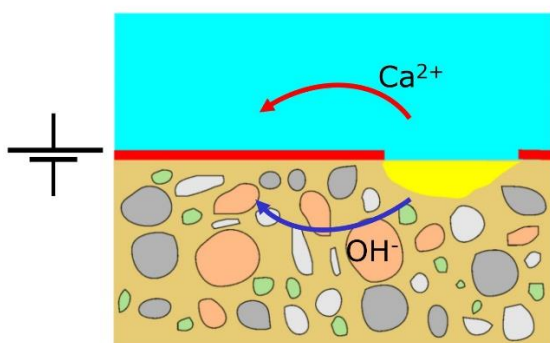


Figure 24 : Modèle de formation des dommages

3 Analyse de l'état d'un réservoir d'eau potable

Si, lors du nettoyage de la cuve, l'exploitant constate l'apparition de phénomènes de corrosion, il doit faire appel à un spécialiste pour analyser la cause de la corrosion.

Lors d'un examen de l'état, les taches dans la cuve sont documentées. Cette documentation permet de déterminer, à intervalles réguliers, lors de visites de la cuve, si les dégâts se sont aggravés et si des mesures sont nécessaires ou à quelle vitesse elles doivent être prises.



Figure 25 : endroit endommagé documenté

Un autre examen qui permet de tirer des conclusions sur les causes de la corrosion est la mesure de la ligne de potentiel. Cette mesure est effectuée sur deux ou plusieurs axes dans l'espace. Les potentiels de corrosion déterminés se rapportent à une électrode de référence. En même temps que le potentiel, on mesure à chaque point de mesure, en court-circuitant le circuit de mesure, le flux de courant entre la surface du réservoir et l'armature.

Si l'on dispose d'une analyse de l'eau avec l'indice de saturation ou la dureté carbonatée et le pH, il est possible d'en déterminer l'équilibre chaux-gaz carbonique, qui donne des informations sur l'agressivité de l'eau (ensablement de la surface du mortier).

Pour éviter la formation de taches, on attribue une grande importance à la couche de carbonate de calcium (calcite) à la surface du mortier. Celle-ci peut freiner fortement le processus de lixiviation, à condition que la couche de calcite soit dense.

Le fait que la formation de calcite, pendant et après le processus de durcissement (lors de la construction ou de l'assainissement de la cuve), puisse se produire est donc d'autant plus important. Si cette formation de couches est perturbée, par exemple par la formation d'eau de condensation, la formation de taches à ces endroits est favorisée. L'indice de saturation de l'eau détermine si de la calcite peut être formée en surface (eau anticalcaire - indice de saturation positif).

Afin de déterminer si la corrosion par contact est présente, les conduites, les portes sous pression et autres éléments métalliques sont contrôlés au niveau des connexions électriques avec l'armature et la compensation de potentiel de la distribution électrique. Les mesures de connexion peuvent être effectuées dans la cuve, ainsi que dans la chambre des vannes.

Pour éviter la corrosion de contact, les métaux impliqués doivent être séparés électriquement. Cela représente toutefois une contradiction avec les mesures de mise à la terre pour la protection des personnes.

D'autres mesures telles que les mesures d'influence et l'enrobage des armatures peuvent aider à trouver la cause du dommage.

Les analyses dans le réservoir d'eau potable nécessitent environ une journée de travail et permettent de formuler des recommandations ainsi que des mesures pour stopper en grande partie les phénomènes de corrosion.

Une mesure possible contre la formation de taches dans la cuve est l'utilisation d'un système de protection cathodique. Le projet de recherche du FOWA (Fonds de recherche sur l'eau) de l'Association pour l'eau, le gaz et la chaleur (SVGW) a pu démontrer que la protection cathodique peut stopper la croissance des taches.

3 Protection cathodique contre la corrosion / installation de protection cathodique

Le fait que le métal le moins noble se sacrifie pour le métal le plus noble peut également être mis à profit. Depuis des années, les chauffe-eau domestiques sont protégés par une anode sacrificielle selon ce principe. Cela ne fonctionne pas seulement dans les chauffe-eau, mais aussi comme protection extérieure pour les conduites en acier à conductivité longitudinale dans le sol, pour les réservoirs en acier des stations d'épuration ou en cas de formation de taches dans le réservoir.

Lorsque les anodes sacrificielles ne suffisent plus, la surface du mortier peut être protégée par une anode à courant imposé. Le courant sortant des anodes circule à travers l'eau vers les zones défectueuses et revient, par exemple à travers l'armature, vers l'appareil à courant de protection. Le courant de corrosion est supprimé et aucun courant destructeur pour le métal ne peut plus circuler. Les tensions et les courants appliqués par l'installation de protection sont très faibles et ne présentent aucun danger pour les hommes et les animaux. Même des densités de courant relativement faibles ($\leq 1\text{mA/m}^2$) stoppent la croissance des taches.

Cette méthode n'est pas seulement fiable pour éviter les dommages, mais elle n'implique qu'une faible profondeur d'intervention par rapport aux revêtements de surface ultérieurs. L'interruption de l'exploitation est ainsi réduite au minimum. L'installation d'un système de protection cathodique ne prend en général qu'un à trois jours.

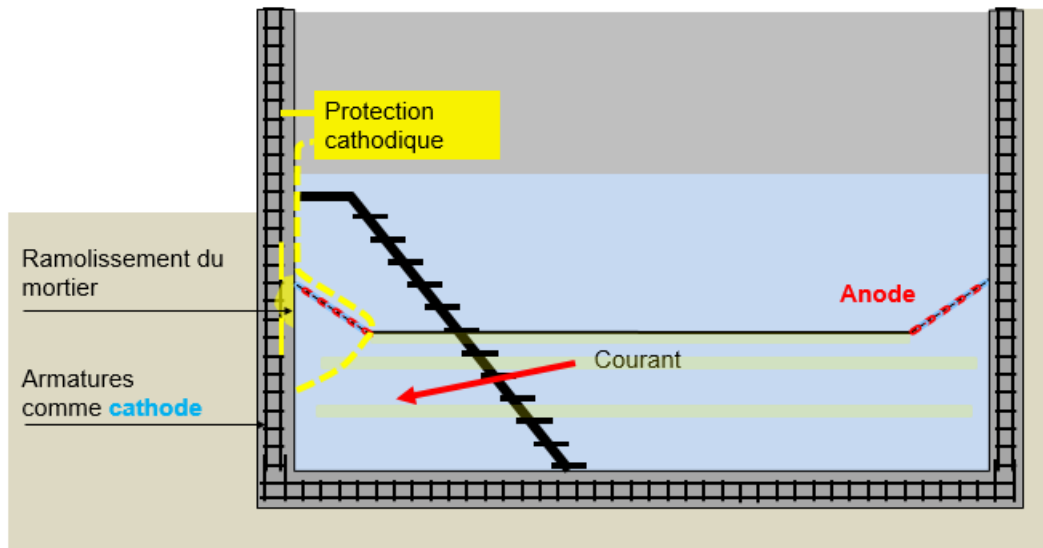


Figure 26 : Représentation schématique d'un système de protection cathodique

Pour pouvoir introduire le courant de protection dans le réservoir, des fils d'anode sont tendus ou suspendus au plafond dans la partie inférieure des cuves et alimentés en courant de protection nécessaire par un appareil de protection électrique. Le système installé ne fait pas que stopper le processus de détérioration, il permet également de surveiller en permanence l'état de l'appareil. Si, lors de l'exploitation de telles installations de protection, des écarts de la demande en courant sont constatés, cela indique que les conditions générales ont changé, ce qui peut nécessiter une recherche plus approfondie des causes.



Figure 27 : Système de protection cathodique dans une chambre à eau vide

Les installations de protection cathodique dans les réservoirs ne correspondent à aucune norme habituelle et doivent donc toujours être conçues individuellement ainsi qu'adaptées aux conditions locales. En Suisse, de telles installations sont utilisées avec succès depuis plus de 20 ans.