

Retour d'expérience

Réutilisation des eaux non conventionnelles

Rédaction

Jean-François Davy, Inddigo

Rémi Dourmap, Inddigo

Hugo Moreau, Inddigo

Relecture

Alexis Breuil, EnvirobatBDM

Maxime Barbi, EnvirobatBDM

Carlos Vazquez, EnvirobatBDM



envirobat**bcdm**



inddigo

www.inddigo.com

Janvier 2026



Sommaire

SYNTHÈSE	4
L'IMPORTANCE D'UNE RÉFLEXION HIÉRARCHISÉE	4
LA DÉFINITION DES USAGES.....	4
LE DIMENSIONNEMENT.....	5
LA CONFORMITÉ RÉGLEMENTAIRE	5
LES DYSFONCTIONNEMENTS À CONSIDÉRER	7
CONCLUSIONS : BILAN DES PERFORMANCES ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES	8
OUTIL PRATIQUE : CHECK-LIST	11
CONTEXTE DE L'ÉTUDE	13
LES CYCLES DE L'EAU.....	13
L'EAU EN FRANCE	13
L'EAU EN RÉGION PACA.....	15
LE PLAN EAU 2023.....	20
PERTINENCE DE LA RÉCUPÉRATION DE L'EAU DE PLUIE	21
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	23
ETAT DE L'ART	23
CADRE RÉGLEMENTAIRE POUR LA RÉUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES.....	23
LES COMPOSANTES D'UN SYSTÈME DE RÉUTILISATION.....	26
MÉTHODOLOGIE POUR LA RÉALISATION DES REX.....	37
LES CIBLES DE L'ÉTUDE	37
LES INSTALLATIONS VISITÉES.....	38
LES DONNÉES RÉCOLTÉES.....	39
FICHES REX PAR OPÉRATION	40
1- LOGEMENT COLLECTIF (06)	41
2- TERTIAIRE PUBLIC (05)	46
3- LOGEMENT SOCIAL (04)	51
4- ATELIERS (13).....	54
5- ESPACE MUSÉAL (83)	62
6- HABITAT INCLUSIF (04)	65
7- RÉSIDENCE ISOLÉE (83)	69
8- BATIMENT SCOLAIRE (04)	76

9- HABITAT PARTICIPATIF (04).....	81
POUR ALLER PLUS LOIN	87
LIENS UTILES.....	87

Tout droit de reproduction et représentation sont réservés et la propriété exclusive d'INDDIGO SAS, y compris les textes et les représentations iconographiques, photographiques. L'utilisation, la reproduction, la transmission, modification, rediffusion ou vente de toutes les informations reproduites sur ce document (articles, photos et logos compris) ou partie de ce document (texte y compris) sur un support quel qu'il soit, ou encore la diffusion sur un site internet par le biais d'un groupe de discussion, forum ou autre système ou réseau informatique que ce soit, et ce dans le cadre d'une utilisation à caractère commercial ou non lucratif, sont formellement interdites sans l'autorisation préalable et écrite de la société INDDIGO SAS.

Synthèse

Nous rappelons que notre étude se base sur quelques cas spécifiques. Nous essayons de varier les différents paramètres pour couvrir une diversité de cas et enrichir le retour d'expérience, mais cela a pour conséquence de diminuer la taille de l'échantillon.

Par ailleurs nous avons fait avec les éléments qui auront pu nous être transmis par les différents acteurs contactés. Tous les éléments souhaités n'ont pas pu systématiquement nous être transmis.

Nos conclusions se basent sur nos observations de ces cas particuliers uniquement. Nous vous encourageons donc à la prudence sur vos opérations quant aux biais induit par une extrapolation basée sur un faible échantillon.

L'importance d'une réflexion hiérarchisée

La démarche de réutilisation ne doit apparaître que dans un second, voire un troisième temps de la réflexion d'optimisation de la ressource en eau. Tout d'abord, il est nécessaire de prendre conscience des consommations d'eau au sein de la parcelle. Cela passe à minima par un suivi des comptages dans le cas d'un bâtiment existant ou par des estimations basées sur des retours d'expérience ou autre littérature grise dans le cas d'un nouveau bâtiment.

Ensuite, une réflexion doit être menée sur la sobriété des usages avant d'envisager la réutilisation des eaux impropres à la consommation humaine. Cette démarche de sobriété passe par le choix et l'installation d'équipements hydro-économes, mais aussi par une campagne de sensibilisation auprès des usagers (futurs ou actuels). La démarche de réutilisation doit survenir après ces deux étapes.

La définition des usages

Une fois la réflexion faite sur les consommations et la sobriété, la définition des usages desservis par les eaux récupérées constitue la base de la programmation et de la réflexion puisqu'elle va déterminer la suite du process : dimensionnement, dispositifs de traitement, mais aussi démarches administratives en cas de déclaration de qualité.

L'alimentation des sanitaires reste l'usage privilégié

Cet usage reste l'usage majoritaire de l'eau de pluie (constaté sur 7 des 9 sites de l'étude), ce qui peut s'expliquer par la typologie des bâtiments visités, pour la plupart des logements ou accueillant une activité tertiaire. Pour ces bâtiments, l'alimentation des sanitaires est en effet le poste de consommation le plus important pour lequel la réglementation autorise la réutilisation des eaux de pluie.

A noter qu'une des opérations de logement collectif utilise des sanitaires secs pour aller plus loin dans la préservation de la ressource, même issue de la récupération.

L'arrosage : un usage programmé, peu utilisé, mais ayant un impact positif sur la ressource

L'arrosage est le second usage de l'eau de pluie le plus courant. La moitié des projets visités prévoyaient l'arrosage principalement pour l'irrigation des toitures végétalisées. Cet usage est cependant limité au soutien à la croissance des cultures, soit au maximum pour deux ou trois ans après la mise en service du bâtiment. Seul un logement continuait à irriguer ses toitures au-delà de cette période pour compenser les sécheresses estivales, tandis que les deux autres bâtiments ont abandonné l'usage malgré un besoin en eau de la végétation. Cet usage a donc peu d'impact dans le contexte de cette étude. Un des projets visités a bien un fort besoin d'arrosage mais qui est couvert par une alimentation en eau brute.

Pour les bâtiments possédant des jardins, potagers ou fleuris, l'arrosage est un usage important de l'eau de pluie. Cet usage permet de restituer à la parcelle l'eau précipitée sur la zone. Par l'infiltration dans les sols,

cet usage permettrait également de lutter contre la sécheresse des sols et d'améliorer le confort d'été en créant des zones de fraîcheur. Le GRAIE identifie l'arrosage comme seul usage pertinent de la récupération de l'eau de pluie vis-à-vis de l'impact sur la ressource.

L'eau de pluie comme eau de process

Seules deux des installations visitées et au profil atypique, utilisent l'eau de pluie comme eau de process. Pour de la teinture, de la poterie ou du nettoyage. Ces usages appartiennent à la catégorie des usages non domestiques et leur alimentation par de l'eau de pluie est autorisée par l'article R211-127 de la section 8 du chapitre 1er du titre 1er du livre II de la partie réglementaire du code de l'environnement. Ils permettent la substitution à l'eau potable et s'avèrent pertinents en améliorant la robustesse et la fiabilité de l'activité professionnelle en cas de restrictions saisonnières d'usage.

Le dimensionnement

L'importance d'estimer les besoins

Le constat fait dans ce rapport est que le dimensionnement est souvent arbitraire et davantage basé sur les dimensions standards des stockages manufacturés que par des hypothèses de consommation.

Les quelques projets qui ont estimé leurs consommations ne s'en sont pas forcément servi comme critère dimensionnant, mais plutôt pour calculer le taux de couverture prévisionnel et le besoin en appoint. Seul un établissement isolé du réseau, pour lequel le dimensionnement était crucial pour leur assurer l'autonomie recherchée, s'est basé sur les estimations du besoin (réel car bâtiment préexistant) pour dimensionner le stockage.

La définition des usages desservis par les eaux récupérées doit être suivie d'une estimation quantitative des besoins pour optimiser le dimensionnement du stockage. Un sous-dimensionnement réduit la rentabilité du système en limitant les économies d'eau réalisées. Un surdimensionnement limite aussi la rentabilité : la capacité importante ne permettra pas d'augmenter les économies d'eau et **le stockage ressort comme étant l'un des éléments les plus coûteux de l'investissement (surtout pour une cuve enterrée).**

Penser la robustesse du système

Après avoir réfléchi au dimensionnement en fonction des usages prévisionnels de l'eau récupérée et des volumes associés, il est important d'anticiper un fonctionnement dégradé. Cela correspond par exemple à l'anticipation d'une sous fréquentation du bâtiment, ce qui aurait pour conséquence de diminuer les volumes réutilisés ou, dans le cas de la réutilisation des eaux grises, de diminuer les volumes récupérables.

L'anticipation de ces cas de figure permet de réfléchir à des solutions compensatoires et fixe ainsi la flexibilité et la robustesse du système.

La conformité réglementaire

Le constat fait ici est qu'aucune des installations visitées n'est strictement conforme. Les principaux écarts constatés sont listés ci-après.

Récupération des eaux de ruissellement

La mutualisation entre la récupération des eaux de pluie et des eaux de ruissellement est intéressante d'un point de vue quantitatif puisqu'elle permet d'augmenter les volumes récupérés, mais aussi d'un point de vue économique puisqu'elle permet de ne faire qu'un réseau pour les deux flux.

Cependant, **elle doit faire l'objet d'une autorisation spéciale des autorités sanitaires.** La récupération et l'utilisation de ce gisement n'est en effet pas autorisée par la réglementation du fait de sa potentielle forte

pollution : traces d'hydrocarbures, de pollution apportée par la circulation (piétons, vélos ou voitures)
contact avec des animaux morts ou des déchets, contamination par les mégots.

Absence de disconnexion de type « surverse totale avec garde d'air visible »

Un réseau d'eau de récupération nécessite une isolation du réseau potable pour une raison sanitaire, appelée disconnexion.

Ce type de surverse particulier (Figure 1), nécessite un dispositif de stockage intermédiaire pour permettre l'arrivée de l'appoint en eau potable et son mélange avec l'eau de pluie avant distribution. **La garde d'air imposée permet d'éviter toute contamination du réseau d'eau potable.**

Certaines installations utilisent plutôt un disconnecteur de type BA ou des clapets anti-pollution de type EA. En plus de présenter un risque sanitaire et d'être non-conformes, les installations visitées ayant ce type de dispositif ne sont pas fonctionnelles.

Nota La description de ces dispositifs est faite dans la partie état de l'art.

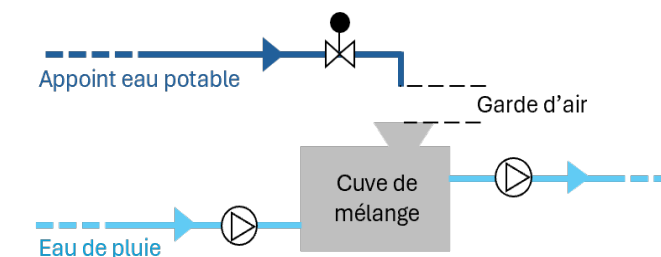


Figure 1 Schéma synoptique simplifié d'une installation de récupération d'eau de pluie gérant l'appoint en eau potable par surverse totale avec garde d'air visible

Absence de filtration en amont du stockage

La réglementation impose un dispositif de filtration inférieure ou égale à 1 mm en amont du stockage afin de limiter la formation de dépôts à l'intérieur. Ce dispositif était systématiquement manquant pour les sites visités et, pour une partie d'entre eux, des dépôts étaient constatés sur l'eau réutilisée (voir plus loin la partie sur le manque d'entretien).

Manque de distinction entre les réseaux et de signalétique à l'endroit d'usage

Seul un site a prévu une différenciation des réseaux AEP et EP via des tuyaux à bande colorée. L'isolation identique des 2 réseaux rend cette différenciation peu visible, mais permettrait d'éviter des mauvais raccordements lors de travaux ultérieurs.

Le plus souvent, au sein des locaux techniques, des étiquettes sont collées sur l'isolation et au mieux on observe des rubans colorés par-dessus l'isolation. La distinction des réseaux reste difficile sans suivre le cheminement complet du flux, et est presque impossible hors local technique. Aux points d'usage, la signalétique indiquant que l'eau n'est pas de l'eau potable ne se retrouve pas systématiquement.

L'information des usagers reste le meilleur moyen de limiter les risques sanitaires.

Carnet sanitaire non disponible

Le carnet sanitaire n'a pas pu être consulté pour les sites visités. Pour les installations ne nécessitant pas de contrôle de la qualité, ce carnet reste utile puisqu'il doit également contenir un schéma de principe du système.

Il contient aussi le document d'entretien et de maintenance, qui consigne toutes les opérations effectuées sur l'installation et permet ainsi le suivi de l'installation et son vécu. La plupart des informations qui nous ont été transmises concernant la maintenance venaient en effet de la mémoire des maîtrises d'ouvrage ou de contrats de maintenance. **La tenue du carnet permet d'améliorer la traçabilité des informations et de pérenniser la mémoire de l'installation.**

Les dysfonctionnements à considérer

Le manque d'entretien du système en limite les performances et l'acceptabilité

Les filtres sont particulièrement concernés par le manque d'entretien, même sur des sites qui disposent pourtant de ressources humaines dédiées à la maintenance ou d'un contrat de maintenance qui prévoit une visite à minima annuelle avec entretien des filtres. La fréquence d'entretien des dispositifs de filtration doit s'adapter à la qualité de l'eau récupérée, d'autant plus si certains indices visibles (la turbidité de l'eau par exemple) laissent présager d'un défaut de filtration.

Le contrôle du niveau de la cuve peut permettre d'identifier le moment opportun pour effectuer son nettoyage. Très peu effectué sur les installations visitées, cela limite pourtant les risques de développement bactériologique.

Plusieurs facteurs impactent la qualité de l'eau et peuvent entraîner des conséquences sur la vie en œuvre du système : encrassement des composants (pompes, vannes), limitant la performance du système, mais aussi présence de dépôts aux points d'usages (sanitaires, linges), limitant l'acceptabilité sociale de la démarche.

Pas de fonctionnement sans l'implication de tous les acteurs

Lors de la réalisation, l'implication et l'information des entreprises est nécessaire pour éviter les écarts par rapport à la conception. Une entreprise s'emparant du projet sera aussi à même d'apporter son expertise et des conseils sur la réalisation.

Après la livraison, la bonne transmission aux usagers et/ou gestionnaires est essentielle pour que le système soit utilisé, et de la bonne manière. Présentant des temps de retour sur investissement très long, les bilans économiques des installations ne sont pas en faveur des systèmes de récupération des eaux de pluie. Ce constat est d'autant plus aggravé lorsque les installations sont inutilisées.

Anticiper les coupures de courant

Tous les systèmes ne sont pas autonomes sur le redémarrage après une coupure de courant, en particulier ceux avec un système de surpression. Anticiper cet aléa avant la mise en service du système permet de rebondir et fiabiliser l'installation en prévoyant un mode opératoire de remise en service rapide, pour éviter de découvrir le problème lorsque tous les sanitaires du logement sont privés d'eau par exemple.

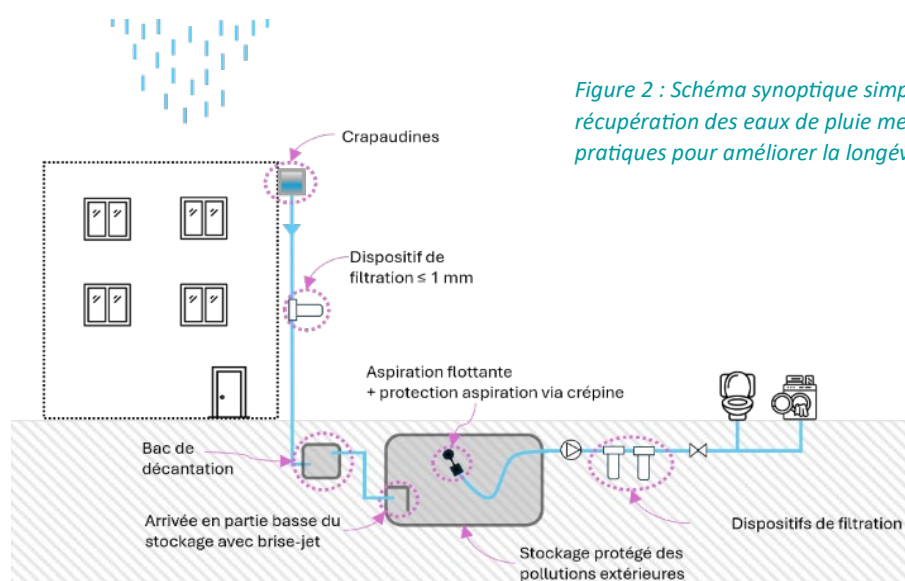


Figure 2 : Schéma synoptique simplifié d'une installation de récupération des eaux de pluie mettant en avant les bonnes pratiques pour améliorer la longévité du système

Conclusions : bilan des performances économiques et environnementales

La rentabilité est atteinte au bout d'une cinquantaine d'années

Le faible prix de l'eau ($< 4 \text{ € HT/m}^3$ pour l'ensemble des sites visités) couplés aux faibles taux de couverture des besoins atteints pour la majorité des installations limitent la rentabilité économique des systèmes.

Tandis que la plupart des installations atteignent l'équilibre financier sur le long terme (50 à 90 ans), certaines ne parviennent pas à compenser les frais de fonctionnement annuels avec les économies engendrées par la substitution de l'eau potable.

On notera qu'il est difficile d'estimer la rentabilité d'une installation sans suivi régulier du comptage, à minima annuel.

La réutilisation des eaux de pluie, une pratique soutenable ?

La pratique permettrait de limiter les prélèvements sur la ressource et, sur la durée de vie d'une installation (dans le cas d'un système fonctionnel et suivi), les volumes peuvent être importants. Cependant, la quasi-totalité des installations visitées dépendent de l'appoint en eau potable en été, lorsque la ressource est sous tension. L'impact de la pratique sur la préservation de la ressource est donc limité.

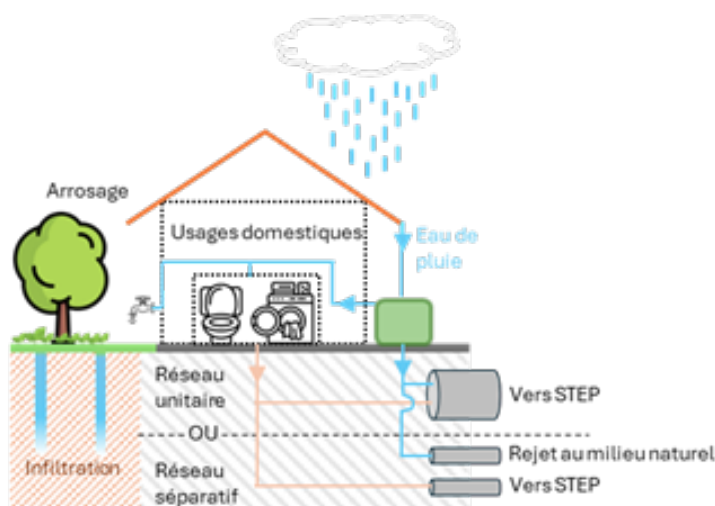


Figure 3 Schéma du parcours d'évacuation des eaux de la parcelle en fonction du type de réseau présent (unitaire ou séparatif) et modification de ce parcours par la réutilisation des eaux de pluie

Une étude d'impact environnemental multicritère de type analyse de cycle de vie serait également nécessaire pour déterminer l'empreinte eau d'un tel système, mais aussi identifier des éventuels transferts d'impact.

Si la pratique venait à se développer de manière importante, des impacts sur les milieux naturels pourraient survenir du fait de la redirection des flux réutilisés comme schématisé en Figure 3 ci-contre. Ce développement pourrait aussi se répercuter sur le prix de l'eau, voire sur le modèle économique de l'eau en France (cf partie sur le prix de l'eau). Ces impacts restent cependant à modéliser, cette étude ne permettant pas de se projeter autant.

Le modèle de réflexion du cycle de l'eau à

l'échelle de la parcelle proposé par les projets n°4 et 9 à travers des approches technologiques opposées semble quant à lui d'un intérêt environnemental plus important. La récupération des eaux de pluie y est couplée à celle des eaux grises et l'usage final est l'arrosage de jardins, dont les produits sont consommés à l'échelle de la parcelle. Ici encore, des études complémentaires seraient nécessaires pour évaluer la soutenabilité de la démarche.

La soutenabilité de la pratique seule semble ainsi limitée, mais les conclusions de cette étude ont besoin d'être étoffées avec un panel de projets beaucoup plus large. **Nous pouvons cependant affirmer que la démarche de réutilisation n'est pas pertinente si elle n'est pas précédée d'une démarche de sobriété.**

A ce stade, nous pouvons établir une liste de bonnes pratiques / considérations pour s'assurer que le système soit au moins pérenne :

- La définition des objectifs et attentes vis-à-vis de l'installation de récupération est essentielle. Elle permet tout d'abord d'évaluer la pertinence du choix de la récupération, mais incite également le suivi de l'installation pour conclure quant à l'atteinte des objectifs.

- L'anticipation et l'adaptation des moyens techniques, humains et financiers nécessaires aux différentes étapes de la vie du système permet de s'assurer que les moyens déployés seront en adéquation avec les besoins. Si la mobilisation de ces moyens n'est pas envisagée car trop contraignante, alors on peut s'attendre à une installation non fonctionnelle ou mal entretenue et il vaut mieux réinterroger les objectifs.
- La consignation et la transmission des informations relatives au système aux différents acteurs est cruciale pour assurer la pérennité de l'installation. Au-delà de la perte d'informations après quelques années d'usage, dans le cas courant, la continuité des informations peut se perdre dès le passage à la phase de réalisation ou de réception des travaux, il est donc important d'assurer cette continuité tout au long de la vie du système. L'importance de la qualité de la documentation technique est un des éléments essentiels à cette continuité.

L'élargissement des perspectives avec la nouvelle réglementation

Les décrets et arrêtés ministériels du 12 juillet 2024 relatifs aux conditions sanitaires d'utilisation d'eaux impropres à la consommation humaine pour des usages domestiques ouvrent de nouvelles perspectives en facilitant le recours à la réutilisation des eaux de pluie et en élargissant la gamme des eaux réutilisables, jusqu'à présent cantonnée à la réutilisation des eaux de pluie. La diversification des gisements mise en place dans certaines des installations visitées, bien que non encadrées réglementairement au moment de leur mise en œuvre, fait ressortir les points suivants.

Les eaux grises, un gisement plus contraint, mais plus important

La valorisation des eaux grises fait partie des opportunités offertes par la nouvelle réglementation. Limité à quelques usages et systématiquement soumis à une déclaration de qualité, ce qui implique une analyse avant la mise en service et des analyses régulières (tous les ans ou deux ans selon les cas) en plus de nécessiter des dispositifs de traitement adaptés, ce gisement est plus contraint que les eaux de pluie. La réglementation impose également des durées de stockage courtes (maximum 12 h avant traitement et 72 h après traitement). Ces contraintes réglementaires impliquent un investissement et des frais de fonctionnement importants.

Par sa continuité et les volumes disponibles, ce gisement est intéressant. La nécessité de consommation d'eau, pour les besoins en hygiène notamment, implique un volume journalier incompressible de rejets. En été ou toute autre période où les précipitations peuvent se faire rare, les eaux grises offrent une quantité et une régularité fiabilisant l'installation.

Prenons un cas concret : **une résidence de 100 équivalents habitants atteindrait presque l'autonomie avec l'eau de pluie pour l'évacuation des excréta** (taux de couverture supérieur à 90 % en année sèche). Le besoin journalier s'élève à 2.9 m³/jour (29 L/personne/EH). Pour assurer cette autonomie, l'installation représente 6 700 m² de toiture et un peu moins de 200 m³ de stockage enterré en béton. La seule réutilisation de l'eau des douches (57 L/jour/EH) permettrait quant à elle de couvrir entièrement le besoin indépendamment des années et d'afficher un flux excédentaire équivalent au besoin, valorisable pour l'arrosage par exemple. Pour cela, le besoin de stockage serait, pour respecter les contraintes réglementaires, d'environ 3 m³ + 17 m³, soit 20 m³, c'est-à-dire **10 fois moins que pour l'eau de pluie**.

En donnant un second usage à une eau impropre à la consommation humaine avant son rejet, la réutilisation des eaux grises a aussi un intérêt environnemental. Le Graie favorise la réutilisation des eaux grises plutôt que la réutilisation des eaux de pluie pour les usages domestiques intérieurs. Sa généralisation pourrait toutefois avoir des conséquences pour certains cours d'eau soumis à un soutien de débit d'étiage. Cette étude ne peut conclure quant à la pertinence environnementale d'utilisation de ce gisement.

Aller plus loin : les eaux jaunes, une source de nutriments pour les espaces verts

L'usage des eaux vannes, dont font partie les eaux jaunes (évacuation des urines) est plus contraint que celui des eaux grises : peu d'usages sont permis et la totalité de ces usages requiert une demande d'autorisation préfectorale. La valorisation des eaux jaunes nécessite aussi l'installation de sanitaires à séparation et d'un double réseau d'évacuation des eaux usées.

Sa valorisation peut cependant être intéressante dans le cas de l'arrosage puisque les éléments contenus dans les urines pourraient être source de nutriments pour les végétaux et faciliter leur croissance. Cette valorisation doit être couplée à une autre source pour diluer l'urine et ainsi limiter la charge organique du flux. Elle n'est pas pertinente pour la majorité des installations visitées, mais reste intéressante pour celles avec un usage en arrosage important.

Outil pratique : check-list



Indispensables en phase programmation :

Le profil des consommations d'eau au sein de la parcelle, à minima hebdomadaire et au mieux journalier, a été dressé et intègre les fluctuations d'activité (quels volumes pour quels usages et quelle temporalité / saisonnalité)

☐ ☐

Avant la réutilisation, une démarche de sobriété des usages et réduction des consommations d'eau a été initiée

☐ ☐

Les toitures concernées ne sont pas accessibles en dehors des opérations de maintenance et ne sont ni en amiante ni en plomb. Les coefficients de ruissellement des toitures ont été définis.

☐ ☐

Les autres gisements d'EICH envisagés sont autorisés par l'arrêté du 12 juillet 2024 relatif aux conditions sanitaires d'utilisation d'EICH pour des usages domestiques.

☐ ☐

Les usages des eaux récupérées ont été définis et sont autorisés par ce même arrêté. Les éventuels dossiers de demande d'autorisation préfectorale ont été identifiés.

☐ ☐

L'historique des cumuls de pluie journaliers a été étudié à minima sur les 5 dernières années et est confronté aux surfaces de toitures et leur coefficient de ruissellement utilisé pour l'estimation des volumes d'eau de pluie récupérables

☐ ☐

(données météorologiques disponibles en libre accès :
<https://publitheque.meteo.fr/aide/publitheque/reseauPostes/>)

Indispensables en phase conception :

Le dimensionnement du stockage se base sur une confrontation entre les profils des volumes récupérables et des usages visés

☐ ☐

L'emprise du stockage et du local technique dédiés à la solution de récupération ont été intégrées dans les surfaces programmées

☐ ☐

Les solutions de traitement des eaux récupérées sont adaptées aux usages visés

☐ ☐

Une vérification de la conformité réglementaire est réalisée sur les CCTP et Plans

☐ ☐

Les risques en cas de coupure électrique ont été anticipés

☐ ☐

La cuve est enterrée ou à minima protégée contre les élévations de température

☐ ☐



Indispensables en phase travaux :

L'ensemble des équipements sont accessibles pour la maintenance et l'entretien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La différenciation des réseaux de pluie vis-à-vis des autres réseaux est aisée et pérenne dans le temps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'appoint en eau potable est protégé par une disconnexion de type surverse totale avec garde d'air visible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une filtration de taille de maille < 1 mm a été prévue en amont du premier stockage pré-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'aspiration depuis le stockage est équipée d'une crépine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chacun des gisements dispose d'un compteur volumétrique propre (eaux de pluie, appoint en eau potable)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les plans de réseaux intègrent les éventuelles modifications survenues en phase travaux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Indispensables en phase usage :

La signalisation relative à la non-potabilité de l'eau est présente aux points de soutirage des eaux de pluie et les utilisateurs sont informés du dispositif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le carnet sanitaire est tenu et mis à jour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les compteurs sont relevés a minima annuellement et les volumes réutilisés rejetés dans le réseau d'eaux usées sont notés en cas de communication au service d'assainissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le contrôle visuel des éléments, la vérification du fonctionnement des vannes et le nettoyage des filtres sont réalisés à minima annuellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Contexte de l'étude

Les cycles de l'eau

Le Grand cycle de l'eau

Le grand cycle de l'eau correspond à la circulation de l'eau sous toutes ses formes entre les différents réservoirs naturels. Les réservoirs d'eau sont nombreux et variés. On peut citer par exemple les glaciers, les couches de neige, les lacs, les fleuves, les rivières, les zones humides, les forêts, les nappes souterraines, les mers et les océans.

Le Petit cycle de l'eau

Le petit cycle de l'eau, ou cycle domestique de l'eau, désigne le parcours de l'eau utilisée pour les activités humaines, de son extraction au point de captage dans la rivière ou la nappe d'eau souterraine jusqu'à son rejet dans le milieu naturel. Il comprend donc le circuit de l'eau potable et celui du traitement des eaux usées. (Source : OFB)



Figure 4 : Schéma du petit cycle de l'eau (source : Eaufrance)

L'eau en France

La gouvernance de l'eau en France

La multiplicité des textes de lois régissant l'eau, à l'échelle européenne comme à l'échelle française, complexifient le cadre réglementaire de l'eau ainsi que sa gestion. Reflet de cette réglementation éclatée, de nombreux outils de planification existent aux différentes échelles de territoire (voir Figure 6).

Aujourd'hui, la gestion des eaux pluviales, qui relève à la fois d'enjeux de maîtrise du ruissellement et de préservation des milieux récepteurs, est principalement encadrée par le Code de l'Environnement mais est également abordée dans différents codes (source : Cerema) :

- le Code de l'Urbanisme,
- le Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT),
- le Code Civil,
- le Code Rural,
- le Code de la Santé Publique.

A l'échelle d'un projet de construction ou d'infrastructure, les PLU et PLUi sont les textes les plus explicites régissant la gestion des eaux pluviales. La gestion à la parcelle se généralise et offre des opportunités en termes de récupération et réutilisation des eaux de pluie. Il convient cependant de se renseigner sur les réglementations en vigueur avant de concevoir une telle installation.

On retiendra que la gestion de la ressource est effectuée à l'échelle de bassins hydrographiques, qui se déclinent en sous-bassins versants. Le but est d'avoir une gestion incluant les territoires en interaction et liés par le cheminement de l'eau, de sa source à son rejet dans la mer.



Figure 5 : Carte des bassins hydrographiques en France métropolitaine

La métropole compte 6 bassins hydrographiques. Chaque bassin dispose de sa propre agence de l'eau. L'ensemble de la région PACA se situe dans le bassin Rhône Méditerranée.

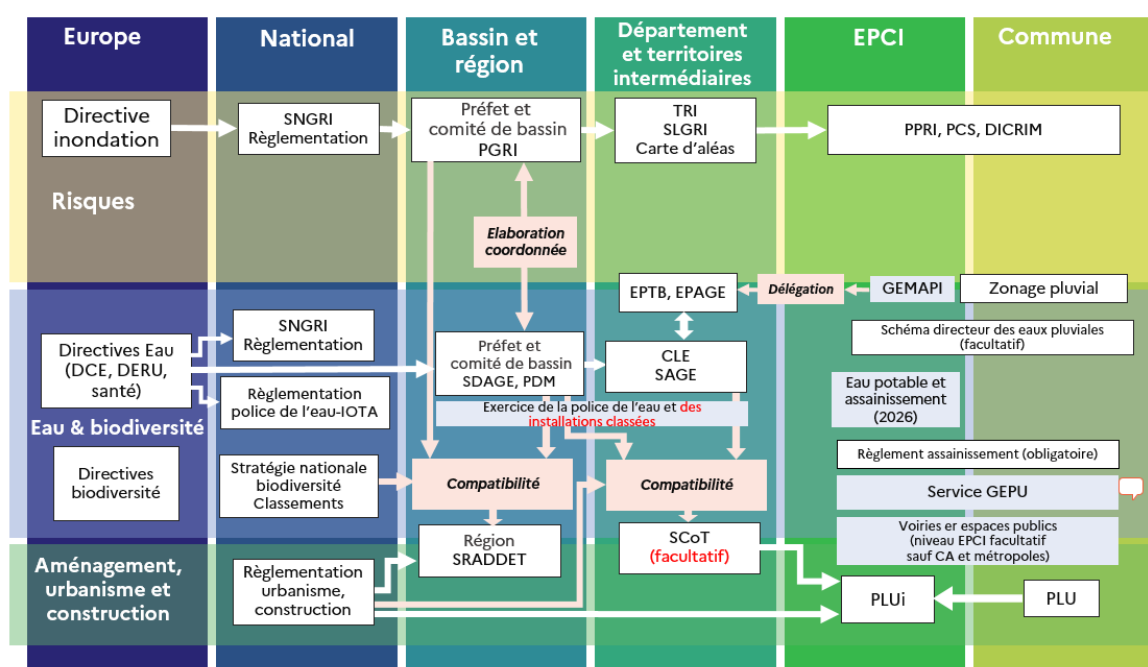


Figure 6 : Les compétences et les outils de planification et de contrôle aux diverses échelles de territoire (source CGEDD, Cerema).

Le prix de l'eau

Le prix de l'eau dépend de plusieurs facteurs locaux et des choix de gouvernance propres à chaque territoire tels que le contexte géographique, les choix techniques de production et de traitement, mais aussi la qualité de l'eau brute et la sensibilité des milieux de rejet, qui influencent le besoin en traitement.

En 2024, le prix moyen oscillait ainsi entre moins de 2 € HT/m³ et plus de 8 € HT/m³ à l'échelle de la métropole.

D'une manière générale, le prix de l'eau se décompose en trois parties :

La majeure partie est reversée aux services en charge de la production d'eau potable et de l'assainissement à travers une part fixe, représentant un abonnement au service, et une part variable, dépendante du volume consommé ou rejeté.

Le reste est constitué des différentes taxes et redevances qui reviennent notamment aux Agences de l'eau. Cette partie sert au financement d'actions de préservation et de restauration des milieux aquatiques et de modernisation des installations.

On dit ainsi que « l'eau paye l'eau » car la facture contient l'ensemble des coûts autour de la ressource et chacun participe à la gestion de cette ressource commune.



Figure 7 La composition moyenne du prix de l'eau
(Source : OFB, OIEau)

Une installation qui récupère les eaux de pluie et substitue ainsi un besoin en eau potable ne paiera pas le service d'eau potable pour les volumes récupérés, mais doit déclarer les volumes d'eau de pluie réutilisée évacués via le réseau d'eaux usées pour s'acquitter des frais d'assainissement.

Récupérer l'eau de pluie, c'est donc aussi se soustraire en partie à cette gestion commune. Dans une région touchée par une tension estivale sur la ressource couplée à une absence de précipitations comme en région PACA, on utilisera la ressource du réseau lorsque la situation est tendue, alors que lorsque que l'eau est disponible, en hiver par exemple, on recourt à notre réserve d'eau de pluie. On ne participera donc pas à l'effort collectif lorsque l'eau est abondante et on aura recours au service collectif lorsque la ressource est en tension.

Au-delà des impacts que peuvent avoir les systèmes de récupération sur le modèle économique de l'eau, on peut noter que ce dernier évolue déjà localement pour prendre en compte les enjeux de gestion de la ressource. Certaines communes implémentent par exemple la tarification saisonnière, d'autres la tarification progressive, plus contestée.

L'eau en région PACA

Le régime hydrologique et les cours d'eau en PACA

Les régimes hydrologiques sont très changeants en fonction de la géographie. Les cours d'eau côtiers connaissent des étiages assez sévères lors des périodes estivales où les précipitations sont faibles. Au contraire, les cours d'eau de montagne sont soumis au régime nival : de basses eaux en hiver et débit maximal au printemps lors de la fonte des neiges.

Le régime hydrologique des cours d'eau est lié aux précipitations. Le territoire de la région est marqué par des périodes de sécheresse entrecoupées par des épisodes pluvieux intenses, qui peuvent entraîner des crues soudaines et violentes.

La Figure 8 localise les principaux bassins versants de la région PACA. On constate que les principaux cours d'eau sont alimentés par des affluents prenant leur source dans les reliefs alpins. D'une manière générale, les secteurs en altitude constituent les têtes de bassins versants. Ils abritent de nombreuses sources qui alimentent des petits ruisseaux qui s'écoulent ensuite vers les vallées. Les zones de plaine accueillent les cours d'eau les plus importants du territoire. On retrouve ces têtes de bassin versant sur l'ensemble de la Région. La topographie étant très variable dans le sud-est métropolitain, cela entraîne la formation de petits bassins versants sur tout le territoire.

D'une manière générale, les cours d'eau de la région sont aménagés de façon à sécuriser l'accès à la ressource pour une grande partie du territoire. D'après le cahier « ressource en eau » du GREC SUD, « L'ensemble des aménagements hydrauliques, principalement à partir de l'axe Durance-Verdon, a permis un transfert d'eau de l'arrière-pays, historiquement rural, vers des espaces littoraux fortement urbanisés ». Une partie des agglomérations est alimentée par des canaux, le canal de Provence étant le principal.

Diminuer les rejets dans les cours d'eau aura plus d'impact en tête de bassin versant, où la ressource est nécessaire pour les territoires en aval, qu'en fin de bassin versant, où les eaux sont rejetées dans la mer.

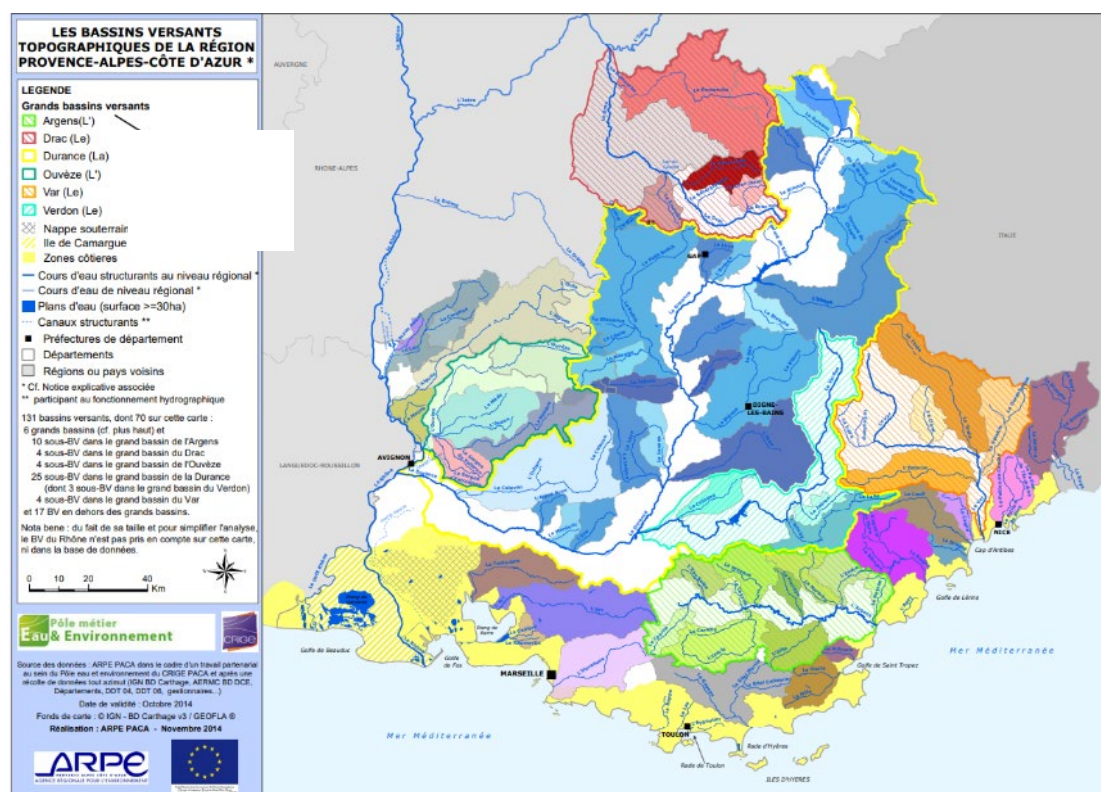


Figure 8 : Principaux bassins versants topographiques de la région PACA (source : ARPE PACA)

Les ressources souterraines en PACA

Les aquifères de la région sont répartis inégalement sur le territoire : les masses d'eau souterraines les plus importantes se trouvent au sud au niveau des secteurs les plus peuplés, ce qui les expose à de fortes pressions et de potentielles sources de dégradation. Dans les secteurs très urbanisés, la forte imperméabilisation des sols limite l'infiltration des eaux et donc la recharge des nappes souterraines, ce qui accentue la pression sur les ressources. En raison de la géographie, les aquifères des secteurs alpins sont plus restreints et moins accessibles.

Les régimes pluviométriques dans la région

Données pluviométriques des sites visités pour cette étude

D'après le Groupe Régional d'Experts sur le Climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD), la région est sous influence du climat méditerranéen caractérisé par « une chaleur estivale, et secondairement par la relative douceur des températures hivernales. Les précipitations en Provence-Alpes-Côte d'Azur dépassent 500 mm par an en moyenne, mais varient fortement d'une année ou d'un mois sur l'autre : à de longues périodes sèches peuvent succéder des averses d'une intensité remarquable. »

La Figure 10 localise les différentes stations météorologiques utilisées pour cette étude tandis que la Figure 9 présente 3 régimes pluviométriques différents.

Nous remarquons que les cumuls minimaux annuels augmentent avec l'altitude. Les variations dans les cumuls annuels sont rarement inférieures à 10 % et on observe des grandes disparités sur les cumuls mensuels d'une année à l'autre.

Il reste toutefois difficile de définir des régimes communs. A Arles (13), les précipitations sont espacées et divisées en épisodes de grande intensité, mais de courte durée. Au Castellet (83), la même typologie peut

être retrouvée avec une plus grande régularité dans les cumuls au printemps et à l'automne, mais une quasi-absence systématique de précipitation en juillet. Le climat de moyenne montagne (04, 05, 06) se distingue quant à lui par des cumuls importants et réguliers.

Enseignements pour le dimensionnement

Les données des stations météorologiques sont disponibles en libre accès sur le site meteo.data.gouv.fr. Nous recommandons donc de les utiliser et de se baser sur les données des 5 dernières années de la station la plus proche du projet de récupération des eaux de pluie. Utiliser les profils journaliers permettra de mieux modéliser :

- Le nombre de jours sans pluie : permet de dimensionner le stockage selon l'autonomie voulue
- La quantité de pluie réellement valorisable selon le stockage prévu et le rendement des toitures

Ces profils pourront être déterminés pour deux années très distinctes (sur les cumuls annuels par exemple, ou sur des profils journaliers très différents). **L'année la plus défavorable pourra être choisie pour le dimensionnement**, en fonction des objectifs d'autonomie recherchés. L'année la plus défavorable n'est pas forcément l'année la plus sèche, mais celle pour laquelle les apports sont le plus décorrélés des usages prévisionnels. Par exemple, pour un établissement scolaire, la sécheresse estivale n'est pas importante puisque le site n'a à priori qu'une activité très limitée.

L'établissement d'un profil des usages pourra être confronté aux profils pluviométriques journaliers pour estimer le taux de couverture du besoin par les eaux de pluie et ainsi corriger le volume de stockage pour atteindre les objectifs.

Une fois ce premier dimensionnement effectué, **une analyse de sensibilité peut être effectuée pour repérer d'éventuelles limites du taux de couverture** en fonction de la capacité de stockage, qui définiront le maximum d'eaux valorisables cette année. Le stockage ainsi estimé pourra être mesuré au profil pluviométrique journalier de la seconde année choisie, plus favorable, pour déterminer l'évolution du taux de couverture.

Les pressions sur la ressource

Les usages de l'eau sont nombreux. Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation des terres agricoles et l'industrie représentent la principale de source de pression. Il est estimé également que 5 milliards de m³ sont utilisés pour la production d'hydroélectricité par an (*source : SRADDET PACA*).

Les conditions climatiques actuelles ont également des répercussions sur la ressource. En périodes de faible disponibilité, les différentes préfectures des départements de la région ont mis en place des arrêtés-cadre sécheresse limitant les prélèvements en eau dans le milieu naturel. Généralement, en période estivale, l'ensemble du territoire de la région PACA est ainsi concerné par des restrictions. Ces dernières peuvent également être appliquées l'hiver. Le 5 février 2025, l'état de vigilance a par exemple été déclaré pour toutes les communes des Bouches-du-Rhône.

Nota Un arrêté-cadre interdépartemental relatif à la gestion et à la préservation de la ressource en eau stockée dans les systèmes Serre-Ponçon, Sainte-Croix/Castillon et Saint Cassien en période de pénurie est en vigueur depuis le 26 juin 2024.

L'utilisation des eaux de pluie et la réutilisation des eaux grises traitées ont pour but de réduire la pression induite par les prélèvements pour l'alimentation en eau potable.

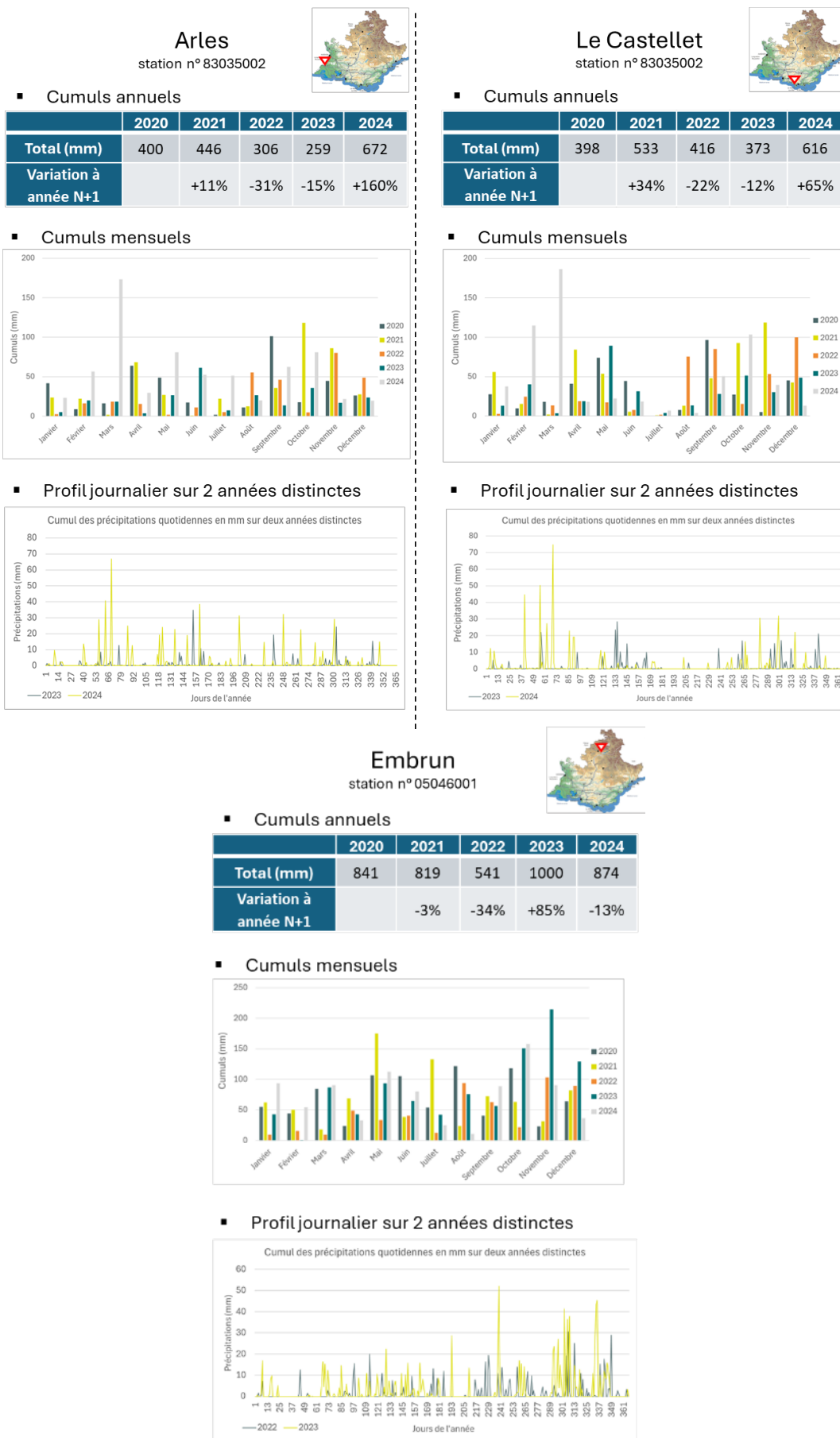


Figure 9 : Données pluviométriques de 3 stations météo illustrant des régimes différents dans la région

La région Provence-Alpes- Côte d'Azur

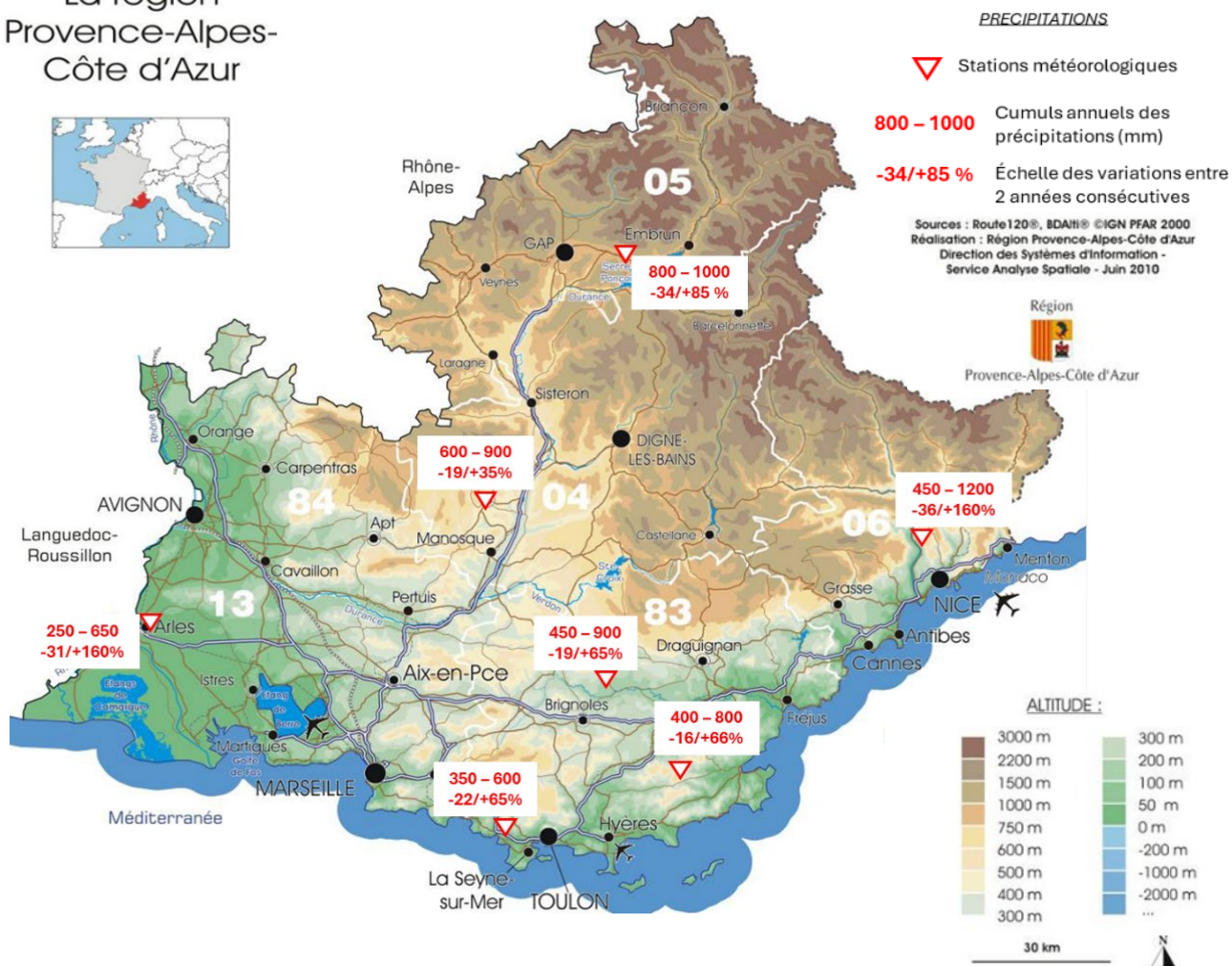


Figure 10 : Carte des stations météorologiques utilisées pour cette étude en région PACA

La sensibilité de la ressource en eau vis-à-vis du changement climatique

Au-delà des pressions climatiques impactant actuellement la ressource, le changement climatique va mettre davantage de pression dans les années à venir.

Le GREC SUD fait ressortir certaines tendances :

- Baisse globale de la ressource en eau à l'échelle annuelle, surtout l'été. Ceci va provoquer des étiages de plus en plus fréquents, surtout pour les cours d'eau très dépendants des précipitations et impacter la recharge des aquifères
- Baisse des précipitations de neige l'hiver qui induira la diminution des apports en eau printaniers, constituant une ressource d'eau pour la période estivale.
- Augmentation des périodes de sécheresse et de pluie intense.

Nota Les épisodes de fortes pluies sur des périodes très courtes ne favorisent pas l'infiltration, la capacité d'absorption des sols étant limitée. Au contraire, elles provoquent des épisodes d'inondation.

- Impacts économiques attendus sur les filières dépendantes de la ressource en eau comme l'agriculture et la production d'hydroélectricité.

Bien que ces prévisions soient de l'ordre de la prospective et restent difficile à caractériser, le site *Climadiag-commune* de météo France propose une synthèse des informations de la Trajectoire de Réchauffement de Référence pour l'Adaptation au Changement Climatique (TRACC), mise en place par le Ministère de la

Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires via une liste d'indicateurs climatiques ciblés par commune, comme le nombre de jours avec précipitations et fortes précipitations, à plusieurs horizons :

- Horizon 2030 à + 2 °C
- Horizon 2050 à + 2.7 °C
- Horizon 2100 à + 4 °C

Les actions sur la région

Parmi les mesures permettant de réduire les pressions, le SDAGE du bassin Rhône Méditerranée émet le besoin de « Mettre en place un dispositif d'économie d'eau auprès des particuliers ou des collectivités » qui comprend notamment la récupération des eaux de pluie par les collectivités.

Les orientations du SDAGE sont déclinées à l'échelle des bassins versants, par 11 SAGE (à l'été 2025) mis en œuvre ou en élaboration sur la région PACA : Arc provençal, Calavon-Coulon, Crau, Drac amont, Drac Romanche, Durance, Gapeau, Lez, Nappe et Basse vallée du Var, Siagne et Verdon.

Depuis 2009, la Région a initié une réflexion stratégique en partenariat avec l'Etat et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse afin d'anticiper les impacts à venir. Ce travail a abouti à l'élaboration du Schéma d'Orientations pour une Utilisation Raisonnée et Solidaire de la Ressource en Eau (SOURCE).

Ce Schéma a lui-même abouti à la Charte régionale de l'eau. Les collectivités signataires s'engagent notamment à prendre en compte les enjeux d'une gestion intégrée et durable de la ressource dans l'aménagement des territoires afin que l'eau devienne support du projet de territoire.

Le Plan Eau 2023

Le Plan Eau du gouvernement français de mars 2023 cherche à lever les freins réglementaires pour la valorisation des eaux non conventionnelles dans l'industrie agro-alimentaire, dans les secteurs industriels et pour certains usages urbains (hydrocurage, lavage de voiries...), dans le respect de la protection de la santé des populations et des écosystèmes.

Le Plan Eau prévoit notamment pour la valorisation des ENC :

- La mise en place d'un guichet unique ;
- Un accompagnement France Expérimentation pour les dossiers innovants ;
- Un appel à manifestation d'intérêt spécifique à destination des collectivités littorales.

Le Plan Eau décline également les objectifs suivants qui traitent tant du cycle de l'eau dans son intégralité que des moyens à mettre en œuvre :

- Sobriété ;
- Optimiser la disponibilité (notamment utilisation des ENC) ;
- Préserver la qualité ;
- Mettre en place les moyens d'atteindre les ambitions ;
- Avoir la capacité de mieux répondre aux crises de sécheresse ;
- Un suivi régulier des actions engagées et une actualisation du plan.

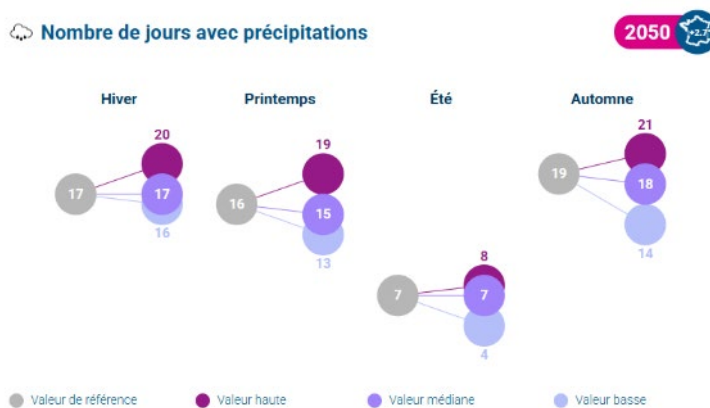


Figure 11 Présentation de l'évolution du nombre de jours avec précipitations à l'horizon 2050 pour la commune de Marseille, climadiag-commune

Pertinence de la récupération de l'eau de pluie

Impacts sur le cycle de l'eau

Avec la réémergence des techniques de récupération des eaux de pluie, il est important de se demander si le cycle de l'eau peut être impacté par la mise en place à grande échelle de tels dispositifs.

Dans le cas de la construction d'un bâtiment, la réglementation peut imposer une gestion des eaux de pluie courantes à la parcelle, ce qui signifie une infiltration des eaux pluviales collectées par les toitures. Ici, la mise en place de dispositifs de **récupération des eaux de pluie réduirait les volumes infiltrés dans le sol, ou les décalerait dans le temps si l'usage de ces eaux récupérées est l'arrosage**.

En général, le volume de stockage des eaux de pluie pour réutilisation n'est pas comptabilisé dans le calcul des volumes de gestion d'eau pluviale à la parcelle. Il peut être intéressant d'étudier les possibles solutions de mutualisation entre les ouvrages de gestion des eaux pluviales issues des toitures et les ouvrages de stockage en vue de réutilisation. De tels ouvrages doivent être réfléchis de manière à maîtriser les risques techniques d'une mauvaise évacuation ne permettant pas de conserver l'entièreté du volume dédié aux eaux de ruissellement des toitures.

De plus, l'eau est récupérée et utilisée en substitution de l'eau potable, ce qui permet de diminuer la pression de prélèvement sur ce dernier. La récupération des eaux de pluie réduirait les quantités infiltrées sans pour autant impacter de façon certaine le milieu naturel, d'autant plus si l'eau potable économisée provient des nappes à proximité du bâtiment.

Dans le cas de bâtiment existants, la majorité des bâtiments existants envoie les eaux collectées par les toitures vers les réseaux publics.

- Cas des réseaux unitaires

Si le réseau est unitaire, une boucle de réutilisation à l'intérieur du bâtiment pour l'évacuation des excréta ou le lavage du linge n'aurait aucun impact sur leur point de rejet. En effet, si les eaux de toiture sont envoyées vers le réseau unitaire en temps normal, la part d'eau stockée et réutilisée dans le bâtiment rejoindra le réseau d'eaux usées, partagé avec le réseau pluvial. Dans le cas du nettoyage des sols ou de l'arrosage, il y a bien une réduction de la quantité d'eau évacuée vers le point de rejet (voir Figure 12).

- Cas des réseaux séparatifs

Si le réseau est séparatif, il convient de s'assurer que les points de rejet du réseau pluvial et d'eau usée se situent dans le même bassin versant à des distances assez proches. En effet, une fois utilisée pour les usages domestiques, l'eau de pluie récupérée est envoyée vers le réseau d'eau usée, substituant ainsi de l'eau au milieu naturel récepteur du réseau pluvial.

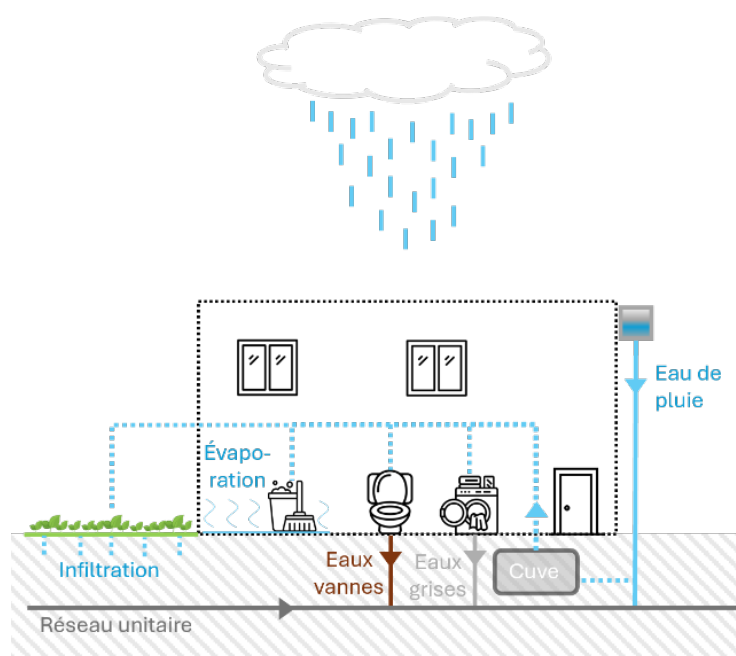


Figure 12 Schéma de l'influence du choix de l'usage de l'eau de pluie réutilisée sur son point de rejet, pour un réseau unitaire

Dans tous les cas, l'eau de pluie récupérée est utilisée à proximité de son point de chute, limitant ainsi les pertes liées au transport caractéristiques des réseaux d'eau potable.

Pertinence de la récupération de l'eau de pluie en Région PACA

Comme indiqué précédemment, le changement climatique va fortement diminuer la recharge des aquifères ainsi que les débits des cours d'eau dans les années à venir sur la région PACA. Cela nous amène à réfléchir sur la pertinence de la réutilisation des eaux de pluie sur la région.

En effet, est-il pertinent de massifier les installations des systèmes de récupération des eaux de pluie dans la région ? Cette solution permettrait de réduire la pression de prélèvement sur le milieu naturel pour l'alimentation en eau potable. Mais en contrepartie, le stockage des eaux de pluie limiterait la recharge des cours d'eau dont les débits seront affaiblis en raison du changement climatique.

Il est important de regarder ici la position des infrastructures accueillant les systèmes de réutilisation par rapport au bassin versant auquel elles appartiennent. En effet, les secteurs en tête de bassin versant sont très fragiles. Ils permettent d'alimenter les principaux cours d'eau plus en aval. La diminution des apports en eau peut impacter l'ensemble du réseau hydrographique.

Au contraire, le stockage de la ressource à proximité des cours d'eau présentant un débit élevé est moins impactant. Les volumes substitués au milieu sont plus faibles en comparaison des débits d'écoulements. Pour les fleuves qui se jettent dans la mer Méditerranée, le stockage et la réutilisation des eaux de pluie ne doivent pas empêcher le maintien d'un débit d'étiage dans ces derniers. Les enjeux quantitatifs sont moindres car les fleuves alimentent les eaux marines et non tout un réseau hydrographique de plusieurs centaines de kilomètres.

Le stockage et l'utilisation des eaux de pluie pour les usages domestiques apparaissent donc plus favorables dans les secteurs géographiques localisés hors des têtes de bassin versant, qui sont essentielles pour l'alimentation de l'ensemble du réseau hydrographique. Ceci est à relativiser au regard des volumes interceptés.

Les autres impacts de la récupération des eaux de pluie

La pertinence de la réutilisation des eaux de pluie peut s'étudier au-delà de son impact sur le cycle de l'eau. Dans un document intitulé « La récup-utilisation de l'eau de pluie : est-ce toujours une bonne idée ? » daté de décembre 2022, l'association le GRAIE a étudié plusieurs aspects de la récupération des eaux de pluie en vue de leur utilisation (d'où le terme « récup-utilisation »).

L'association met notamment en évidence les points suivants :

- Le récup-utilisation ne permet pas de consommer moins d'eau. Ce sont les comportements des usagers qui permettent des économies. Attention toutefois à ne pas entrer dans un phénomène de gaspillage car l'eau coûte moins cher ;
- Seule l'utilisation d'eau de pluie pour l'arrosage a réellement un effet positif sur la ressource car elle permet l'infiltration de l'eau de pluie près de son point de chute ;
- La récup-utilisation ne permet pas forcément de réduire la pression sur le milieu naturel car les cuves sont généralement vides lors des longues périodes de sécheresse, lorsque les tensions sur le milieu naturel sont les plus importantes. Seuls les dispositifs possédant des cuves de stockage très conséquentes permettent une mise à disposition d'eau de pluie lors de ces périodes critiques ;
- La récup-utilisation de l'eau de pluie n'entraîne pas de gain énergétique, sauf pour les systèmes gravitaires, sans dispositif de pompage ;
- La récup-utilisation entraîne la mise en œuvre de cuves et d'un réseau spécifique, contribuant ainsi à la surconsommation des ressources naturelles ;

- La récup-utilisation n'est pas rentable financièrement, hormis sur le très long-terme pour les particuliers ;
- Le modèle est équitable socialement uniquement à l'échelle collective.

Il ressort de l'analyse du GRAIE que l'arrosage est le seul usage de l'eau de pluie qui a réellement un effet positif pour la ressource. En effet, pour les usages domestiques intérieurs, la réutilisation des eaux grises est plus pertinente afin de réduire la pression sur la ressource.

Objectifs de l'étude

Dans un contexte de tensions sur la ressource en eau et d'une évolution du cadre réglementaire, qui élargit les opportunités de réutilisation des eaux de pluie, mais rend aussi possible aussi la réutilisation des eaux grises, cette étude vise à questionner la pertinence de la récupération de l'eau de pluie, en vue d'une utilisation ultérieure, en région PACA. Elle s'appuie sur des retours d'expérience pour mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'une telle installation et les écueils à éviter, mais aussi souligner les bonnes pratiques.

Etat de l'art

Cadre réglementaire pour la réutilisation des eaux non conventionnelles

Les eaux non conventionnelles regroupent :

- | | |
|--|---|
| - Les eaux usées traitées (EUT), | - Les eaux de puits et de forages privés, |
| - Les eaux issues de processus industriels | - Les eaux grises, |
| - Les eaux de pluie, | - Les eaux vannes, |
| - Les eaux pluviales, | - Les eaux des piscines collectives, |
| - Les eaux douces, | |

Les eaux impropres à la consommation humaine (EICH), qui font l'objet de la réglementation s'appliquant dans le cadre de cette étude, sont des ENC. Elles correspondent aux eaux insalubres qui ne conviennent pas à la boisson, à la préparation et à la cuisson des aliments, à l'hygiène corporelle, à l'hygiène générale et à la propreté.

Les textes de loi s'appliquant désormais pour les différents types d'usages sont présentés sur la Figure 13.

On remarque qu'en fonction des eaux utilisées et des usages desservis, les services de l'état en charge de la réglementation ne sont pas les mêmes :

- Les EUT : pilotage par les services de l'état en charge de la transition écologique

Nota La réglementation autour des usages non domestiques pour encadrer les usages urbains comme le lavage des voiries et l'hydrocurage des réseaux est parue le 5 octobre 2025. Il s'agit de l'Arrêté du 8 septembre 2025 relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour la propreté urbaine et modifiant l'arrêté du 14 décembre 2023 relatif aux conditions de production et d'utilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage d'espaces verts.

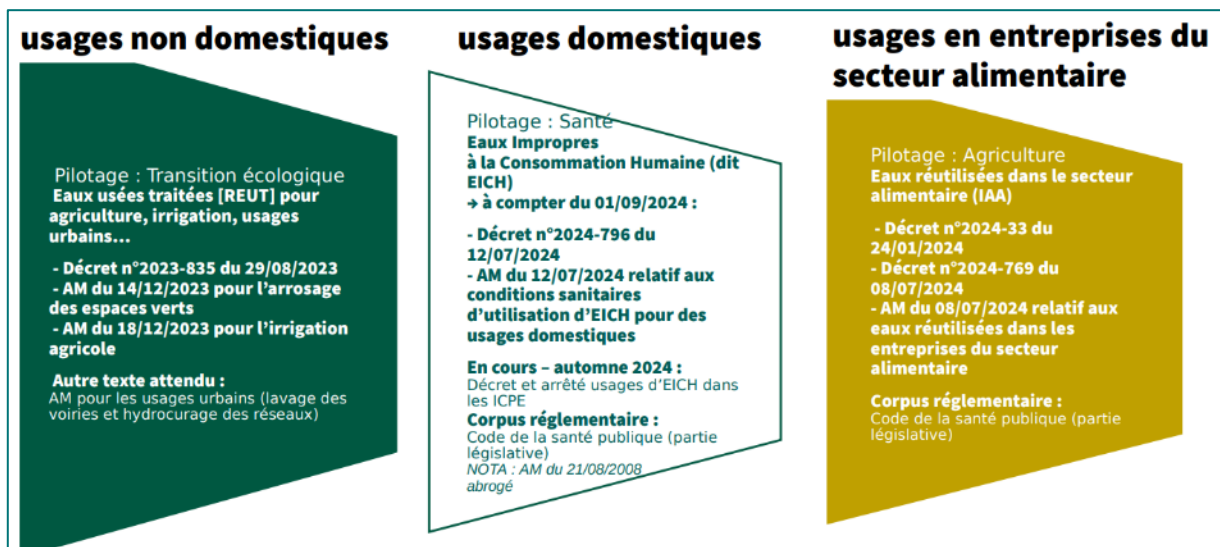


Figure 13 : Etat actuel de la réglementation autour du sujet de la valorisation des eaux non conventionnelles à l'automne 2024 (source : DREAL Pays de la Loire)

- Les Eaux réutilisées dans le secteur agroalimentaire (IAA) : pilotage par les services de l'état liés à l'agriculture

Pour le secteur des entreprises alimentaires, trois textes encadrent la pratique. Ils se focalisent notamment sur les conditions d'usage d'eaux non potables dans les process de préparation, de transformation et de conservation des marchandises destinées à l'alimentation humaine.

- Les EICH : pilotage par les services de l'état en charge de la santé

Les différents usages à l'intérieur d'un bâtiment recevant du public sont considérés comme des usages domestiques. La publication du décret sur l'utilisation d'EICH dans les installations classées pour la protection de l'environnement du 14/03/2025 permet de cadrer la pratique dans les bâtiments présentant un risque pour l'environnement.

Il est important de noter qu'avant le 12 juillet 2024, seule la récupération de l'eau de pluie était permise pour un usage domestique, conformément à l'arrêté du 21 août 2008, abrogé depuis.

Ainsi, aujourd'hui, la consommation d'eau potable moyenne d'un français étant estimée à un peu moins de 150 litres par jour avec la répartition présentée en Figure 14, la réglementation autorise la réutilisation de près de 50 % de l'eau consommée quotidiennement.

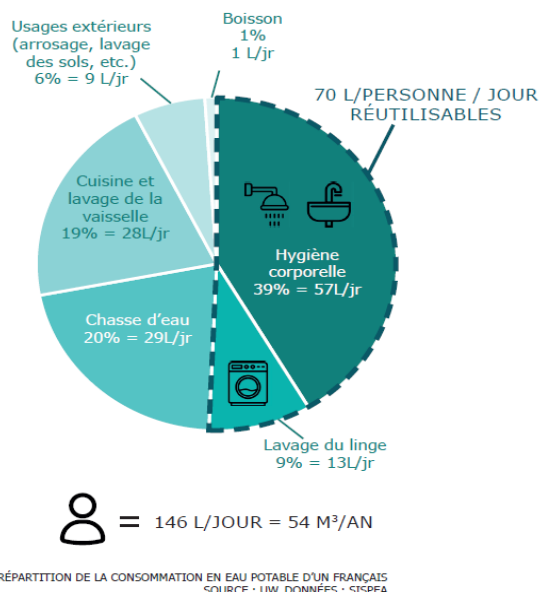


Figure 14 Répartition de la consommation en eau potable d'un français (Source : UW, données SISPEA)

Zoom sur la réglementation pour les EICH

Comme évoqué précédemment, depuis l'été 2024, la réglementation sur l'utilisation des eaux impropres à la consommation humaine pour des usages domestiques a évolué. Le décret 2024-796 du 12 juillet 2024 instaure un cadre réglementaire autour de cette pratique, appelée REICH pour réutilisation des eaux impropres à la consommation humaine. L'arrêté publié à la même date précise les mesures associées.

Le Tableau 1 résume les possibilités d’usages en fonction du type d’eau récupérée. Certains usages ne sont en effet pas permis pour certains types d’eau récupérée, tandis que pour d’autres, des critères de qualité sont exigés.

Tableau de synthèse : Couple eau usages / qualité requise / procédure administrative

EICH Usages	Eaux brutes issues du milieu naturel : Eaux de pluie, eaux douces, eaux de puits et de forages		Eaux grises (issues des douches, des baignoires, des lavabos et des lave-linges) et Eaux de piscine collectives		Eaux vannes issues des toilettes	Eaux spéciales des établissements de santé		
		pour établissement recevant du public sensible (ERPS)		pour établissement recevant du public sensible (ERPS)				
Lavage du linge	Déclaration A+ (1)	Déclaration A+	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation		Soumis à expérimentation	Déclaration	usage permis sans procédure administrative
Lavage des sols en intérieur	/	/	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation		Soumis à expérimentation	Autorisation	Déclaration au préfet au titre de l'article R. 1322-100 du code de la santé publique
Alimentation des fontaines décoratives	/	Déclaration A+	Déclaration A+	Autorisation A+		Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation	Autorisation du préfet au titre de l'article R. 1322-101 du code de la santé publique
Arrosage des jardins potagers	/	/	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation		Expérimentation au titre de l'article 2 du décret n° 2024-796 du 12 juillet 2024
Evacuation des excréta	/	/	Déclaration A+	Autorisation A+	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation		usage interdit
lavage surfaces extérieures dont véhicules au domicile	/	/	Déclaration A	Autorisation A	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation	A+	Usage soumis aux critères de qualité de l'annexe II de l'arrêté du 12 juillet 2024 (NOR : TSP231306J4)
Arrosage des toitures et murs végétalisés et des espaces verts à l'échelle du bâtiment	/	/	Déclaration A	Autorisation A	Soumis à expérimentation	Soumis à expérimentation	A	Usage soumis aux critères de qualité de l'annexe II de l'arrêté du 12 juillet 2024 (NOR : TSP231306J4)
							A+ (1)	Usage soumis aux critères de qualité de l'annexe II de l'arrêté du 12 juillet 2024 (NOR : TSP231306J4)

Tableau 1 : récapitulatif de la réglementation en vigueur sur les usages des EICH en fonction du type d'eau récoltée et spécificités des établissements recevant du public sensible (source : DGS)

Les critères à respecter pour les deux catégories de qualité définis dans l’arrêté du 12 juillet 2024 sont renseignés plus loin dans le Tableau 4 dans la partie relative au traitement.

On notera que :

- La réglementation s’applique uniquement sur les EICH collectées à l’intérieur des établissements où elles seront réutilisées.
- L’arrêté n’autorise pas la mise à dispositions de tiers le surplus d’eau collectée.

Dans les établissements recevant du public sensible (établissements de santé, d’hébergement de personnes âgées, laboratoires d’analyses de biologie médicale, crèches, écoles maternelles et élémentaires), des autorisations sont nécessaires pour les usages les plus à risque.

Pour les usages soumis à expérimentation, les seuils de qualité attendus en fonction des gisements ne sont pour le moment pas connus. Ils seront fixés par les services de l’état, au cas par cas pour chaque projet. On peut toutefois viser ces mêmes seuils de qualité afin de limiter au mieux les risques sanitaires et d’obtenir une validation des demandes de projet.

Les composantes d'un système de réutilisation

La Figure 15 propose une décomposition des systèmes de réutilisation en cinq fonctions principales, qui sont détaillées dans les sous-parties suivantes.

Le stockage des eaux non conventionnelles

Le stockage est un élément important dans le système de réutilisation d'eau non conventionnelle puisqu'il va permettre de faire le lien entre la phase de collecte et la phase d'usage malgré leur éventuel écart temporel. Pour garantir la conservation de la qualité de l'eau pendant cette période d'attente, les réservoirs doivent respecter certaines conditions.

On peut noter que le stockage doit toujours se faire à pression atmosphérique.

La réglementation autour du stockage

Le temps de stockage

Le temps de stockage des eaux de pluie n'est pas contraint par la réglementation du 12 juillet 2024. Il est à définir par le propriétaire du réseau de façon à éviter le développement de biofilms et les phénomènes de fermentation. Ainsi, la vidange de la cuve n'est pas une nécessité mais doit être réalisé au besoin. Il faut simplement que le système soit équipé d'une vidange pour faciliter les opérations d'entretien et de maintenance (difficile à faire quand il y a de l'eau dans la cuve).

DESCRIPTION FONCTIONNELLE D'UNE INSTALLATION COMPLEXE

Toute installation de récupération – utilisation d'eau pluviale dans un bâtiment peut être décrite au travers de cinq fonctions principales : collecte, traitement, stockage, redistribution et signalisation. Chacune sous-fonctions, comme suit.

1. La collecte

a pour objet de récupérer l'eau de pluie et de l'acheminer vers un stockage en garantissant un minimum de qualité. Cette fonction regroupe d'une part, le *captage* de l'eau sur une surface appropriée et l'*acheminement* de l'eau récupérée vers le stockage.

2. Le traitement

a pour finalité d'assurer une certaine qualité de l'eau au regard d'un usage visé. Cette fonction regroupe le *dégrillage* (toujours amont) et les dispositifs de *filtration* lesquels peuvent être situés en amont et/ou en aval du stockage.

3. Le stockage

a pour objet de conserver l'eau de pluie collectée en veillant à ce que la qualité se maintienne au mieux pour une utilisation ultérieure. Cette fonction est elle-même décomposable en deux sous-fonctions élémentaires : *réserve* (conserver l'eau de pluie collectée) et *régulation du stock* (assurer le trop-plein et veiller à ce qu'une réponse soit tou-

jours apportée à l'usage auquel est destinée l'eau de pluie récupérée, soit par l'eau de pluie stockée, soit par le recours à l'eau de ville lorsque l'eau de pluie stockée vient à manquer).

4. La redistribution

a pour objet d'acheminer l'eau récupérée vers les points d'usage. Elle comporte deux sous-fonctions : la *remise en pression* de l'eau et sa *distribution* jusqu'aux points d'utilisation.

5. La signalisation

consiste à permettre une information idoine tant des usagers de l'installation que des autres acteurs en assurant la gestion ou susceptibles d'intervenir sur celle-ci. Les besoins de signalisation se font sentir au niveau du *local technique*, des *points d'usage* et de toutes les *autres parties apparentes* de l'installation.

Chacune des fonctions et sous-fonctions décrites doit être correctement assurée pour permettre un fonctionnement sûr et durable de l'installation, non seulement du point de vue technique, mais également en termes d'appropriation par ses exploitants et ses usagers.

Figure 15 : Description fonctionnelle d'un système de REICH (source : CSTB)

Le stockage des eaux grises est quant à lui plus contraignant. La durée maximale de stockage de l'eau est de 12h avant traitement et de 72h après traitement. Cela représente une contrainte d'autant plus importante dans des établissements recevant du public avec une fréquentation variable.

Les eaux grises traitées s'écoulant en continu dans le réservoir de stockage et se mêlant aux eaux déjà en cours de stockage, il semble difficile de comptabiliser ces 72h, introduisant un flou dans l'interprétation de la loi. Pour les eaux grises, un système doit également prévoir la vidange ou la purge vers le réseau d'eaux usées si le stockage dépasse les temps réglementaires. La réglementation impose aussi que la vidange et l'entretien des stockages d'eaux grises soient réalisés annuellement.

En cas de mélange des eaux, la réglementation la plus contraignante s'applique.

Le matériau

Ce dernier doit être non translucide et inerte vis-à-vis de l'eau afin qu'il ne soit pas détérioré par l'effluent stocké, et inversement. Par exemple, le matériau ne doit pas altérer la couleur et l'odeur de l'eau ni favoriser le développement de biofilms.

Les matériaux respectant ces conditions et couramment utilisés sont :

- Les thermoplastiques : polyéthylène (PE) ou polyéthylène haute densité (PEHD), polypropylène (PP), polychlorure de vinyle (PVC),
- Les composites : polyester renforcé de fibres de verre-PRV,
- Le béton,
- L'acier revêtu.

L'implantation sur le site

Le stockage doit être couvert et protégé contre toute pollution d'origine extérieure. Il doit aussi être facilement accessible pour les opérations de maintenance et d'entretien. L'accès à la cuve est sécurisé pour éviter les risques de noyade. Toutes les aérations sont munies de grille anti-moustiques de maille inférieure ou égale à 1 mm. Le stockage doit également être protégé des variations de température trop élevées (risque de gel en cas de température basse, risque de développement de légionnelle en cas de température haute).

Les risques liés au stockage

Le stockage des EICH comporte des risques pouvant affecter la qualité de l'eau. Ces risques varient en fonction du type d'eau stockée : les eaux grises sont généralement plus polluées que les eaux de pluie par exemple. Il convient donc de caractériser dès la conception les gisements d'eaux à valoriser pour adopter la meilleure stratégie de stockage.

Le matériau choisi pour le stockage devant être inerte vis-à-vis du fluide, les risques concernent davantage le développement d'organismes :

- Cyanobactéries, favorisé par la présence en excès de nutriments azotés et phosphorés. Ces organismes peuvent être responsables de la libération d'endotoxines toxiques pour l'humain ;
- Biofilms dans les réseaux de distribution en aval, engendrant le colmatage du réseau. Cela peut venir de la présence de nutriments dans les EUT, la rugosité des canalisations, la présence de microorganismes en amont du réseau de distribution, la faible concentration en chlore, le pH et la température et la vitesse d'écoulement des EUT dans le réseau ;
- Légionelles, favorisées par une eau à température ambiante -élevée (20-50°C). Contamination par inhalation, peut provoquer une infection pulmonaire (légionellose)

Pour limiter ces risques, certaines pratiques existent :

- Limiter le temps de séjour dans la cuve,
- Stabiliser les réactions microbiennes par désinfection,
- Brasser le réservoir, ce qui peut toutefois limiter la décantation des particules ou les remettre en suspension dans l'eau
- Stocker à une température défavorable au développement microbien (idéalement entre -5°C et 20°C),

Les types de réservoirs

Les réservoirs à surface libre ne rentrent pas dans le cadre de l’arrêté du 12 juillet 2024 portant sur les EICH, qui spécifient que les réservoirs doivent être fermés.

Cuve enterrée ou aérienne

Le stockage peut être enterré, en surface ou surélevé selon les contextes. Le tableau 2 ci-dessous en résume les principaux avantages et inconvénients.

Tableau 2 : Comparaison cuve aérienne/cuve enterrée

Les principales cuves de stockage enterrées sont en acier, en béton ou en polyéthylène. Elles permettent notamment de réduire la hausse des températures de l’eau stockée l’été et les phénomènes de gel l’hiver. Toutefois, il est important de veiller à ce que la cuve soit accessible pour faciliter les interventions de maintenance et d’entretien.

Les citernes aériennes sont intéressantes pour leur facilité de mise en œuvre et d’entretien. Les fuites sont aussi plus facilement détectables. Toutefois, l’eau stockée est exposée aux variations de température. De plus, les cuves sont plus sensibles aux agressions extérieures causées par l’environnement (air marin, UV...). Une alternative pourrait être de positionner la cuve dans un vide sanitaire, couplant ainsi les bénéfices d’accessibilité d’une cuve aérienne et les avantages de protection aux conditions extérieures d’une cuve enterrée.

Cuve rigide ou souple

Les cuves de stockage commercialisées aujourd’hui sur le marché sont pour la plupart en matériau rigide.

Les citernes souples offrent une certaine souplesse pour l’installation. Elles ne sont cependant pas conseillées pour certains usages plutôt sensibles. En effet, l’Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail (ANSES) a publié en 2024 un avis relatif au projet de réutilisation des eaux en sortie de station d’épuration sur Métropole de Montpellier. Elle précise dans ce dernier que « recourir à des bâches souples n’est pas le choix le plus approprié, car elles sont notamment d’entretien plus difficile que des réservoirs rigides ».

Les photos suivantes sont issues des sites internet de certains fabricants de cuve et permettent d’illustrer les différents types de stockage existants.

	Avantages	Inconvénients
Cuve enterrée	Protection contre les variations de températures	Ouvrage non démontable/déplaçable
	Protection contre la lumière	Plus difficile d'accès pour la maintenance
	Pas de vidange nécessaire l'hiver à cause du gel	Coût relativement élevé
	Plus de discrétion et pas de problème esthétique	
Cuve aérienne	Facile d'accès pour le nettoyage et la maintenance	Sujette à la variation de température
	Rapidité dans les ajustements à faire	Sujette à la lumière
	Facile à installer et à transporter	Problème esthétique
	Cuve généralement plus légère	Doit être protégée et hors d'accès pour éviter le vandalisme
	Relativement économique	Vidange nécessaire l'hiver



Figure 20 Cuve rigide en PEHD de 2 m³



Figure 20 Citerne souple Citerneo (Source : Citerneo)

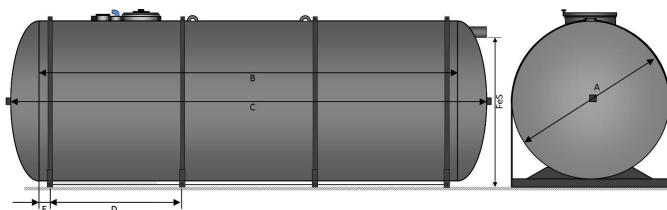


Figure 18 Citerne en acier Technipluie (Source : Technipluie)

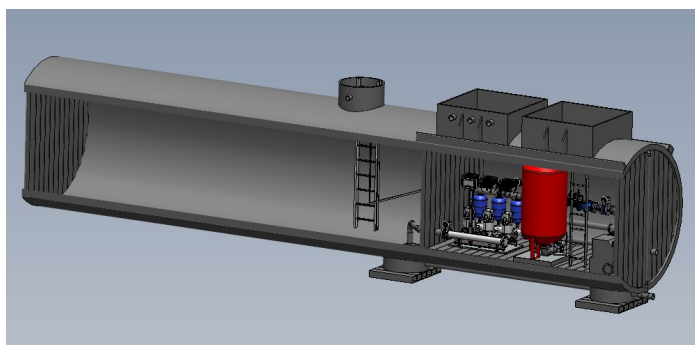


Figure 17 Citerne en polyéthylène haute densité (PEHD) de TUBAO (Source : TUBAO) avec intégration du système technique



Figure 16 Installation d'une citerne en béton de 10 m³ de récupération d'eaux de pluie (Source : Stockao)

Le traitement des eaux non conventionnelles

La réglementation autour du traitement

Seuils de qualité et suivi

Il n'est pas exigé de critère de qualité et de mesures pour les eaux de pluie pour l'arrosage ou les sanitaires, mais pour les eaux grises, et les eaux de pluie utilisée pour le lavage du linge.

Tableau 3 Critères définissant les qualités A et A+ introduites par la réglementation et fréquences de contrôle

Paramètres	Type d'EICH		
	Eaux brutes naturelles (*)	Eaux grises et eaux de piscine (à l'issue de la période de 2 mois prévue après la 1ère mise en service)	
		Système à usage unifamiliale	Autres cas
Escherichia coli	1 fois à la mise en service	1 fois par an	2 fois par an
Entérocoques intestinaux	1 fois à la mise en service	1 fois par an	2 fois par an
Legionella pneumophila (**)	Sans objet	1 fois par an	1 fois par an
Turbidité	1 fois à la mise en service	Fréquence adaptée au bon fonctionnement du système***	Fréquence adaptée au bon fonctionnement du système***
Carbone organique total (COT)	1 fois à la mise en service	1 fois par an	2 fois par an

En cas de chloration : Résiduel de chlore libre	1 fois à la mise en service	Fréquence adaptée au bon fonctionnement du système	Fréquence adaptée au bon fonctionnement du système
pH	1 fois à la mise en service	1 fois par an	2 fois par an

(*) pour le lavage du linge uniquement

(**) la surveillance est à réaliser en période estivale. En cas d'usage saisonnier, le contrôle est à réaliser en début de saison

(***) selon spécifications techniques du fabricant

La qualité des eaux traitées et réutilisées doit être garantie durant toute la durée de vie du système. C'est pourquoi la réglementation impose une fréquence de contrôle de ces paramètres de qualité, présentée dans le Tableau 4.

On constate que le suivi des systèmes d'utilisation d'eau de pluie est beaucoup plus léger que pour les eaux grises car les paramètres physico-chimiques des eaux pluviales sont moins susceptibles de contaminer les installations et les usagers.

Tableau 4 : Critères de qualité des seuils A et A+ (Source : Légifrance)

Paramètres	Valeur de conformité	
	Qualité A +	Qualité A
Escherichia coli	0 UFC / 100 mL	≤ 10 UFC / 100 mL
Entérocoques intestinaux	0 UFC / 100 mL	/
Legionella pneumophila	≤ 10 UFC/L	≤ 10 UFC/L
Turbidité	≤ 2 NFU	≤ 5 NFU
Carbone organique total (COT)	≤ 5 mg/L	≤ 10 mg/L
Résiduel de chlore libre	Absence d'odeur	Absence d'odeur
pH	Entre 5,5 et 8,5	Entre 5,5 et 8,5

Les normes existantes

La norme NF EN 16941 spécifie les exigences et fournit des recommandations concernant la conception, le dimensionnement, l'installation, l'identification, la mise en service et l'entretien des systèmes de récupération de l'eau de pluie pour son utilisation sur site en tant qu'eau non potable.

Toutefois, il n'existe pas encore de norme permettant de valider qu'une installation soit bien conforme à la réglementation.

A l'échelle européenne, le marquage CE indique qu'un produit a été évalué par le fabricant et qu'il a été jugé conforme aux exigences de l'UE en matière de sécurité, de santé et de protection de l'environnement.

L'absence de norme en France et en Europe ne permet pas aux fabricants français de proposer des solutions de traitement certifiées. En comparaison, il existe une norme américaine, la norme NSF 350, qui permet de certifier les dispositifs de traitement résidentiels et commerciaux de réutilisation de l'eau sur site.

Les processus de traitement de l'eau

Les étapes du traitement de l'eau potable

Le processus de traitement de potabilisation permet d'obtenir une qualité supérieure à A+. Pour la REICH, il n'est pas nécessaire de pousser le traitement aussi loin, cependant, les systèmes actuels de traitement des eaux grises et de pluie s'inspirent en partie du processus de potabilisation.

Le traitement de l'eau de pluie

Le traitement de l'eau de pluie est plutôt léger en comparaison aux eaux grises. Par exemple, des entreprises commercialisent des dispositifs de traitement qui se composent d'une solution de traitement par microfiltration, charbon actif et UV. Des installations auprès de particuliers ont déjà été mises en place pour alimenter les machines à laver avec de l'eau de pluie, usage qui nécessite une qualité A+ selon la réglementation.

Le traitement des eaux grises



Figure 21 Système de filtration
(Source : Technipluie)

Il existe aujourd'hui des dispositifs permettant de traiter les eaux grises dites légères à l'échelle des bâtiments issues des douches et des lavabos. Des entreprises ont développé des technologies simples d'usage, à faible besoin de maintenance et adaptées à un public qui cherche à valoriser une partie de ses gisements tout en évitant une maintenance lourde.

Des systèmes plus importants et plus poussés technologiquement permettent le traitement de l'ensemble des eaux grises, voire des eaux noires. Les analyses montrent que les eaux en sortie de système présentent des qualités équivalentes ou supérieures à la qualité A+. Ces systèmes sont composés d'unités de traitement proches de stations d'épuration, incluant à minima une filtration poussée.

Des solutions low-tech sont actuellement à l'étude. Certaines entreprises travaillent sur des dispositifs de traitement basés sur la phytoépuration, c'est-à-dire le traitement de l'eau par les plantes. Toutefois, aucune solution commercialisée aujourd'hui ne semble respecter l'ensemble des dispositions de la réglementation EICH.

N.B : l'étude de retour d'expérience ne s'est pas portée sur l'analyse de telle ou tel marque ou modèle mis en œuvre. Et ne pourrait d'ailleurs pas se résumer à cela car comme déjà évoqué les principales réussites ou défaillances constatées portent largement plus sur la gestion de projet (de la conception à la maintenance) qu'à la fiabilité purement matérielle. A ce titre nous ne citons par de marque ou modèle en particulier ici, ou dans le reste du rapport.

Les dispositifs de filtrations fréquents

Le traitement des eaux de pluie se résume souvent à une ou plusieurs filtrations en aval du stockage. Le principe général des filtres est d'améliorer la qualité de l'eau en retenant les pollutions. Le type de pollution retenue varie suivant les filtrations utilisées :

- Filtres à panier / cartouche / tamis / poche / sable : retient les grosses particules (solides en suspension comme des morceaux de feuille en décomposition, des petits cailloux). Permettent une première filtration grossière.
- Charbon actif : retient les traces d'hydrocarbures, les composants chimiques et les traces de certains métaux lourds (plomb et mercure). Permet ainsi de limiter les odeurs de l'eau récupérée.



Figure 22 Installation couplant un filtre à cartouche de 90 µm de maille de filtration (à droite) et un filtre à charbon actif (à gauche) avec défaut d'entretien

Il est possible de coupler différents systèmes de filtrations pour élargir la gamme des particules filtrées, comme pour l'installation en Figure 22 qui combine filtre à cartouche et filtre à charbon.

La réglementation impose également qu'une filtration de maille de taille inférieure ou égale à 1 mm soit située en amont du stockage.

Les filtres imposent au fluide de traverser un média filtrant, qui retient les particules et pollutions, plus ou moins fines selon la maille de filtration, tandis que le fluide s'écoule jusqu'à la sortie, débarrassé de ces particules. Les médias filtrants peuvent être :

- **Panier** : une plaque tubulaire perforée type crépine est installée dans le boîtier et laisse passer seulement les particules de taille plus faible que le diamètre des perforations
- **Tamis** : dispositif semblable au panier filtrant. Les particules les plus grosses se déposent au fond de la crépine, orientée à 45 ° par rapport à la sortie (ce qui leur donne une forme en Y), tandis que les particules plus petites sont retenues par la crépine.
- **Cartouche** : un média filtrant tubulaire est installé dans le boîtier et retient les particules à sa surface, seul le fluide pouvant passer à travers, ou en son cœur, les particules étant stoppées lors de leur cheminement à travers le média filtrant
- **Poche** : une poche en tissu synthétique (généralement Nylon) est installée dans le boîtier. L'eau arrive dans cette poche : les grosses particules y restent, tandis que l'eau s'écoule à travers, comme un filtre à café.
- **Charbon actif** : le fluide s'écoule à travers les petits morceaux de charbon actif et les particules se fixent à leur surface.
- **Sable** : le fluide s'écoule à travers un lit de sable, le plus souvent par gravité. Le sable fait office de média filtrant en retenant les particules.

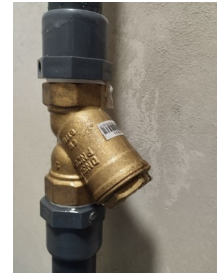


Figure 23 Photographies d'un filtre à tamis avec vanne de purge (à gauche) et d'un filtre à tamis classique (à droite)

Pour chacun de ces dispositifs de filtration, la maille de filtration est ajustable : plus les médias filtrants seront petits, plus la filtration sera importante. Il est possible d'affiner la filtration en installant plusieurs filtres en cascade, avec une maille de filtration de plus en plus faible.

Les dispositifs de post-traitement ou traitements complémentaires

Pour compléter les filtrations, des traitements complémentaires, ou post-traitement, peuvent être ajoutés :

- **Post-traitement UV** : Permet de réduire la charge bactériologique de l'eau en détruisant l'ADN des bactéries et agents pathogènes présents dans le flux par irradiation avec une lumière ultra-violette.
Nota L'eau doit être d'une certaine qualité pour permettre à ce process d'être efficace, d'où sa position en fin de chaîne de traitement. Ce process implique également une consommation énergétique.
- **Chloration** : autre méthode détruisant les agents pathogènes par injection de chlore dans l'eau. Il peut toutefois former des sous-produits chimiques toxiques et altère l'odeur de l'eau.
- **Ozonation** : alternative à la chloration, cette méthode utilise l'injection d'ozone gazeux pour la désinfection. Elle ne produit pas de sous-produits chimiques, mais est moins rémanente que le chlore et plus onéreuse.

D'autres méthodes se basent sur l'injection de produits chimiques (biocides par exemple), dans le réseau en sortie de traitement ou directement dans la cuve, par exemple pour le traitement spécifique de la légionnelle.

Enfin, certaines installations implémentent une injection de colorant. Cette opération permet de distinguer visuellement l'eau potable des eaux traitées aux points de soutirage, en fin de chaîne d'approvisionnement. Dans ce cas, la réglementation impose que le colorant soit de qualité alimentaire.

Les réseaux d'évacuation et de distribution des eaux

Les éléments spécifiques de conception de la distribution sont à prévoir à chaque étape du processus de récupération des EICH :

- Sur les réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- Sur leurs raccordements aux équipements de traitement et le stockage ;

- Sur les réseaux de distribution.

La Figure 24 représente les différents réseaux constitutifs d'un système de réutilisation des eaux non conventionnelles. Les flèches bleues correspondent aux différents transects des réseaux permettant la réutilisation.

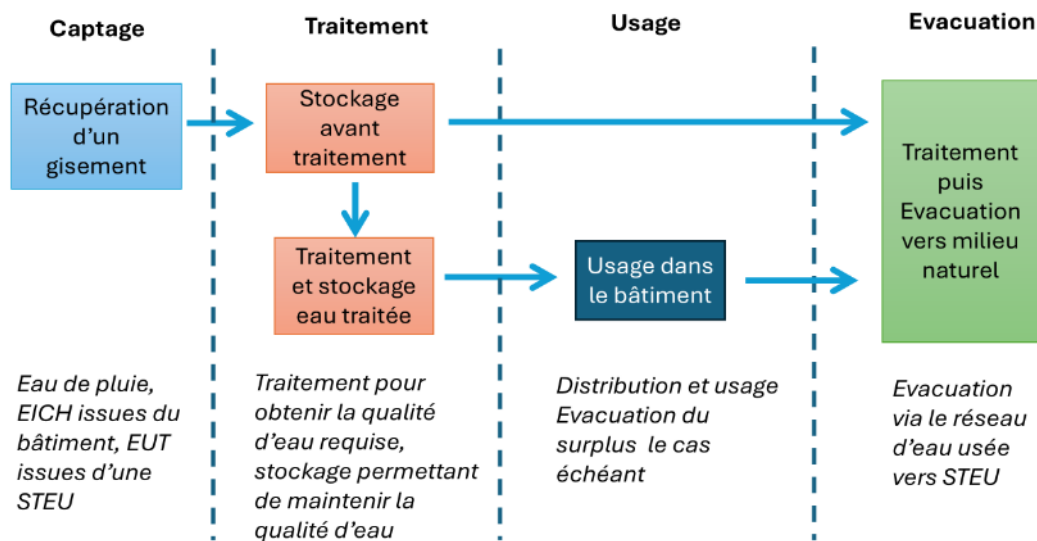


Figure 24 : Schéma général définissant les étapes de REICH et les réseaux associés

Le raccordement au système de stockage

Vers le réseau d'eaux usées

Le réservoir doit être équipé d'une canalisation de trop-plein :

- Qui absorbe la totalité du débit maximum d'alimentation du réservoir des eaux usées ;
- Qui est protégée contre l'entrée d'insectes et de petits animaux ;
- Qui est munie d'un clapet anti-retour si elle est raccordée au réseau de collecte des eaux usées.

Vers le réseau de distribution

Le risque d'interconnexion est élevé au niveau de la réalisation de l'appoint en eau potable. Le terme d'interconnexion désigne une erreur de raccordement entraînant la connexion entre des réseaux d'eaux de nature différente. Cette connexion peut entraîner la contamination du réseau d'eau potable par le réseau d'eaux traitées.

La norme EN 16290-1 propose deux principes pour éviter que le trop plein ne contamine la canalisation d'eau potable :

- Surverse totale de type AA : une garde d'air visible, complète et libre, installée de manière permanente et verticalement entre le point le plus bas de l'orifice d'alimentation et toute surface du récipient receveur déterminant le niveau maximal de fonctionnement à partir duquel le dispositif déborde.
- Surverse totale de type AB : une garde d'air permanente et verticale entre le point le plus bas de l'orifice d'alimentation et le niveau d'eau critique. Le trop-plein doit être de conception non circulaire et doit pouvoir évacuer le débit maximal d'eau dans le cas d'une surpression.

Afin de sécuriser au mieux l'installation, en complément des systèmes par garde d'air, l'alimentation en eau potable de l'appoint peut être équipée d'un disconnecteur mécanique ou d'un clapet anti-pollution.

Ces éléments, au fonctionnement différent, ont la même fonctionnalité : protéger le réseau d'un reflux ; c'est-à-dire l'inversion du sens de circulation du flux, ce qui peut provoquer des contaminations comme expliqué précédemment.

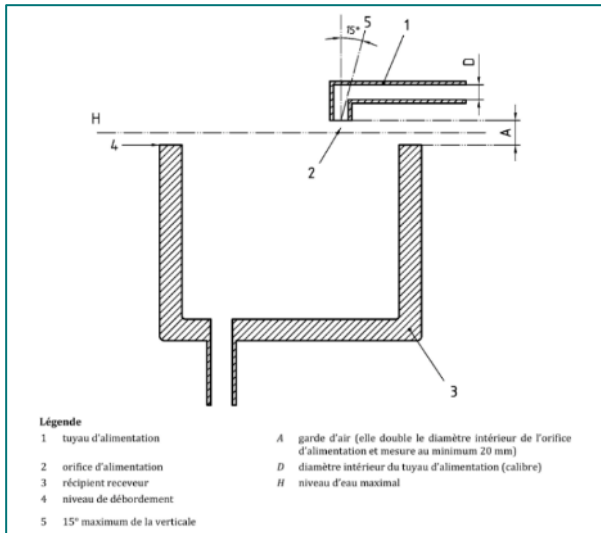


Figure 26 Surverse totale de type AA (EN 13076)

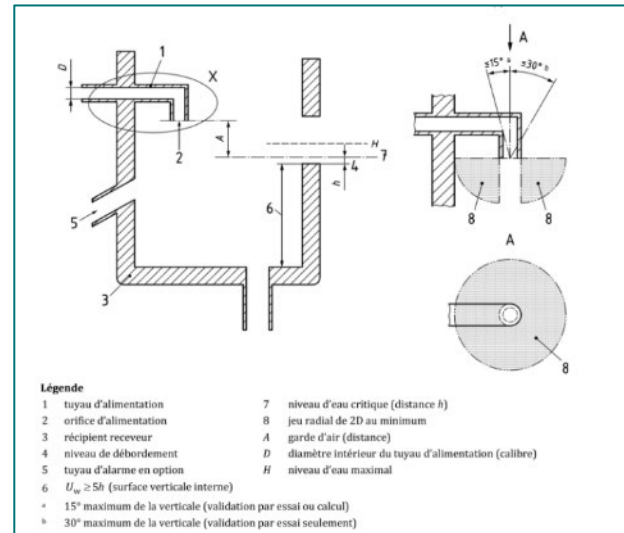


Figure 25 Surverse de type AB avec trop-plein non circulaire conformément à l'EN 13077

Le clapet anti-pollution comporte un seul clapet anti-retour, qui permet le passage du flux dans un sens, mais pas dans le sens inverse.



Figure 28 Clapets anti-pollution de type EA

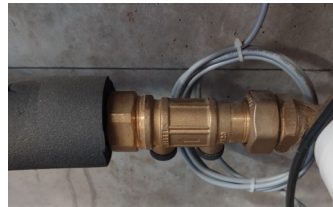


Figure 27 Disconnecteur de type BA

Le disconnecteur en comporte deux et dispose d'une soupape de décharge permettant l'évacuation de l'eau qui parviendrait à s'écouler dans le mauvais sens en cas de défaillance des clapets anti-retour. Le disconnecteur offre donc une sécurité supplémentaire par rapport au clapet anti-pollution.

L'évacuation des eaux réutilisées

Les réseaux sont standards, en général en PVC et ne sont pas différents des évacuations des eaux usées classiques. Leur entretien et maintenance est aussi très similaires. Quelques particularités liées à la valorisation des EICH sont toutefois à prendre en compte.

Différencier les différentes sources d'EICH

Il convient de différencier à minima :

- Les eaux noires et les eaux grises non récupérables
- Les eaux grises récupérables
- Les eaux de pluie

Il n'existe pas de code couleur réglementaire pour identifier clairement les réseaux. Toutefois, un étiquetage est obligatoire pour chacun des réseaux.

Cette différenciation a un impact fort sur la conception des réseaux :

- Pour les projets neufs, un travail sur l'aménagement fonctionnel et spatial des projets est nécessaire pour mutualiser au maximum les réseaux.
- Pour les projets sur des bâtiments existants, il s'agit d'une contrainte forte quant à la faisabilité technique et économique de l'opération.

La réversibilité doit également être envisagée, notamment lors de démarches expérimentales.

Cas de l'entretien

Les systèmes de traitement peuvent avoir des contraintes sur le type de produit utilisable pour l'entretien des sols ou des sanitaires, on pense notamment aux détergents et produits de débouchage (type Destop®). Leur utilisation est déconseillée car leur propriété antibactérienne est néfaste pour les microorganismes intervenant dans le processus d'épuration de l'eau de certains systèmes de traitement.

L'entretien des réseaux d'eau usées et des appareils les générant (lavabo, douche, WC) devront respecter scrupuleusement les contraintes des appareils de traitement, notamment sur le type de produits utilisés.

La distribution des EICH

En sortie du stockage

Généralités

Les éléments doivent pouvoir faire l'objet d'arrêt technique pour la maintenance : nettoyage, rinçage, évacuations de boues le cas échéant.

Pour isoler des portions de réseau et des équipements, des vannes sont utilisées. Ces dispositifs fonctionnent sur le principe des robinets : en position ouverte, le flux circule, tandis qu'en position fermée, l'écoulement est stoppé.

Cette contrainte d'arrêt technique est particulièrement prégnante dans le cas où la continuité de service doit être assurée toute l'année.

Les points d'attention concernent :

- L'appoint qui doit pouvoir le cas échéant permettre la continuité de service en cas d'arrêt technique ;
- La mise en pression ;
- Un traitement complémentaire éventuel ;
- Les réseaux d'eau non potable vers les appareils.

Mise en pression

Après avoir été pompée depuis le stockage et éventuellement traitée, l'eau alimente le système soit gravitairement, soit après avoir subi une mise en pression.

Cette étape peut être réalisée par un dispositif de surpression différencié ou par la pompe de relevage. L'accessibilité pour la maintenance, la protection des pompes (filtration), la consommation d'énergie de l'équipement son pilotage et sa robustesse en cas de coupure de courant doivent être pris en compte dans le choix du dispositif.

Réseaux de distribution vers les appareils utilisant les EICH traitées

La norme NF-EN 1641-2 peut servir de référence pour la réalisation des réseaux de distribution. Elle précise les points suivants :

- Le but de la distribution est d'acheminer les eaux ménagères traitées jusqu'aux points d'utilisation et d'offrir une possibilité d'appoint. La distribution doit garantir l'intégrité et la protection des réseaux de distribution d'eau potable publics et privés.



Figure 29 Photographie d'une vanne d'isolement, dite à quart de tour



Figure 30 Exemple de système gestionnaire d'eau de pluie disposant d'un système de surpression (boîtier foncé à gauche)

- Les exigences spécifiées dans la série EN 806 (parties 1 à 5) pour les réseaux d'eau potable sont considérées comme de bonnes pratiques de plomberie pour tous les systèmes, quelle que soit la source d'eau.
- Les eaux ménagères traitées et l'eau potable ont généralement des caractéristiques chimiques différentes (le pH, par exemple). Les matériaux constituant la canalisation sous pression et les installations finales doivent être choisis en tenant compte du risque de corrosion et de dégradation des accessoires et des appareils, par exemple des garnitures en caoutchouc.
- Pour minimiser les risques, il existe des matériaux avec une certification ACS pour ce type d'installation. Idéalement, des matériaux facilitant la différenciation visuelle des réseaux d'eau potable et d'EICH traitées doivent être mise en œuvre.

Un affichage clair et visible sera prévu à chaque point de puisage. Il doit contenir la mention « Eau non potable » et peut utiliser des pictogrammes explicites comme présenté en Figure 31.

Un système de contrôle et de surveillance peut être intégré au système de traitement des eaux ménagères afin de veiller, au minimum, à ce que les utilisateurs soient informés si le système fonctionne. L'unité de commande doit :


5.4.5 Signal de sécurité P005 : Eau non potable	
	N° de référence ISO 7010-P005
	Référent Eau non potable
	Fonction Interdire de boire une eau non potable
	Contenu graphique Robinet au-dessus d'un verre, deux lignes ondulées
<p>Danger Eau non potable</p> <p>Comportement destiné à être induit par la compréhension du signal de sécurité Ne pas boire l'eau</p> <p>Informations complémentaires Aucune donnée d'essai conforme à l'ISO 9186-1 n'est disponible. En conséquence, un signal supplémentaire comportant un texte doit être utilisé pour améliorer la compréhension, sauf si le signal de sécurité est accompagné de manuels, d'instructions ou d'une formation.</p>	

Figure 31 Affichage à prévoir aux points de puisage

- Informer l'utilisateur/opérateur lorsque des consommables doivent être renouvelés ou remplacés, afin d'éviter toute défaillance du système ;
- Garantir que les eaux ménagères traitées ne sont pas stockées pendant une durée qui entraînerait une détérioration de la qualité de l'eau en deçà de la qualité ou qui dépasse celle exigée par le fabricant ;
- En cas de défaillance du système, informer l'utilisateur/opérateur, par exemple par un avertissement visuel ou sonore ;
- Garantir que le bypass dirige les eaux ménagères non traitées vers le réseau de collecte des eaux usées ;
- En cas de problème de traitement, garantir que les installations alimentées par le système d'eaux ménagères sont alimentées par le système d'appoint en eau ;
- Contrôler les pompes et réduire le plus possible l'usure due au fonctionnement et la consommation d'énergie ;
- Activer le système d'appoint en eau automatiquement lorsque l'unité de traitement le nécessite ;
- Fournir une sortie pour permettre au système d'eaux ménagères d'être relié à un système de gestion technique des bâtiments (GTB), le cas échéant.

Pour les unités d'eaux ménagères non électriques, par exemple de simples filtres, des dispositions doivent être prises pour permettre de surveiller visuellement les performances ou l'état de l'équipement de traitement, de manière à pouvoir le remplacer ou le nettoyer si nécessaire.

Méthodologie pour la réalisation des REX

Les cibles de l'étude

Au-delà de la seule installation technique et son principe de fonctionnement, cette étude opérationnelle questionne la pertinence et la mise en place de la réutilisation des eaux de pluie à travers plusieurs aspects.

La gestion des risques sanitaires

Comment ont été réfléchis et appréhendés les risques sanitaires ? Comment ont-ils été limités ? Ces questions peuvent englober la majeure partie de l'installation, mais ciblent principalement :

- Les eaux récupérées
- La gestion du stockage
- La disconnexion entre les réseaux d'eau potable et d'eau récupérée
- Les usages desservis par ces eaux
- L'information des usagers sur l'existence et la nature du dispositif

Ces questionnements sont essentiels pour s'assurer que l'installation est conforme à la réglementation, mais aussi pour maximiser l'acceptabilité sociale de la solution.

Le suivi et la maintenance du système

La maintenance est-elle facile à réaliser (accessibilité, arrêt du système) ? A quelle fréquence est-elle effectuée ? Ces questions englobent la totalité des équipements du système et plus généralement le suivi de l'installation :

- Stockage
- Réseau en amont et aval du stockage
- Dimensionnement du local technique
- Dispositifs de pompage et surpression
- Dispositifs de filtration
- Modifications depuis la mise en service
- Dispositifs de comptage

Ces questionnements sont essentiels pour identifier les pratiques permettant de maximiser la durée de vie du système, ce qui contribue à améliorer sa viabilité économique, mais aussi à réduire les risques sanitaires induits par un manque d'entretien (ex : développement bactériologique).

La viabilité économique de l'installation

Quel volume d'eau potable l'eau réutilisée a-t-elle permis d'économiser ? Quels investissements ont été nécessaires pour la mise en œuvre du système ?

La dimension économique reste un aspect central dans un projet et impacte la prise de décision des maîtrises d'ouvrage. Le développement de la réutilisation des eaux de pluie dépend de sa rentabilité économique.

L'adéquation entre les usages desservis et la ressource disponible

Cette section concerne principalement le dimensionnement du stockage, élément central de l'installation. Comment a été réfléchi le dimensionnement du stockage ? Le volume prévu permet-il d'assurer les besoins des usages prévus ?

Le dimensionnement du stockage fixe, dès le début du projet, le potentiel de l'installation : un petit stockage coûtera moins cher, mais limitera le taux de couverture, tandis qu'un stockage conséquent permettra un taux de couverture important, mais peut limiter le retour sur investissement en cas de surdimensionnement.

Les installations visitées

Les sites retenus

Neuf sites ont été retenus et ont fait l'objet d'une visite. Ces sites diffèrent par leur activité et les usages de l'eau récoltée, majoritairement l'eau de pluie. Nous proposons de distinguer les quatre logements collectifs des cinq autres sites.

L'eau de pluie au sein de logements collectifs

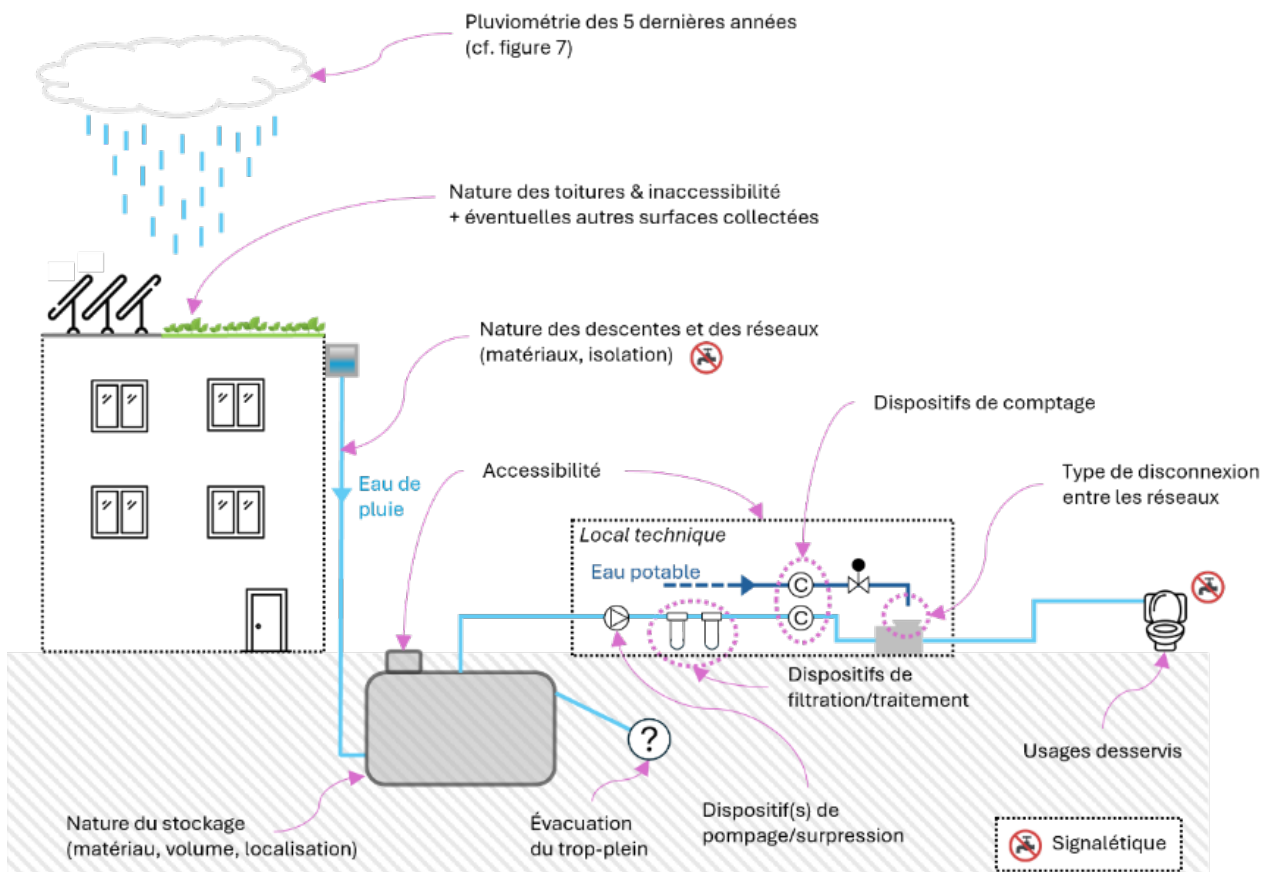


Figure 32 : Schéma des informations collectées lors de la visite d'une installation de récupération des eaux de pluie

Parmi les quatre logements collectifs, nous pouvons y retrouver une hiérarchie de réflexion croissante sur la gestion de l'eau, de la solution quasi « par défaut » à une gestion participative et vertueuse de la ressource, qui conduit à proposer l'ordre suivant :

- Deux logements collectifs disposant d'une installation similaire de récupération des eaux de pluie pour l'alimentation des sanitaires et l'arrosage.
- Une résidence utilisant un bassin à double fonction, combinant utilisation des eaux de pluie pour les sanitaires et maîtrise des ruissellements en disposant d'un volume libre pour accueillir les eaux d'orage.
- Le dernier logement collectif disposant d'une installation Low-Tech pour récupérer l'eau de pluie et les eaux grises des machines à laver communes pour l'arrosage des jardins potagers communs à travers une gestion participative de la ressource.

L'alimentation des sanitaires en activité tertiaire

Parmi les cinq autres sites nous pouvons en rapprocher deux par la similitude de leurs installations et leurs usages de l'eau, malgré la typologie d'activité et de fréquentation sensiblement différente : un établissement scolaire accueillant plusieurs centaines d'élèves et un bureau d'activité tertiaire d'une trentaine d'employés, utilisant tous deux l'eau de pluie pour l'alimentation des sanitaires. Les autres sites ont chacun leurs spécificités et il semblait peu pertinent de les regrouper sous une bannière commune.

Un établissement sous contrainte

Un établissement privé déconnecté du réseau, sous tension saisonnière, utilise l'eau de pluie pour être autonome au regard de l'eau potable, mais aussi pour ses activités artisanales

Une installation qui questionne

Un musée disposant d'une cuve de récupération d'eau de pluie n'en a aucun usage. A la fois l'utilité du dispositif et la transmission de l'information aux usagers impliquent que le dispositif n'était pas connu des usagers.

Un projet expérimental

Un bâtiment expérimental et démonstrateur faisant l'objet d'un projet de recherche a réfléchi tout le cycle de l'eau à l'échelle de sa parcelle. Il réutilise l'eau de pluie pour l'alimentation des sanitaires et des ateliers, tandis que les eaux jaunes et grise sont traitées et utilisées pour l'irrigation d'un jardin.

Les données récoltées

Les données récoltées sur site

Lors de la visite, la plupart des informations techniques sont récoltées (principalement dans le local technique dédié) et suivent le cheminement du flux, comme illustré sur la Figure 32.

La maîtrise d'ouvrage ou d'usage présente pendant la visite est mobilisée concernant :

- Le bilan de l'usage de l'installation (ex : dysfonctionnements)
- Son suivi et sa maintenance
- Les modifications depuis la mise en service

Les informations complémentaires à la visite

Suite à la visite et dans la mesure du possible, des données complémentaires ont été demandées, principalement pour clarifier les hypothèses de dimensionnement du stockage et obtenir des données économiques et des compléments techniques.

La documentation technique possédée par la MOA/MOE (ex : DOE de plomberie) est utilisée pour vérifier les informations récoltées pendant la visite, ou au contraire évaluer la différence entre conception et réalisation.

Les données économiques demandées sont :

- Les DPGF des lots concernés par l'installation de récupération pour le calcul de l'investissement
- Le contrat de maintenance ou autres données relative aux frais de fonctionnement
- Une facture d'eau du site, pour le calcul des économies financières engendrées par la substitution d'eau potable.

Enfin, les relevés de comptage sur une année complète sont demandés. Si les données sont disponibles pour l'année la plus sèche depuis 2020, elles sont privilégiées. Sinon, les données de 2024 sont utilisées (toujours sous réserve de disponibilité).

Fiches REX par opération

1- LOGEMENT COLLECTIF (06)

Neuf, altitude 105m NGF, promotion privée.

Pluviométrie

Station météorologique de Carros (n°06033002)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	778	498	526	470	1217

Il y a une grande disparité des précipitations mensuelles selon les années (jusqu'à + 158 %), expliquées par des épisodes puissants. En moyenne, les cumuls printaniers et automnaux sont constants. Certains épisodes particulièrement puissants (comme la tempête Monica en mars 2024) ont un fort impact sur cette disparité.

Enseignements

- Le régime de précipitations (faibles occurrences de pluie et des variations importantes dans les cumuls) tend à **dimensionner de grands volumes de stockage** pour permettre une utilisation prolongée des eaux récoltées pendant les pics de précipitation.
- **Mutualisation des eaux de rétention et de récupération** par surdimensionnement du bassin.
- **Optimisation du circuit** grâce à l'alimentation par chandelle des sanitaires alignés verticalement réduisant le linéaire de tuyaux. L'optimisation du système de récupération ne doit pas concurrencer celle des autres fluides.
- **Préservation de la ressource** primant sur la rentabilité économique. Le système affiche une autonomie presque complète. L'eau de pluie pourrait même être étendue à d'autres usages.
- **Filtration améliorable** bien que la réglementation n'impose pas de qualité d'eau pour cet usage. Cela permettrait une plus grande longévité des équipements et une meilleure acceptabilité des résidents.
- **Fiabilisation à améliorer** pour garantir le fonctionnement des sanitaires pendant les coupures d'électricité grâce à un secours.
- **Le système est simple et lisible** et offre une bonne accessibilité aux équipements qui le composent.

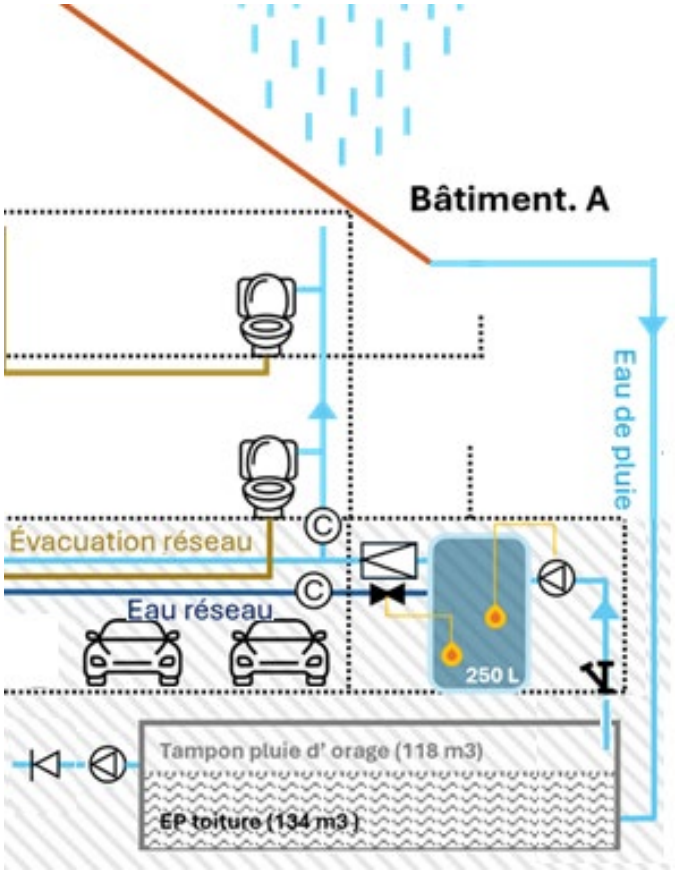


Figure 33 : Schéma de l'installation de récupération et distribution des eaux de pluie des bâtiments A et B de la résidence

Installations

Gisement	Eaux de pluie
Toitures	Toitures inaccessibles de 6700 m², couverture en tuiles
Stockage	134 m³ + 63 m³ en béton quartzé sous le parking enterré
Volume estimé	29,4 L de stockage / m² de toiture 19,6 L de stockage / m³ de besoin annuel
Disconnexion	Type AA avec surverse totale et garde d'air visible
Comptage	Appoint en eau potable pour la cuve Chaque groupe de 3 logements pour l'eau de pluie réutilisée.
Pompage Suppression	Systèmes différenciés sans vase d'expansion
Usages	Sanitaires : évacuation des excréta
Bilan	Système fonctionnel et autonome

Trois bâtiments composent la résidence. Deux installations similaires récoltent et distribuent les eaux de pluie dans les logements : une pour les bâtiments A et B, l'autre pour le bâtiment C d'altimétrie plus basse que les deux autres. Ce découpage a notamment été fait pour éviter qu'un réseau de grande dimension ne traverse l'ensemble du parking souterrain.

- **Les surfaces et eaux collectées**

Chaque installation dispose de deux bassins de rétention en béton quartzé :

- Bassin 1 pour la récolte des **eaux de pluie des toitures** (134 et 63 m³)
- Bassin 2 pour la récolte **des eaux de pluie des surfaces accessibles** (balcons).

Tous les bassins sont dimensionnés pour gérer la récupération des eaux de pluie et pour la régulation du débit de fuite (eaux d'orage). Un système de pompes équipées de sondes permet de laisser un espace libre nécessaire à la collecte des eaux d'orage au-dessus du volume utile pour les eaux de pluie. Les eaux excédentaires sont évacuées par une surverse.

Ce système mutualise des ouvrages en évitant l'implantation d'un bassin dédié uniquement aux eaux d'orage. Cependant, il nécessite un suivi du niveau du bassin et un dispositif de pompage ou d'évacuation pour garantir le volume consacré aux eaux d'orage. Au risque d'un débordement en cas de dysfonctionnement.

- **Les usages des eaux récoltées**

Seules les eaux récoltées sur les toitures sont récupérées (bassin 1) pour l'alimentation de l'ensemble des sanitaires de la résidence.

- **Locaux techniques**

Chaque installation dispose d'un local technique bien dimensionné (6 et 10 m²) qui abrite le système gestionnaire des eaux de pluie (*Figure 34*). Cet espace facilite les opérations de maintenance et confère au système une certaine flexibilité en permettant l'ajout d'équipements dans le futur si nécessaire.

- **Nature des réseaux**

Dans les locaux techniques les réseaux ne sont pas identifiables grâce à leur couleur ou un étiquetage, bien que l'espace entre les différents réseaux les rende distinguables. Le référencement des réseaux sur la cuve est fait au marqueur...disposition peu pérenne.

Dans le parking en sous-sol, les colonnes d'eau de pluie réutilisée sont identifiables grâce aux compteurs et

vannes en laiton présents sur chacune d'elles, ainsi que par les étiquettes plastiques qui y sont accrochées pour identifier les logements alimentés.

- **Disconnexion avec le réseau d'eau potable**

La disconnexion entre le réseau d'eau de pluie et le réseau d'eau potable est de type AA surverse totale avec garde d'air visible, conformément à la réglementation.

- **Stockage**

Les bassins de rétention n'ont pu être totalement visités, mais sont accessibles grâce à des regards et trous d'homme.



Figure 34 : système gestionnaire des eaux de pluie dans le local technique R-1 du bâtiment A

Les cuves avant distribution (*Figure 34*) font partie intégrante du système gestionnaire des eaux de pluie. Elles sont non translucides (réglementaire) et sont équipées d'un regard permettant la surveillance du système et de la surverse avec le réseau d'eau potable. Ce regard permet aussi leur maintenance et leur nettoyage.

Le système a l'avantage d'être simple et lisible et offre une bonne accessibilité aux équipements qui le composent.

Ces cuves possèdent une vanne manuelle permettant la vidange du système de manière gravitaire. Ce dispositif n'est cependant pas connecté à l'évacuation du réseau ;

aucun avaloir n'est en effet visible dans le local technique. En l'état, la vidange du système nécessiterait la création d'un réseau d'évacuation temporaire, ce qui en complique la facilité d'entretien et de maintenance.

- **Pompage / surpression**

Le relevage depuis le bassin est effectué par un premier pompage immergé.

Un système gestionnaire d'eau de pluie gère le prélèvement en eau depuis le bassin de rétention et l'appoint en eau potable via un système de robinets flottants. C'est-à-dire des flotteurs qui déclenchent, en fonction du niveau atteint dans la cuve intermédiaire, le pompage depuis le bassin ou l'ouverture de l'électrovanne pour alimenter le système en eau potable.

Les systèmes régulateurs d'appoint par robinets flottants sont simples et à très faible besoin en maintenance, ce qui les rend fiables et efficaces.

La mise en pression est ensuite réalisée par le système gestionnaire.

- **Filtration**

L'eau de pluie subit uniquement une filtration via un filtre en Y à tamis après avoir été stockée dans le bassin de rétention. On remarque, que ce soit dans la cuve ou les réservoirs des sanitaires, que l'eau est trouble et sale. Des dépôts semblent s'être formés sur le dessus de l'eau. Au vu de l'usage pour l'évacuation des excréta, ces dépôts ne représentent pas un risque sanitaire, mais peuvent affecter l'acceptabilité sociale de la démarche et induire plus d'entretien des sanitaires de la part des usagers.



Figure 36 filtre en Y

La filtration retenue n'est ici pas adaptée aux installations de récupération des eaux de pluie car la maille de filtration est trop grande.

Un filtre à cartouche, complété d'un filtre à charbon pourraient par exemple limiter les dépôts et la charge organique.

- **Comptage**

Un premier système de compteur est là pour contrôler l'appoint en eau potable de chacune des deux cuves.

Il y a ensuite un comptage en sortie des cuves pour la répartition des charges entre logements. Distribution et comptage se font en chandelle, c'est-à-dire qu'un compteur est installé sur chaque colonne montante alimentant à la verticale les logements. Tous les WC sont superposés, il n'y a donc qu'un compteur pour trois logements (RDC, R+1 et R+2). Ces compteurs sont relevés par le syndicat de copropriété.



Figure 35 : compteur d'eau de pluie pour 3 logements.

Cette distribution est un compromis entre finesse des données récoltées et réduction des coûts liés au nombre de compteurs fournis, posés et relevés.

*Nota : Ce système d'alimentation en chandelle est également utilisé pour l'alimentation en ECS. Cependant, la disposition des équipements utilisant l'eau chaude n'est pas autant optimisée dans les logements. On pourra retenir que l'agencement des pièces et équipements a un rôle à jouer dans l'efficacité énergétique et économique du bâtiment et que **l'optimisation du système de distribution d'eau de pluie ne doit pas rentrer en concurrence avec l'optimisation des systèmes de distribution des autres flux.***

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

Le système semble globalement fonctionnel. Cependant des coupures de courant ont également révélé qu'après une perte d'alimentation électrique, le système doit être rallumé manuellement. En plus de ne pas avoir de sanitaires alimentés en eau pendant les coupures électriques, ils ne le sont donc pas non plus après rétablissement du courant sans action manuelle spécifique.



Figure 37 : eau de pluie stockée dans le réservoir des sanitaires, illustrant un déficit de filtration

Information des usagers

Aucune signalisation n’est présente dans les sanitaires des logements. A ce jour les habitants semblent pourtant informés du dispositif lors de leur aménagement. Il y a un risque sérieux de perte d’information des usagers après quelques changements de locataires/propriétaires.

Le suivi et la maintenance

Le syndicat de copropriété gère les relevés de compteurs, mais ces derniers ne nous ont pas été transmis. Il en va de même pour les informations sur la maintenance qui restent manquantes.

Les modifications depuis la mise en service

Aucune modification connue n’a été faite depuis la mise en service.

Il pourrait être envisagé d’installer pour les cuves une batterie de secours, ou autre dispositif d’alimentation secourue, pour améliorer la fiabilité du système lors des coupures de courant. Ainsi que revoir la filtration en amont de la cuve de distribution.

Dimensionnement

Le système a été initialement réfléchi pour couvrir **50 % des besoins théoriques** en moyenne sur l’année. Pour cela, après étude de la pluviométrie locale, le surdimensionnement des bassins pour la récolte des eaux de pluie a été fixé sur le papier comme suit :

- Bâtiment A : 66 m³ pour 2 298 m² de toiture
 - Bâtiment B : 60 m³ pour 2 064 m² de toiture
- Soit 126 m³ pour le bassin commun aux bâtiments A et B
- Bâtiment C : 64 m³ pour 2 338 m² de toiture
- Nota : Alors que la conception prévoyait un surdimensionnement du bassin des bâtiment A et B de 126 m³ (60 + 66 m³), on remarque qu’à la réalisation, ce surdimensionnement s’élève à 134 m³. Ce supplément à la réalisation n’est pas expliqué, mais permet un plus grand stockage de l’eau de pluie, sans pour autant affecter la capacité de stockage laissée libre pour les eaux d’orage.

N’ayant pas eu accès aux données de consommations réelles, nous avons modélisé le besoin théorique. Notre étude se base sur des hypothèses d’occupation moyennes par typologie de logement et une consommation de 29 L/jour/habitant équivalent. Elle révèle qu’en 2023, la plus sèche des cinq dernières années, les eaux de pluie ont assuré **plus de 90 % des besoins** pour l’évacuation des excréta. Les dimensions des bassins ont permis de **valoriser 40 % du gisement d’eau pluviale** annuel. Ces chiffres coïncident avec le relevé des compteurs d’appoint en eau potable qui s’avère négligeable avec moins de 1 m³. **Le système est donc quasiment autonome.**

Malgré un faible appoint nécessaire début avril, le niveau de remplissage de la cuve suffit largement à répondre au besoin de l’usage principal d’évacuation des excréta **et pourrait donc même prévoir des usages complémentaires** : nettoyage de véhicules et cheminements piétons, arrosage des espaces verts, etc.

En 2024, soit l’année la plus pluvieuse sur les cinq dernières, **le taux de couverture des cuves a atteint 100 %, soit l’autonomie complète.**

Cette même année le taux de valorisation du gisement d’eau de pluie a atteint lui 15 %.

Dimensionnement du stockage						
	bassin m³	appoint m³/an	trop plein m³/an	EP réutilisée m³/an	couverture des besoins	valorisation du gisement
Bât A+B	134	47	797	592	93%	40%
Bât C	63	31	423	336	92%	43%

Données économiques

Nous pouvons noter que dès le début du projet, la rentabilité du système de récupération des eaux de pluie a été estimée :

- L'investissement pour la mise en œuvre seule de l'installation est évalué à 112 046 €, soit 2 000 € par logement.
- Avec un coût de l'eau à 2 €/m³, la rentabilité ne serait pas atteinte avant 250 000 chasses. Soit possiblement de l'ordre de grandeur de la durée de référence conventionnelle du bâtiment de 50 ans. Cela sans tenir compte des coûts de maintenance dans l'amortissement.

L'objectif affiché est bien de **préserver la ressource** : l'argument est plus écologique qu'économique.

Diagramme des flux d'eau

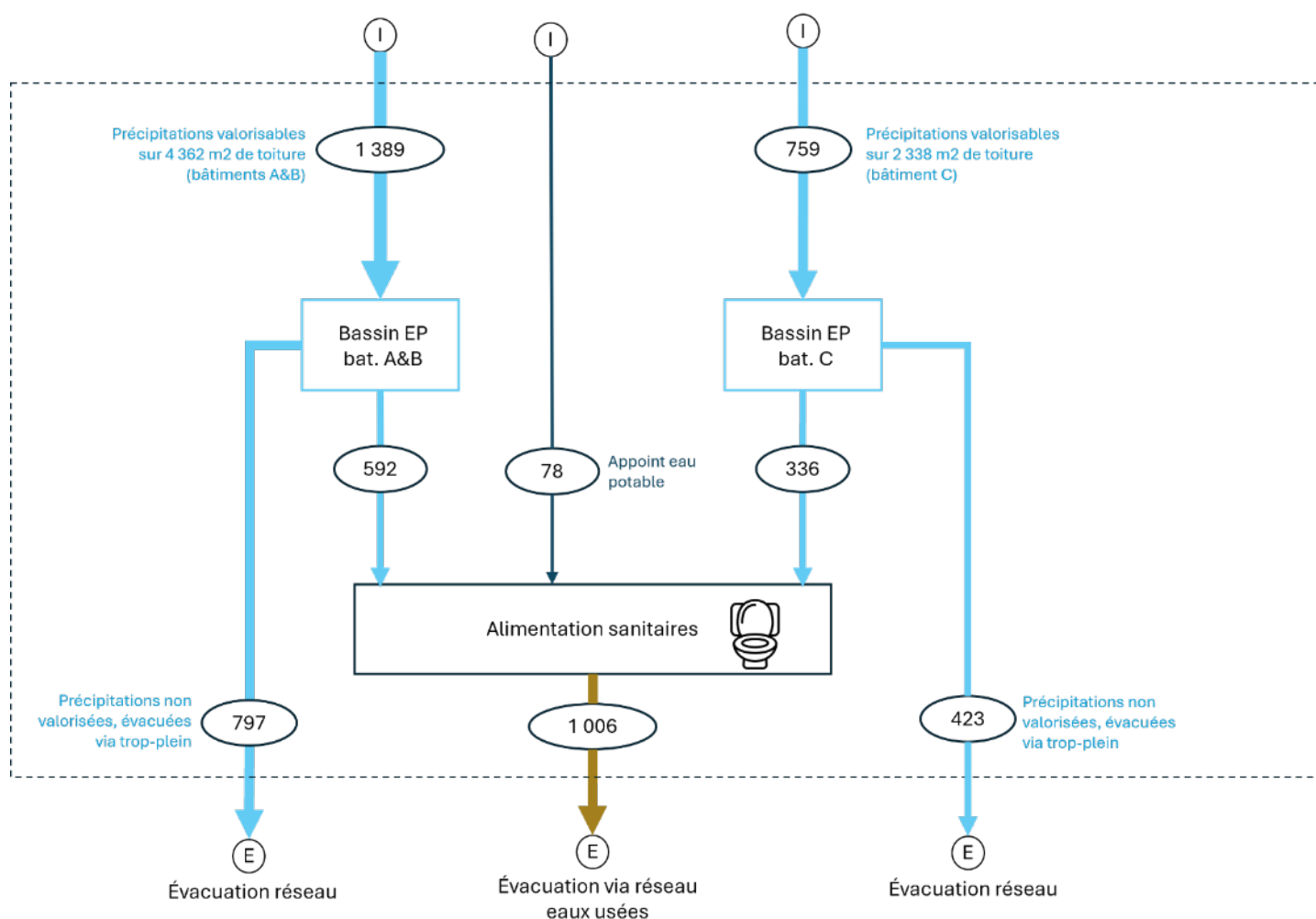


Figure 38 : Flux d'eaux alimentant le système de récupération des eaux de pluie de la résidence (en m³), données estimées de 2023

Aspects réglementaires

Quelques non-conformités sont observées :

- Manque de filtration amont cuve
- Manque de distinction entre réseaux d'eau de pluie et d'eau potable (malgré les signes distinctifs au sous-sol par exemple)
- Absence de signalétique aux points d'usages (ici sanitaires)
- Carnet sanitaire non disponible

2- TERTIAIRE PUBLIC (05)

Neuf, altitude 880m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique d'Embrun (n°05046001).

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	841	819	541	1000	874

On observe des précipitations substantielles, mais l'écart entre deux années consécutives peut être important.

-33 % entre 2021 et 2022 ou +85 % entre 2022 et 2023.

Installations

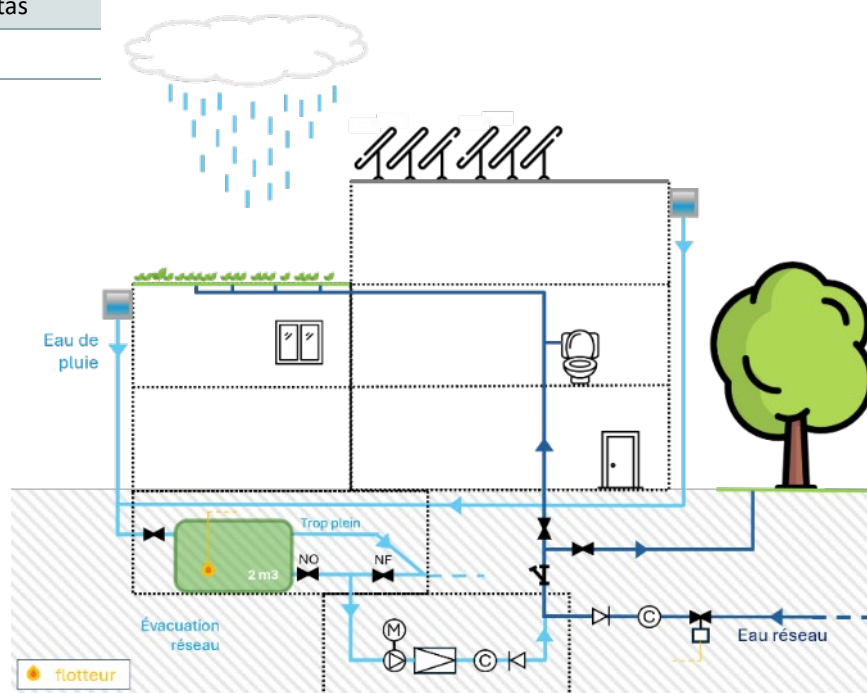
Gisement	Eaux de pluie
Toitures	Toitures terrasses inaccessibles de 638 m ² (506 m ² raccordés à la cuve). Couverture bois ou béton, avec étanchéité et gravillons ou cassettes pré-cultivées
Stockage	2 m ³ , en PEHD En vide sanitaire
Volume estimé	3,95 L de stockage / m ² de toiture 22 L de stockage / m ³ besoin annuel
Disconnexion	Clapets anti-pollution type EA sans surverse totale et garde d'air visible
Comptage	Appoint eau potable Prélèvement EP cuve
Pompage	Système combiné.
Surpression	Avec vase d'expansion.
Usages	Sanitaires : évacuation des excréta
Bilan	Système à l'arrêt

Enseignements

Pour ce projet, il apparaît que l'objectif de récupération des eaux de pluie s'inscrit dans une visée d'économie de ressource et de démarche d'exemplarité. On peut considérer que le système aurait pu être dimensionné à la hausse avec une cuve plus grande.

- **Acceptabilité de la part des usagers**
Malgré des dysfonctionnements réguliers et la turbidité de l'eau de récupération, ce dernier ne fait pas l'objet de rejet des usagers, qui se montrent compréhensifs.
- **Cheminement dans la cuve à revoir**
L'alimentation de la cuve se fait en partie haute sans dispositif anti-remous, tandis que le relevage se fait en partie basse. Couplé au manque de filtration, cela conduit à une eau turbide.
- **La connexion des toitures végétalisées**
nécessite une filtration accrue.
- **Mise à niveau réglementaire nécessaire**
 - Les systèmes non manufacturés de mise en pression couplés à des dispositifs de disconnexion sans surverse **présentent régulièrement des dysfonctionnements**. Le puisage en bas de cuve d'une eau non filtrée participe aussi au risque de mise en défaut.

Figure 39
Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération et de distribution des eaux de pluie



- Les surfaces et eaux collectées

Le bâtiment est destiné à une activité tertiaire d'environ 30 salariés et peut accueillir des visiteurs.

Les eaux de pluie sont retenues et récoltées sur une partie des toitures-terrasses végétalisées (env. 270 m², dont 217 m² raccordés à la cuve), mais aussi sur une partie des toitures-terrasses en béton (env. 370 m², dont 289 m² raccordés à la cuve), partiellement équipée de panneaux photovoltaïques. Ces toitures sont inaccessibles.



Figure 40 : Photographie d'une partie des toitures végétalisées avec présence des canaux d'irrigation

- Les usages des eaux récoltées

Les usages desservis par les eaux de pluies sont :

- L'ensemble des sanitaires du bâtiment
- L'arrosage des espaces verts
- L'arrosage des toitures végétalisées via un réseau d'irrigation en goutte-à-goutte, prévu pour les 2 premières années après la livraison

En dehors des sanitaires, nous n'avons pas eu confirmation du maintien des 2 autres usages sur l'eau récupérée plutôt que l'eau potable ni si l'arrosage était toujours en activité l'été.

- Locaux techniques

L'installation dispose d'espaces conséquents. Les canalisations de récupération des descentes d'eau ainsi que la cuve se trouvent dans un vide sanitaire de 95 m². Le dispositif de pompage/surpression et les équipements liés à la distribution de ces eaux se trouvent dans un local technique de 21 m², en commun avec la chaufferie.

Ce local permet l'accès aux équipements de stockage en vide sanitaire pour les opérations de maintenance. La cuve ne peut être remplacée sans d'importants travaux de démolition.



Figure 41 : Photographie du vide sanitaire spacieux, de la cuve de récupération, ainsi que l'échelle donnant accès au trou d'homme situé en partie supérieure de la cuve

- Nature des réseaux

Les boîtes à eau sont en acier galvanisé. Les descentes d'eaux pluviales ainsi que les réseaux en amont de la cuve sont en PVC. En aval de la cuve, le réseau de relevage est en PVC souple jusqu'au dispositif de pompage/surpression, puis est en cuivre.

L'alimentation des sanitaires et de l'arrosage se fait via un réseau sur lequel une vidange a été prévue.



Figure 42 : Photographie du réseau d'alimentation des sanitaires et de l'arrosage et de sa vidange, en bas à droite

- Disconnexion avec le réseau d'eau potable

Un appoint en eau potable est géré par une électrovanne asservie au niveau de la cuve grâce à un flotteur. Les réseaux d'eau potable et d'eau de pluie sont équipés d'un clapet anti-pollution de type EA. Cependant, la réglementation impose une disconnexion de type surverse totale avec garde d'air visible. L'installation n'est donc pas réglementaire sur ce point.

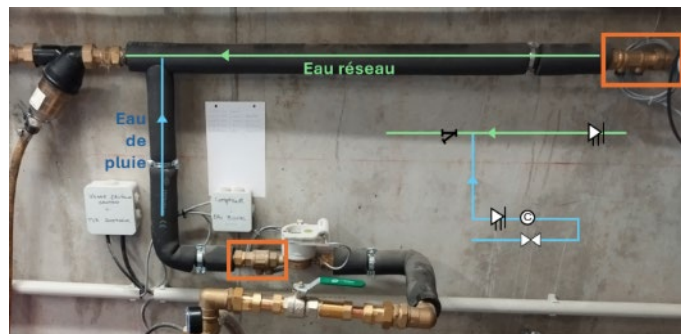


Figure 43 : Disconnexion entre les deux réseaux et schéma synoptique des éléments visibles sur la photographie. Les clapets anti-pollution de type EA sont encadrés en orange

- **Stockage**

La cuve est non translucide, à pression atmosphérique et fabriquée avec un matériau compatible avec le stockage de l'eau. Son positionnement en vide sanitaire permet de la protéger contre les montées en température dues à l'ensoleillement.

La présence d'une vanne à guillotine en amont de la cuve permet de couper son alimentation et donc de la vidanger et ainsi l'isoler en cas de maintenance.

L'arrivée de l'eau de pluie dans la cuve de stockage se fait par la partie haute, ce qui y provoque des remous. Il est d'usage d'éviter cette configuration pour limiter le mélange d'une partie des éventuels dépôts formés au fond de la cuve avec l'eau. Le relevage se fait quant à lui par la partie basse de la cuve.



Figure 44 : Photographie de la vanne à guillotine en amont de la cuve et de la canalisation de détournement, visible à droite

La norme demande d'utiliser un tuyau souple équipé d'une crépine d'aspiration avec un flotteur pour extraire l'eau à une dizaine de centimètres sous la surface. Cela évite de prélever les dépôts formés au fond de la cuve. Dépôts potentiellement accentués par la récupération sur les toitures végétalisées. Le cheminement du flux dans la cuve serait donc à revoir en ce sens.



Figure 45 : Photographie du tuyau de relevage de la cuve de récupération en partie basse de celle-ci, en rouge à droite



Figure 46 : Photographie de l'orifice ouvert sur la partie supérieure de la cuve de stockage des eaux de pluie

Un orifice a été prévu en partie supérieure de la cuve pour accueillir un équipement d'aspiration. L'équipement en question n'est pas utilisé, mais l'orifice est resté ouvert, comme montré sur la Figure 46 ci-dessus. La cuve n'est donc pas protégée contre l'intrusion de poussières provenant du vide-sanitaire. Cette pollution peut se retrouver dans l'eau en bout de chaîne si les dispositifs de filtrations ne sont pas suffisants, ce qui donnerait à l'eau un aspect sale. Cela représente aussi une charge supplémentaire pour les filtres, ce qui pourrait conduire à un entretien plus régulier.

- **Pompage / surpression**

Le pompage depuis le bassin puis la mise en pression sont réalisés par un système de pompage/surpression unique assurant les deux fonctions. Selon le niveau de la cuve de récupération, dont l'information est transmise par un flotteur à l'organe de régulation, ce dernier prélève dans la cuve ou ouvre la vanne d'appoint en eau potable.

Le système est régulièrement en défaut. Des causes éventuelles seraient :

- la régulation de la pression de distribution (gonflage et consigne vase d'expansion, consigne du surpresseur)
- le fonctionnement des vannes et organes de contrôle (présence de corps étrangers)

Un diagnostic détaillé serait à réaliser.



Figure 47
Photographie du dispositif de pompage et surpression composé de la pompe centrifugeuse et du réservoir à diaphragme

- **Filtration**

Aucun dispositif de filtration inférieur ou égal à 1 mm en amont de la cuve n'a été observé. L'eau récoltée sur les toitures du bâtiment ne semble criblée que par les crapaudines sur les descentes.

Un filtre unique est positionné après l'appoint en eau potable, avant la distribution au réseau. Il s'agit d'un filtre à tamis équipé d'une vanne de purge. Ce filtre est visible en haut à gauche de la Figure 43.

L'orifice dans la cuve resté ouvert, le mauvais cheminement du flux lors du stockage et la filtration insuffisante sont des causes probables de la coloration de l'eau et les dépôts remarqués par les utilisateurs.

- **Comptage**



Figure 48
Compteur d'appoint en eau potable et relevés manuels conservés sur papier à côté

L'installation fait l'objet de deux éléments de comptage :

- De l'eau de pluie prélevée dans la cuve
- De l'appoint en eau potable

Des relevés manuels et manuscrits sont faits de façon intermittente. L'enregistrement reste à disposition dans le local technique sur un papier apposé près de l'installation.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**



Figure 49 : Signalétique dans les sanitaires

Le système est à l'arrêt. Malgré un fonctionnement de courte durée après le redémarrage de l'installation suite à des opérations d'entretien, le système se remettait régulièrement en défaut. Il a été décidé d'en suspendre l'usage tant qu'une fiabilisation n'a pas été entreprise.

- **Information des usagers**

L'étiquetage réglementaire dans les sanitaires est présent.

Les usagers sont sensibilisés au dispositif de réutilisation des eaux de pluie pour l'évacuation des excréments.

Dans le vide sanitaire dédié au stockage de l'eau de pluie, les canalisations de récupération des eaux en provenance des toitures ne sont pas identifiées avec des étiquettes ou un marquage distinctif.

Même chose dans le local technique chaufferie où est entreposé le dispositif de surpression. Le manque de marquage rend difficile la distinction entre le réseau d'adduction et le réseau de récupération, malgré les quelques indications écrites sur le mur. Les deux réseaux sont isolés thermiquement de la même manière, ce qui ne permet pas de distinction visuelle supplémentaire.

- **Le suivi et la maintenance**

La maintenance est assurée par le service technique du gestionnaire bâtiment.

- **Les modifications depuis la mise en service**

Le changement de l'électrovanne pilotant l'appoint en eau potable a permis de régler un premier problème, mais le changement du manostat n'a pas permis de régler le problème maintien en pression dans le réseau

d'eau d'alimentation des sanitaires en eau de récupération. Cela reste la cause principale de la mise à l'arrêt de l'installation.

Dimensionnement

3,95 litres de stockage / m² toiture

22,2 litres de stockage / m³ besoin annuel prévisionnel

Notre étude de dimensionnement a posteriori se base sur des hypothèses d'occupation moyennes pour une trentaine d'employés et une consommation de 18 L/jour/personne. L'estimation des besoins annuels pour l'évacuation des excréta est de **90 m³**.

En 2022, l'année la plus sèche sur les cinq dernières années, les eaux de pluie assureraient **60 % des besoins alimentés**. L'augmentation des dimensions de la cuve permettraient d'assurer jusqu'à 80 % des besoins. Le graphe ci-après (*Figure 50*) montre en effet, du fait du régime des précipitations, qu'au-delà de 6 m³, le taux de recouvrement de la cuve stagne à 80 %.

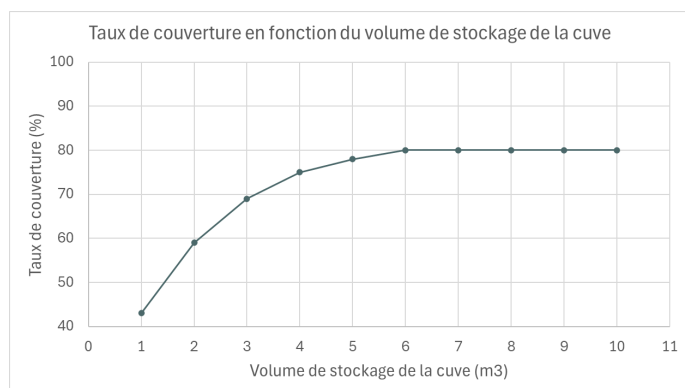


Figure 50 : Courbe d'évolution du taux de couverture des besoins par l'eau de pluie en fonction du volume de stockage de la cuve, considérant les précipitations de 2022

En 2023, année cumulant +85 % de précipitations qu'en 2022, une cuve de 2 m³ permettrait de couvrir plus de **70 % des besoins**, soit une couverture proche de celle observée pour une année sèche comme 2022. Une cuve de 6 m³ permettrait d'en couvrir **plus de 90 %**. On remarque le même phénomène de stagnation du taux de couverture, mais atteint à partir de 96 % pour 8 m³.

Au vu de l'espace disponible dans le vide sanitaire, une cuve de plus grande capacité aurait pu être installée. Aujourd'hui, l'accès au VS ne permet pas d'augmenter le volume de la cuve de manière aisée. Note : Une cuve souple pourrait être aisément ajoutée. Nous déconseillons toutefois ces cuves souples pour des usages internes en raison des difficultés de nettoyage/curage, pouvant entraîner des problèmes de qualité d'eau et d'odeur potentielle.

Données économiques

Nous manquons ici de données pour une analyse économique pertinente. Nous pouvons toutefois souligner que le non-fonctionnement de l'installation en limite forcément la rentabilité.

Aspects réglementaires

Une non-conformité majeure est observée : la disconnexion entre les réseaux d'eau potable et d'eau de pluie doit être de type surverse totale avec garde d'air visible. Les clapets anti-pollution de type EA ne sont pas suffisants.

Les non-conformités mineures sont :

- Manque de filtration < 1 mm amont cuve
- Manque de signalisation / distinction des réseaux eau de pluie / eau potable
- Carnet sanitaire non disponible

3- LOGEMENT SOCIAL (04)

Neuf, altitude 800m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique de Forcalquier (n°04088001)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	604	804	651	693	933

On observe des variations dans les cumuls annuels, pouvant atteindre -19 % entre 2021 et 2022 ou +35 % entre 2023 et 2024

Enseignements

- Il est important d'assurer un suivi complet VRD et fluides en cours de chantier.
- La fréquence d'entretien doit s'adapter aux caractéristiques des eaux récupérés.
- Le régime des pluies implique de disposer d'un grand volume de stockage pour faire face aux longues périodes sans précipitations.
- La récupération des eaux de ruissellement n'est pas autorisée par la réglementation.

Installations

Gisement	Eaux de pluies
Toitures	200 m ² Terrasses inaccessibles partiellement végétalisées/ gravillonnées.
Stockage	20 m ³ en béton, enterrée.
Volume estimé	100 L de stockage / m ² de toiture
Disconnexion	Surverse totale, type AB intégrée au groupe pompage/surpression
Comptage	Appoint en eau Eau totale distribuée
Pompage Surpression	Système combiné. Vase expansion
Usages	Sanitaires : évacuation des excréta, arrosage, lave-linges.
Bilan	Fonctionnel mais seul l'usage des sanitaires a été conservé.

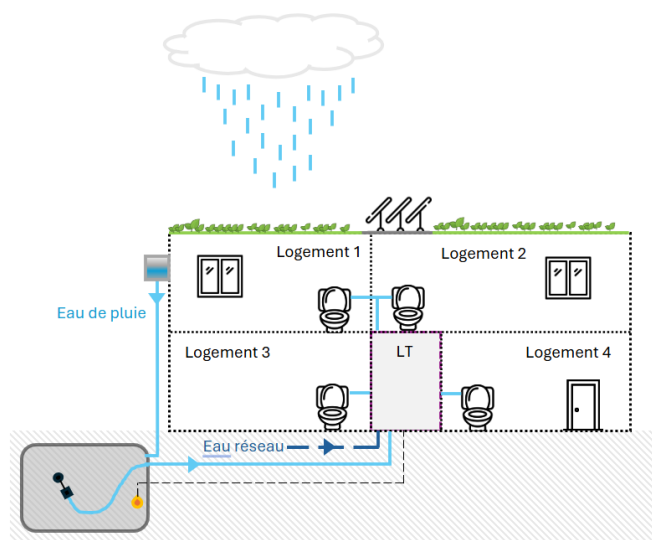


Figure 51 : Schéma de l'installation de récupération et distribution des eaux de pluie dans les logements et pour l'arrosage extérieur

Les surfaces et eaux collectées

L'installation était conçue pour récupérer uniquement les eaux de toitures. Or la cuve a finalement été positionnée avant le raccordement au réseau public d'évacuation des EP.

Elle récupère donc l'ensemble des précipitations tombant sur la parcelle : eaux de toitures mais aussi eaux de ruissellement (cheminement et parking) et eaux de drainage en pied de façade. De fait elle déroge à la réglementation. Cela nuit à la qualité de l'eau récupérée.

Locaux techniques

Le local technique est bien dimensionné pour effectuer les opérations de maintenance. La cuve enterrée à l'extérieur dispose de deux trous d'hommes. Il n'est accessible que par des professionnels.

Nature des réseaux

Bien qu'étiquetés, les réseaux dans le local technique sont peu identifiables (le calorifugeage est de la même couleur).

Disconnexion avec le réseau d'eau potable

La disconnexion est de type AB surverse totale. Elle est directement gérée par le gestionnaire d'eau de pluie assurant la surpression. Le risque d'interconnexion est faible dans le local technique.

La mise en pression est ensuite assurée par un vase d'expansion.

Stockage

L'eau dans la cuve enterrée est globalement claire mais présente des traces d'hydrocarbures en surface. La

température de l'eau mesurée était inférieure à 14°C malgré les fortes chaleurs (35°C à 40°C) lors de la période de mesure. Cette basse température ne favorise pas le développement bactériologique.

Cependant, les longues périodes de sécheresse peuvent entraîner de long temps de stockage dans les cuves. L'eau y stagne, la décantation est plus importante, de même que les risques de développement bactériologique. Cela pourrait induire un plus grand besoin en entretien.

- **Pompage / surpression**

Un système gestionnaire manufacturé active le pompage de l'eau de récupération depuis la cuve ou l'appoint en eau potable selon le niveau de la cuve, dont l'information est transmise par un flotteur à l'organe de régulation.



Figure 52 Système manufacturé gestionnaire et vase d'expansion

- **Filtration**

Les dispositifs de filtration amont (crapaudine, grille d'aération) et aval (filtre à membrane, filtre à charbon) permettent d'avoir une eau à priori de bonne qualité.

Si les moyens mis en œuvre sont satisfaisants, on constate cependant un défaut ou retard d'entretien des filtres.

La nature des eaux traitées, notamment à cause des eaux de ruissellements des voiries, impliquent une pollution complémentaire dégradant la qualité des filtres.

- **Comptage**

Nous avons pu constater la présence d'un compteur dédié à l'appoint et un global, pour une mise en service en 2017 :

- Compteur appoint 37 m³
- Compteur appoint + eau de Pluie 74 m³

L'éventuel suivi des consommations dans les logements ne nous a pas été communiqué.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

En analysant le fonctionnement nominal sur la base de pluviométrie de l'année 2022 l'installation doit couvrir plus de 90 % des consommations en année sèche et quasi 100 % en année pluvieuse contre 50 % actuellement. L'appoint est nécessaire au cœur de l'été, en général dans les périodes tendues pour la ressource en eau potable.

On constate que la cuve est régulièrement pleine les mois d'hiver. Repermettre l'alimentation des laves linges permettrait d'augmenter le taux de couverture. On remarque qu'augmenter la surface de captage a permis de réduire l'usage en période de sécheresse et de maximiser l'usage de la cuve. Bien qu'on rappelle ici que ce complément s'est avéré non-conforme.

Si l'on fait la même analyse pour l'année 2024, plus pluvieuse, on constate que la cuve était bien dimensionnée et adaptée à la pluviométrie locale.

- **Information des usagers**

Les locataires sont informés du dispositif de réutilisation des eaux de pluie dans les sanitaires par le biais d'une visite des lieux avant leur prise du logement et d'un guide de bienvenue. Ces éléments ont pour but d'expliquer le modèle de construction et les équipements, dont le système de récupération des eaux de pluie fait partie

Dans les appartements, des étiquettes gravées sont posées à côté des sanitaires. Les réseaux dans les parties communes sont plus à risque car les étiquettes y sont collées et possiblement moins pérennes.

Il semble que les locataires interrogés ont pleine connaissance du dispositif.

- **Le suivi et la maintenance**

L'installation fait l'objet d'un contrat de maintenance avec une entreprise de plomberie chauffage qui a en charge l'ensemble des installations fluides (chauffage, ECS, ventilation). Aucun carnet sanitaire n'a pu être consulté sur place. La cuve n'a jamais été vidangée.

- **Les modifications depuis la mise en service**

L'installation alimentait initialement les lave-linges et l'arrosage extérieur. Les usages ont été recentrés vers les sanitaires seuls car des traces avaient été constatées sur le linge.

Données économiques

L'investissement pour la récupération d'eau a été estimé à 25 000 € HT.

La maintenance se résume à deux visites de contrôle annuelles pour 640€ HT par an, comprenant :

- nettoyage et entretien des filtres
- contrôle du bon fonctionnement du moteur
- contrôle de l'électrovanne du bypass
- contrôle de l'étanchéité
- contrôle électrique.

L'économie d'eau estimée serait alors de 89 m³ et 400 € par an (hypothèse à 4.5 € HT/m³). **L'installation de récupération ne recherche donc pas la rentabilité économique** : le but est de limiter la pression sur la ressource.

Compte tenu des coûts de maintenance, qui semblent raisonnables, la seule couverture des usages WC n'est pas suffisante pour rentabiliser l'installation ou contribuer à une baisse significative des charges pour les locataires.

Aspects réglementaires

Non-conformités constatées

Modification des surfaces collectées (voirie, stationnement, cheminement) qui apportent des pollutions non traitables par la filtration en place. En conséquence le lavage du linge prévu en conception a dû être abandonné. S'agissant d'une petite opération, on peut penser que les compétences techniques nécessaires n'avaient pas forcément de mission en phase chantier ce qui a entraîné cette dérive. Cette modification est intéressante d'un point de vue quantitatif car elle permet d'être plus robuste les années de sécheresses en récupérant davantage d'eau. Mais elle doit faire l'objet d'une autorisation spéciale des autorités sanitaires. Si l'autorisation est donnée et que l'alimentation des lave-linges était à nouveau ouverte, il sera nécessaire d'affiner la filtration sur cette branche de distribution (dispositifs complémentaire et maille de filtration plus faible).

Pas de carnet sanitaire, entretien partiel. Un contrat annuel est passé pour la maintenance de l'installation, il ne contient pas de prestation de vidange de la cuve qui accumulera petit à petit des dépôts. La qualité d'eau dégradée par la surface récupérée nécessiterait de remplacer les filtres plus régulièrement.

Figure 53 Flux alimentant la récupération des eaux de pluie (en m³), données estimées de 2022

Dimensionnement

100 litres de stockage/ m² de toiture

Le recours à l'appoint est théoriquement faible ici et a lieu au moment où la pression sur la ressource est la plus élevée. En revanche l'hiver ; l'autonomie est totale ou presque, on ne puise pas dans la ressource mais l'eau de pluie captée ne participe pas à la recharge des nappes.

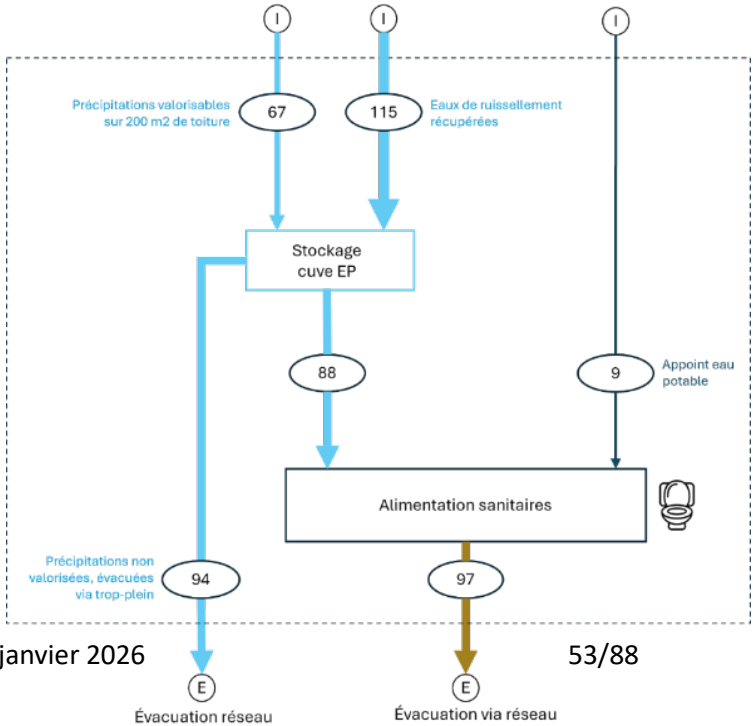
Nb d'équivalent habitant	9,3 EH
Volume de stockage	2 151 litres/EH
Autonomie avec cuve pleine	42 jours
Hauteur de précipitation nécessaire pour remplir la cuve	67 mm

Le taux de couverture des usages desservis en eau de pluie est de 50%.

appoint en eau potable	eau de pluie réutilisée	couverture de la cuve	valorisation ressource
Pluviométrie, 2022 (sec), toiture & voirie			
9 m³	89 m³	91%	49%
Pluviométrie, 2022 (sec), toiture seule			
31 m³	68 m³	69%	101%
Pluviométrie, 2024 (normale), toiture seule			
3 m³	96 m³	97%	99%

Figure 54 : tableau de dimensionnement théorique du stockage selon la pluviométrie et les surfaces collectées.

Diagramme des flux d'eau



4- ATELIERS (13)

Réhabilitation lourde, altitude 15m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique d'Arles (n°13004003)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	400	446	306	259	671

On remarque une grande disparité des précipitations mensuelles en cumulé annuel ($\pm 150\%$). Certains épisodes particulièrement puissants (tempête Monica en mars 2024 et des vigilances rouge pluie-inondation en octobre 2021) peuvent avoir un fort impact sur ce déséquilibre.

Enseignements

Ils sont ici nombreux, tant du point de vue des ambitions que de la gestion de projet.

- **Le système valorise les ressources au plus près de ses usages :**
 - eau de pluie alimentant process et sanitaires
 - traitement naturel des eaux usées et des urines par bassin d'algues pour valoriser les nutriments pour l'arrosage du jardin.
- **Architecture des réseaux d'évacuation et de distribution réfléchi.** La chaîne des usages du bâtiment a été minutieusement anticipée dès la conception. Cela demande du temps et de l'investissement. Cela est notamment possible du fait du process expérimental du bâtiment.
- **Anticipation d'un fonctionnement dégradé** dans les hypothèses de dimensionnement. Un appoint en eau potable a été prévu pour la récupération des eaux de pluie et un réseau de pompage de secours a été installé pour alimenter le bassin d'algues en cas d'alimentation insuffisante. Cela a été permis par une analyse fonctionnelle du système.
- **Analyse des risques pour une sécurité renforcée.** Plusieurs précautions ont été prises pour limiter au maximum les risques sanitaires : filtration en deux étapes des eaux de pluie, phytoépuration en deux étapes également et systématisation du post-traitement UV.

- **Un suivi complet.** Les moyens matériels et humains sont complets pour permettre un bon fonctionnement de l'installation.
- *On notera ici que **le dimensionnement est crucial** et que malgré les moyens, le système est globalement surdimensionné : l'occupation nominale de 50 personnes est d'en réalité une dizaine au jour le jour.*
- *De plus, bien que le cycle de l'eau exécuté soit vertueux certains usages n'étaient pas autorisés par l'arrêté de 2008 alors en vigueur (malgré les dispositions sanitaires mises en œuvre) : aucune déclaration n'aurait été faite auprès des autorités. **Inclure les autorités sanitaires dans le processus de conception permet de limiter les risques et peut faire avancer plus vite la réglementation.***
- **Faire avec les entreprises.** Leur expertise leur a permis de proposer par exemple un pompage en canard permettant in fine une optimisation matérielle et un brassage faible dans le bassin d'algues garantissant son bon fonctionnement.
- **Un système adaptable et évolutif.** Les usagers connaissent bien leur bâtiment et possèdent une documentation technique qualitative. Cela facilite le suivi et l'acceptabilité sociale lors de dysfonctionnements. Non seulement le système fonctionne, mais il reste adaptatif et évolutif.
- **Les locaux techniques bien dimensionnés** sont prêts à accueillir des modifications.
- Ce bâtiment et son activité peuvent être considérés comme démonstrateurs : bouclage des flux, utilisation d'algues endémiques ou encore filtration Low Tech grâce aux plantes hélophytes. Les moyens humains et financiers à disposition ont pu créer un **cadre favorable à l'expérimentation**. Ce qui a permis d'aller plus loin que la réglementation alors en vigueur, anticipant les évolutions de 2023 et 2024.

Description générale

Les installations peuvent être séparées en 2 parties.

La récupération **des eaux de pluie**, leur traitement et leur distribution dans le bâtiment 2 (principal) pour alimenter les sanitaires et le process des ateliers.

La récupération **des eaux usées** du bâtiment 2, leur traitement ainsi que les eaux de pluie du bâtiment 1 pour l'irrigation du jardin tinctorial.

Le schéma synoptique simplifié ci-après illustre **l'ensemble du système**.

Nota : certains usages (alimentation en eau potable) n'ont pas été représentés pour simplifier le schéma.

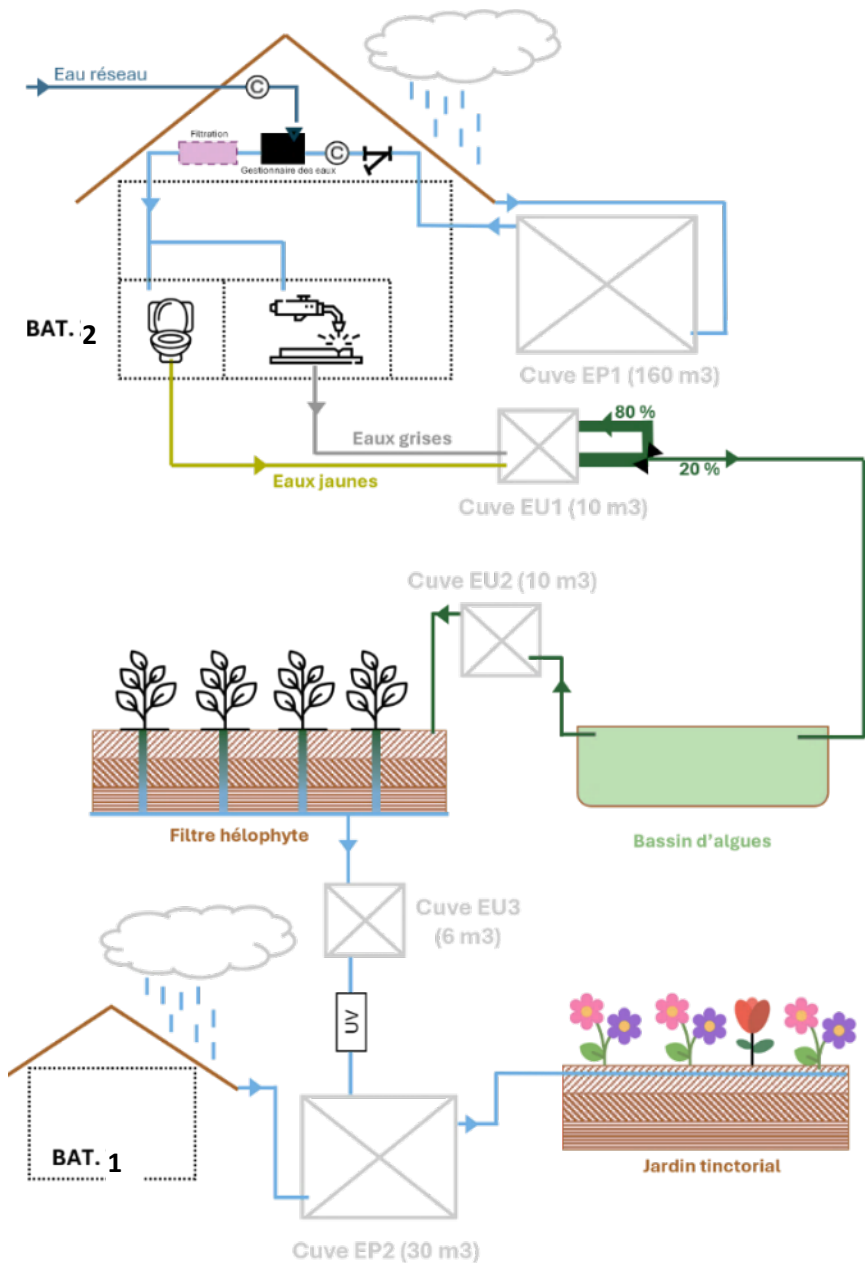


Figure 55 : Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération et traitement des eaux jaunes, grises et de pluie

Installations eaux de pluie

Gisement	Eaux de pluie (bât. 1 et 2)
Toitures	Tuiles, shed. Inaccessibles. 2 150 m² + 300 m²
Stockage	EP1 : 160 m³ en béton
Volume estimé	74.4 L stockage / m² de toiture
Disconnexion	Surverse totale type AA intégrée au groupe pompage/surpression
Comptage	Eau de la cuve de récupération EP Appoint en eau potable
Pompage Surpression	Système manufacturé équipé d'un vase d'expansion de 200 litres.
Usages	Sanitaires : évacuation des excréta Eaux de process
Bilan	Système fonctionnel

Installations eaux usées

Gisement	Eaux jaunes (WC à séparation) Certaines eaux grises
Toitures	N/A
Stockage	Récupération : EU1 10 m³ en béton Traitement : EU2 (10m³), EU3 (6m³), EP2 (30 m³)
Volume estimé	N/A : compteur non communicant
Disconnexion	Pas de connexion avec le réseau d'eau potable (aucun appoint).
Comptage	Aucun
Pompage Surpression	Pompes + ballon hydrophore pour la mise en pression (volume 100 l)
Usages	Arrosage du jardin (non destiné à la consommation)
Bilan	Système fonctionnel

Récupération des eaux de pluie (Bât. 2)

Les eaux de pluie sont récoltées sur les 2150 m² de toiture inaccessible du bâtiment 2 et stockées dans une cuve de 160 m³. Elles subissent une filtration, un post-traitement UV puis elles alimentent les sanitaires et les ateliers. Les autres usages comme l'hygiène corporelle, la boisson, le nettoyage des sols intérieurs et le process laboratoire sont alimentés par l'eau potable du réseau.

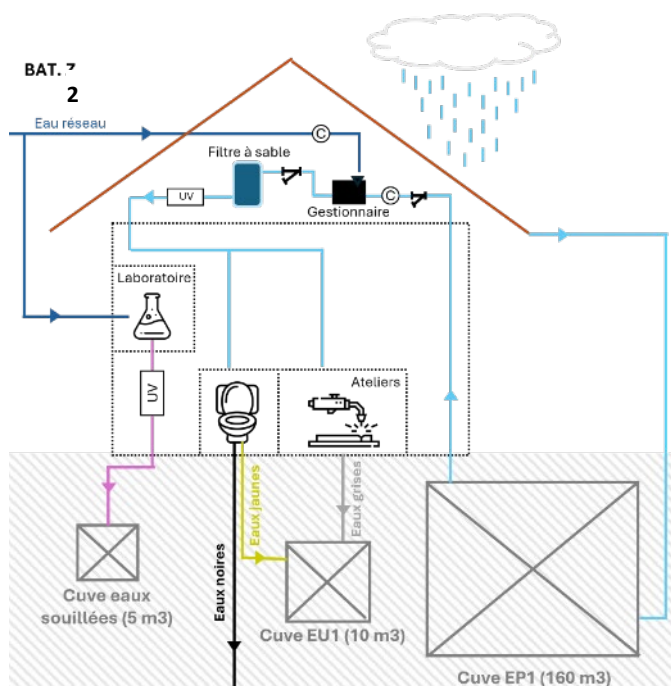


Figure 56 : Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération et traitement des eaux de pluie

Les sanitaires séparatifs permettent de récolter d'un côté les eaux jaunes et de l'autre les eaux noires.

Les eaux grises des ateliers et les eaux jaunes sont récupérées pour traitement et usage ultérieurs.

Les eaux usées du laboratoire sont récupérées et traitées par un prestataire externe.

Les eaux restantes, noires et les eaux usées des autres usages, sont renvoyées à l'évacuation au réseau.

- **Les surfaces et eaux collectées**

Dès le début du projet, l'installation était conçue pour récupérer les eaux de pluie du bâtiment principal, dont la toiture est inaccessible, pour l'évacuation des excréta et un usage professionnel, conformément à l'arrêté de 2008 alors en vigueur.

- **Locaux techniques**

Le local technique en R+2 est assez bien dimensionné et est commun à la centrale de traitement d'air. L'accès se fait par un escalier.

- **Nature des réseaux**

En local technique, les réseaux sont peu identifiables, bien qu'étiquetés, du fait du calorifuge.

Dans un local d'entretien, on trouve une nourrice de distribution dont le réseau d'eaux de pluie est peu accessible. Malgré l'étiquette collée qui l'identifie, une signalisation plus visible et plus durable comme une étiquette gravée serait souhaitable.

- **Disconnexion avec le réseau d'eau potable**

La disconnexion entre le réseau d'eau de pluie et le réseau d'eau potable est de type AA surverse totale, conforme à la réglementation. Elle est directement gérée par le gestionnaire d'eau de pluie assurant la surpression.

- **Stockage**

La réglementation n'impose pas de temps de stockage pour les eaux de pluie.

- **Pompage / surpression**

Un gestionnaire assure le pompage et la mise en pression depuis la cuve et l'appoint en eau potable de l'eau récupérée.

- **Filtration**

Trois types de filtre sont installés en cascade dans cet ordre : filtre à maille, filtre à sable et filtre à UV.



Figure 57 : gestionnaire pour la récupération des EP



Figure 58 - Filtre à maille (à gauche) et filtre à sable (à droite)

- **Comptage**

Des compteurs sont installés dans le local technique (R+2) :

- Sur l'eau prélevée dans la cuve d'eau pluviale



- Sur l'appoint en eau potable prélevé sur le réseau

Ces données remontent à la GTB. Des robinets de prise d'échantillons permettent également de récolter l'eau en amont et en aval du système de traitement.

Figure 59 Photographie des compteurs de l'eau de pluie

Récupération et traitement des eaux usées

Les eaux jaunes et eaux grises des ateliers récupérées subissent une phytoépuration en deux étapes : le passage par un bassin d'algues endémiques, puis par un filtre hélophyte. Les étapes de traitement sont toutes séparées d'un stockage intermédiaire.



Figure 60 : Bassin d'algues et du filtre hélophyte périphérique

Les eaux noires sont évacuées au réseau tandis que les eaux usées phytoépurées sont stockées dans une cuve les mélangeant à de l'eau de pluie provenant des toits du bâtiment 1. Ces eaux récupérées alimentent ensuite le jardin tinctorial, après un post-traitement UV. Ce jardin alimentera en fleurs l'atelier de teinturerie du bâtiment principal. C'est donc toute la chaîne d'usage du bâtiment qui a été réfléchi pendant la conception.

L'ensemble de l'installation est piloté par une centrale de commande, dont les informations ne remontent pas encore à la GTB.

Eaux collectées

Différentes eaux sont récupérées :

- Les eaux grises de l'atelier
- Les eaux jaunes des sanitaires à séparation
- L'eau de pluie de la toiture du bâtiment 1

L'objectif de récupérer les eaux jaunes était d'utiliser les nutriments contenus dans l'urine pour favoriser la croissance des plantes du jardin tinctorial. Cependant, leur récupération n'était pas encadrée par l'arrêté de

2008 alors en vigueur, de même que leur mélange avec de l'eau de pluie pour un arrosage d'espaces verts en extérieur.

Aujourd'hui, le nouveau décret de juillet 2024 relatif aux conditions sanitaires d'utilisation d'eaux impropres à la consommation humaine pour des usages domestiques définit un cadre réglementaire pour ce type d'installation.

Locaux techniques

D'une surface de 10 m² et accessible de plain-pied, il est également équipé d'une centrale de commande extérieure déportée sur un autre bâtiment, plus près du bassin d'algues pour faciliter le pilotage.

Nature des réseaux

Les réseaux d'eaux usées sont enterrés et donc non accessibles, sauf pour des opérations de maintenance via les regards.

Les points de puisage utilisés pour l'irrigation du jardin tinctorial sont dans des regards d'arrosage enterrés et le système d'irrigation goutte-à-goutte limite le risque de contact des visiteurs avec l'eau.

Disconnexion avec le réseau d'eau potable

Il n'y a pas de connexion avec le réseau d'eau potable possible car il n'y a aucun appoint en eau potable dans le réseau d'eaux usées.

Un appoint peut se faire par de l'eau de pluie via le bassin d'algue. Son remplissage se faisant par surverse, il n'y a pas de risque de contamination de l'eau de pluie et de l'eau usée traitée par le biais de cet appoint.

Cependant, un problème de pente dans l'acheminement de l'eau usée vers le réservoir EU1 permettait aux eaux vannes des sanitaires extérieurs de remonter vers le réservoir avec une contrepente. Des soupçons quant à un dysfonctionnement ont été émis suite à un jaunissement des plantes du jardin tinctorial, et confirmés par les analyses de qualité de l'eau prévues par le projet de recherche, qui redémarrait alors. Ces analyses ont en effet prouvé la présence de coliformes fécaux, et donc d'eaux usées, dans le bassin d'algues. Cela a été résolu par l'installation d'un clapet anti-retour.

Il n'a par la suite pas été prouvé que ce jaunissement était dû au problème de remontée des eaux usées.

Stockage

Plusieurs stockages tampon intermédiaires sont nécessaires entre les différentes étapes de traitement et

de distribution des eaux usées. L'ensemble des stockages et tampons est en matériaux inertes et le bassin d'algues est protégé par un gelcoat.

Hormis le bassin d'algues, ils sont tous enterrés donc à l'abri des UV, d'évolution des températures brusque, ce qui leur confère un premier élément de sécurité sanitaire. Les dispositifs de pompage et de surverse permettent de maîtriser les temps de stockage, sous contrainte réglementaire : 12 h maximum avant traitement, 72 h maximum après traitement. L'armoire de contrôle permet de suivre en temps réel les niveaux d'eaux dans les cuves.

cuve	matière	volume	fonction
EU1	béton	10 m ³	stockage
EU2	béton	10 m ³	traitement
EU3	béton	6 m ³	traitement
EP2	béton	30 m ³	stockage

Figure 61 : Stockages participant à la récupération des eaux usées

- Pompage / surpression

Des pompes assurent le transfert entre les cuves du réseau extérieur. Un vase d'expansion (volume : 100 L) assure ensuite la mise en pression pour distribution vers le jardin.

- Filtration

Les eaux jaunes et usées subissent une filtration en deux étapes, mais aussi un post-traitement UV. Les algues du bassin, qui constituent la première étape de filtration, sont une espèce endémique, tandis que les espèces végétales qui constituent le filtre hélophyte, la deuxième étape de filtration, ont été sélectionnées par le bureau d'étude. Le post-traitement UV permet quant à lui, en fin de traitement, de diminuer la charge bactériologique du flux, offrant une sécurité sanitaire supplémentaire.

Dimensionnement

Les compteurs indiquent, depuis la mise en service en 2023 :

- Appoint 228 m³
- Eau de pluie utilisée 187 m³
- Consommation totale 416 m³

Les précipitations annuelles permettent de remplir la cuve de 160 m³ environ 6 fois par an (il faut 70 à 80 mm pour remplir la cuve). Compte tenu des valeurs de consommation ci-dessus, nous supposons que le système n'a pas fonctionné sur toute la durée depuis la

mise en service. L'installation devrait tendre vers une autonomie sur les usages couverts.

Vie en œuvre de l'ensemble de l'installation

- Bilan de l'usage

Le réseau de traitement des eaux de pluie et de la gestion de l'appoint en eau potable est fonctionnel. Les compteurs nous révèlent que l'appoint représente à ce jour 55 % des consommations. Les dispositifs de filtration filtrent donc la moitié du temps une eau déjà potable.

Au cours du chantier, un système de pompage en canard a été installé pour compenser la trop forte puissance des pompes pour eaux usées disponibles sur le marché (ce type de pompage renvoie une partie du débit de sortie sur l'aspiration permettant d'éviter les contrecourants et l'arrivée de bulles d'air dans la zone de balayage des pales de la pompe). Ainsi, 80 % de l'eau prélevée dans la cuve EU1 lui est restitué et seulement 20 % se déverse dans le bassin. Cette optimisation du flux (et pas des consommations résulte du dialogue entre l'entreprise missionnée pour les travaux, le MOA et la maîtrise d'œuvre.

La fréquentation réelle du bâtiment est de l'ordre du quart de celle estimée à la conception. Le système de traitement des eaux usées est donc aujourd'hui surdimensionné et l'apport en nutriments au bassin est dilué par les eaux de pluies, plus abondantes.

Les sondes de niveau installées dans la cuve EU1 et plus généralement les réseaux secs permettaient aux odeurs liées aux eaux usées non encore traitées de remonter jusqu'au bâtiment principal, impactant ainsi le confort des usagers. Ces fourreaux ont été étanchés pour pallier cet inconfort.

En périodes de fortes chaleurs, le niveau du bassin peut réduire à cause du manque d'alimentation en eaux usées couplé à une demande plus forte en irrigation du jardin tinctorial. Cela pourrait induire une baisse de niveau et une surconcentration en algues. Cependant, via l'appoint en eau de pluie depuis le second réservoir, ce problème a été anticipé dès la conception du système. Le bassin peut donc être maintenu à niveau avec une eau toutefois moins chargée en nutriments.

Le système de brassage du bassin d'algues est sous-dimensionné ou trop éloigné du bassin et les importantes pertes de charge engendrées ne permettent pas un fonctionnement optimal.

Le canal surfacique, censé alimenter à lui seul le jardin tinctorial, a fait l'objet d'un écart entre la conception et la mise en œuvre et ne fournit pas le service souhaité.

Les robinets de puisage, par le biais du système d'irrigation goutte-à-goutte, ont donc pris le relais.

Le système d'irrigation ne dispose que d'un seul programmeur, ne pouvant s'adapter aux différents régimes d'irrigation des différentes espèces présentes dans le jardin.

Le laboratoire a été placé sur un réseau d'évacuation spécifique, traité par un prestataire externe, du fait de la dangerosité potentielle de certains produits. Cependant, il aurait pu constituer une source d'eau intéressante pour le réseau des eaux usées, la plupart des rejets n'étant pas dangereux.

Des mesures de la qualité d'eau sont réalisées à différents endroits de la chaîne de traitement afin de vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de traitement.

- **Information des usagers**

La signalisation sur la distribution de l'eau de pluie est bonne. Au sein des ateliers, la signalétique est visible et présente à chaque point d'eau. Dans le reste du bâtiment, les différents réseaux sont difficilement identifiables.



Figure 62 : Signalétique aux points d'eau des ateliers

- **Le suivi et la maintenance**

Les locaux techniques sont bien dimensionnés et permettent une maintenance correcte ainsi que des possibilités d'évolution si nécessaire.

De nombreux regards et trous d'homme permettent l'accès au réseau et aux cuves.

Des analyses sont réalisées pour ajuster le processus (qualité d'eau, concentration en algue) par un ingénieur sur site. Le site est suffisamment important pour qu'un

poste existe pour piloter le fonctionnement et la maintenance de l'ensemble des bâtiments du site.

Des capteurs sont installés sur le réseau de traitement des eaux usées et sur les différentes pompes connectées à la centrale de commande, mais ne remontent pour le moment pas à la GTB du site. Cela est dû à des limites de mission des prestataires, qui sont en discussion pour être redéfinies.

Le système de brassage du bassin permet quant à lui de traiter l'eau du bassin d'algues dans son local technique dédié (ajustement des concentrations en algues).

Les cuves, installations de pompage, vannes, filtres UV et la commande centrale font l'objet d'un contrat de maintenance. La société effectue une visite annuelle.

Les trois poires de niveau présentes dans chaque réservoir (niveau haut, bas ou très bas) permettent d'assurer une sécurité supplémentaire en cas de non-fonctionnement de la mesure de niveau.

Les cuves n'ont jamais été vidangées depuis leur mise en fonctionnement il y a 2 ans. La réglementation n'impose pas de fréquence d'entretien pour les cuves de récupération des eaux de pluie, mais impose une vidange annuelle suivie d'un nettoyage pour les systèmes utilisant des eaux grises.

L'installation fait l'objet d'un suivi régulier par les ingénieurs du site avec des contrats de maintenances externe pour certaines opérations

- **Les modifications depuis la mise en service**

Une campagne d'isolation a été menée dans les réseaux secs en provenance du réservoir EU1 pour éviter la remontée des odeurs d'eaux usées constatée par les usagers.

Pour limiter l'évaporation du bassin d'algues lors de fortes chaleurs et pour permettre un temps de séjour de l'eau dans le bassin suffisant, le système de pompage de secours du second réservoir d'eau de pluie vers le bassin a été détourné pour alimenter le bassin par sa surverse plutôt que directement par le bassin.



Figure 63 Modification de la bordure du filtre hélophyte pour maîtriser l'écoulement de la surverse

Lors de l'alimentation du filtre hélophyte, l'infiltration graduelle de l'eau dans le sol entraîne un écoulement de surverse tout autour du filtre, notamment dans les vides techniques. Pour maîtriser l'écoulement de surverse du

filtre hélophyte, une ouverture a été créé en bordure du filtre.

Les robinets de puisage en eau qui sortaient du sol à hauteur de hanche étaient de fait accessibles aux visiteurs pouvant induire des risques de consommation. Ils ont donc été rapidement enfouis et protégés pour éviter tout prélèvement accidentel.

Enfin, il est envisagé d'installer un pré-traitement UV à la sortie du premier réservoir d'eaux usées, avant l'alimentation du bassin, afin de diminuer la charge bactériologique de l'eau usée et limiter le risque sanitaire qui a pu être révélé par des mesures.

Données économiques

A hauteur de 4 €/m³, l'installation aurait permis d'économiser environ 400 €/an. Le coût du stockage seul est supposé à 56 000 € HT. La rentabilité économique ne pourrait a priori pas être atteinte sur la durée de vie de l'installation dans ces conditions.

Aspects réglementaires

La récupération des eaux de pluie, leur usage intérieur puis leur retraitement pour l'arrosage constitue un dispositif aujourd'hui non réglementé (un seul usage permis).

La récupération et la réutilisation des eaux grises et eaux jaunes n'était pas permise par la réglementation alors en vigueur (arrêté de 2008). Les autorités sanitaires auraient dû être consultées en amont.

L'entretien des cuves de stockage récoltant les eaux grises (vidange + nettoyage) doit être effectué une fois par an.

Les autres non-conformités sont :

- Manque de filtration < 1 mm amont cuve
- Manque de distinction des réseaux eau de pluie / eau potable

Quel cadre légal pour un tel projet aujourd'hui ?

Des usages multiples sont présents dans le bâtiment et sont au carrefour de deux réglementations.

○ Usage domestique des EICH : Arrêté du 12/07/2024

Usage domestique pour l'utilisation des eaux de pluie dans les sanitaires et pour l'arrosage : pas de qualité Requête

○ Usage non domestique des eaux de pluie et eaux usées traités, autorisée par le code de l'environnement et régit par des arrêtés définissant les conditions d'usage, notamment :

■ Arrêté du 29/08/2023

- Utilisation des eaux de pluie autorisée pour les usages industriels dans les bâtiments ne recevant pas de public (interdit dans les ERP)
- Utilisation des eaux de processus industriels pour l'arrosage des espaces verts (qualité A car accessible au public)) ou l'irrigation de cultures industrielles (A à D autorisés)

■ Pour les contraintes de qualités, l'arrêté de 2024, plus contraignant, serait à appliquer dans une démarche expérimentale. En revanche, s'agissant d'un usage non domestique de l'eau de pluie, il ne s'inscrit pas dans la démarche d'expérimentation de l'arrêté de 2024.

Tandis que le système de récupération et distribution des eaux de pluie était conforme à la réglementation dès le début de sa conception, le système expérimental de récupération des eaux usées a été conçu alors que la réglementation ne l'encadrerait pas.

Aujourd'hui, une telle installation serait reproductible, sous régime d'expérimentation. Dans une optique de sécurité sanitaire, on pourra s'appuyer sur la réglementation la plus stricte à savoir :

- Offrir une qualité d'eau A+. Etant sous régime d'expérimentation, la qualité exigée n'est pas définie par l'arrêté du 12 juillet 2024. Pour les procédures sous régime d'autorisation, la qualité A est demandée pour les espaces verts, et A+ pour les jardins potagers. Nous retenons ici la qualité la plus exigeante. Pour les eaux de process industrielle, arrêté REUT, une qualité A est exigée pour l'arrosage et l'irrigation.
- Le temps de stockage avant traitement des eaux jaunes et grises récoltées du bâtiment ne doit pas excéder 12 h. Le volume de stockage et le débit des pompes seraient donc fixés en conséquence.

- Le temps de stockage des eaux mélangées (eaux jaunes et grises traitées + eau de pluie), qui correspond au temps de stockage après traitement, ne doit pas excéder 72 h. Ainsi, un usage adapté à la quantité d'eau disponible serait réfléchi, de même qu'une vidange de la cuve serait possible si l'eau n'est pas utilisée à temps. A défaut, un rebouclage du flux serait possible, à l'image du remplissage du bassin d'algues par sa surverse depuis le dernier stockage, permettant ainsi de gagner du temps en traitant à nouveau l'eau. Cette boucle ne doit cependant pas nuire à la santé du système de traitement biologique.
- La mise en jeu des eaux jaunes implique une déclaration administrative pour autorisation d'expérimentation auprès du préfet du département. La période d'expérimentation ne pouvant excéder 5 ans, l'arrêt du système devrait être anticipé, ou à défaut une séparation des flux d'eaux grises et eaux jaunes devrait être mise en place jusqu'à la cuve de stockage avant traitement.

L'arrêté Eau de pluie de 2008 ayant été abrogé par l'arrêté du 12/07/2024, l'usage des eaux de pluie pour des usages industriels n'est plus encadré par ce nouvel arrêté. Il est dorénavant autorisé sans restriction par l'arrêté du 29/08/2023 pour les usages non domestiques.

Enfin, pour faciliter le suivi des installations et les contrôles, la tenue d'un carnet sanitaire au format numérique contenant les analyses effectuées sur l'eau est obligatoire.

5- ESPACE MUSÉAL (83)

Neuf, altitude 100m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique du Castellet (n°83035002)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	398	533	416	373	616

On observe une assez grande variation entre les cumuls annuels, avec des écarts pouvant atteindre + 65 % entre deux années consécutives, ici 2023 et 2024.

Enseignements

Il apparaît que la gestion des eaux de pluie manque d'intégration dans la démarche de conception. Nous pouvons en retenir les points suivants :

- **La réutilisation des eaux de pluie doit faire partie intégrante d'une stratégie environnementale.** La pertinence de la réutilisation de ces eaux doit être réfléchie. Au vu du prix de l'eau actuel, de telles démarches visent davantage :
 - à préserver la ressource en eau que de faire des économies financières,
 - à garantir une meilleure autonomie, notamment dans les régions subissant des sécheresses régulières.
- La pérennité d'une installation dépend d'éléments techniques, mais aussi et surtout de la **transmission et de la sensibilisation faites aux usagers.** Malgré une construction en 2019, le dispositif de récupération des eaux de pluie n'a pas été porté à connaissance des usagers. La transmission doit impliquer tous les acteurs.
- **Favoriser un cheminement gravitaire** réduit la demande énergétique globale du système. Voir l'annule, comme ici.
- La démarche est vertueuse sur bien des aspects, mais l'installation de récupération des eaux de pluie y a mal été intégrée. La pertinence d'une telle installation pour un usage extérieur est à questionner. D'autres usages auraient pu être envisagés (sanitaire

Installations

Gisement	Eaux de pluie Eaux brutes
Toitures	283 m² Toiture inclinée (tuiles) Toitures inaccessibles
Stockage	10 m³, en polyéthylène Enterrée
Volume estimé	35,3 L stockage / m² toiture besoin annuel estimé : non défini
Disconnexion	Non concerné
Comptage	Aucun
Pompage Surpression	Aucun : système gravitaire
Usages	Un robinet de puisage
Bilan	Système inutilisé

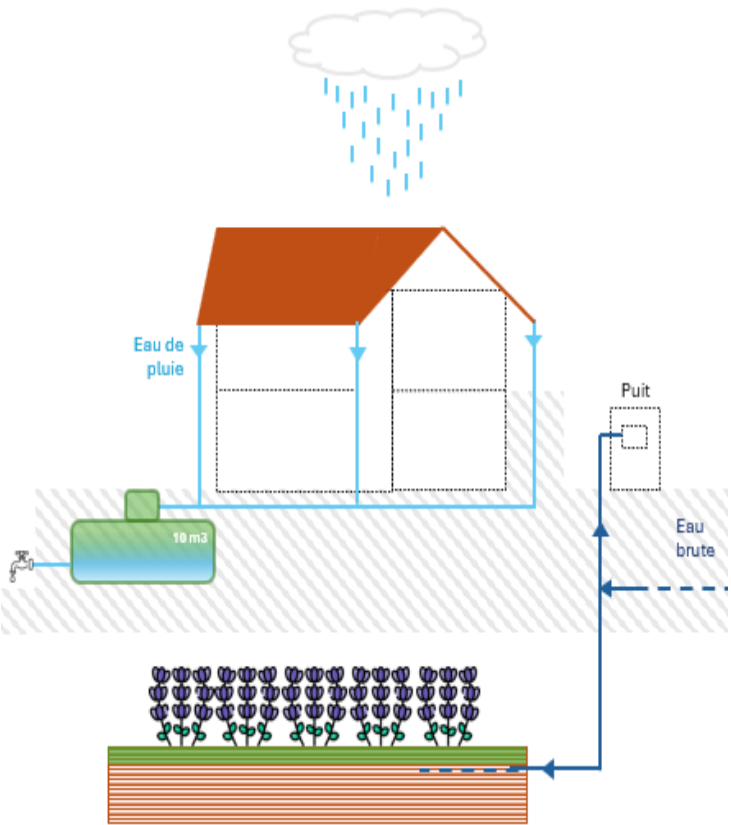


Figure 64 : Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération et des eaux de pluie et des eaux brutes

- **Les surfaces et eaux collectées**

Deux types d'eaux récoltées sont à distinguer :

- Les eaux de pluie, récoltées sur les toitures du bâtiment (env. 283 m²) et stockées dans une cuve enterrée de 10 m³, qui alimente un robinet de puisage extérieur sans usage identifié.
- Les eaux brutes, issues du canal de Provence, qui alimentent le puit pédagogique et l'arrosage principal.

- **Les usages des eaux récoltées**

Les eaux brutes sont utilisées pour l'arrosage des cultures du site conformément à la conception.

Mais les eaux de pluie récupérées ne sont pas ou peu utilisées. Les usagers ne savaient pas qu'une telle installation était présente. La capacité modeste de la cuve (10 m³) et son positionnement ne permettraient pas une alternative à l'arrosage des cultures pour autant.

- **Locaux techniques**

L'installation ne dispose d'aucun local technique puisque l'installation est constituée uniquement des réseaux en amont et aval de la cuve de récupération et du robinet de puisage.

- **Nature des réseaux**

Les descentes d'eaux pluviales sont en acier galvanisé. Elles acheminent les eaux récoltées sur les toitures jusqu'aux canalisations PVC d'alimentation de la cuve. Les réseaux en aval de la cuve sont également en PVC.

- **Disconnexion avec le réseau d'eau potable**

Sans objet ici car le dispositif de récupération des eaux de pluie ne fait l'objet d'aucun appoint en eau potable. Les deux réseaux sont distincts de bout en bout.

- **Stockage**

La cuve est non translucide et à pression atmosphérique. Le matériau (polyéthylène) est compatible avec le stockage d'eau. Le positionnement de la cuve, enterrée en pleine terre, permet de la protéger contre les montées en température dues à l'ensoleillement.

Un regard, situé en extérieur au milieu d'une culture fleurie, permet d'accéder à la cuve pour les opérations de maintenance.

Aucun dispositif de filtration inférieur ou égal à 1 mm en amont de cuves n'a été observé. Du fait de son

emplacement enterré, la vidange de la cuve ne peut se faire que par le robinet de puisage.



*Figure 65
Photographie du trou d'homme de la cuve de rétention, au milieu d'une culture fleurie, en contrebas du puit, situé entre les deux lignes orange dessinées*

- **Pompage / surpression**

L'installation fonctionne uniquement en gravitaire. La disposition du terrain, aménagé en terrasses à différents niveaux permet ce fonctionnement.

Les eaux de pluie s'écoulent jusqu'à la cuve enterrée à un niveau plus bas que le bâtiment. La cuve, située plus haut que le robinet de puisage, permet d'effectuer le maintien en pression.

Cette disposition limite les usages à un seul point de soutirage, mais présente l'avantage de ne consommer aucune énergie et ne nécessiter que très peu de maintenance.

- **Filtration**

L'eau récoltée sur les toitures du bâtiment ne subit aucune filtration à l'exception des crapaudines.

- **Comptage**

L'installation ne fait l'objet d'aucun comptage.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

Malgré une construction récente (bâtiment livré en 2019), la transmission des installations aux usagers ne s'est pas faite correctement. L'installation de récupération des eaux de pluie, n'étant pas connue, n'a donc pas été utilisée.

L'arrosage par le réseau d'eau brute initialement prévu fonctionne correctement.

- **Information des usagers et signalétique**

Les usagers n'ont pas été informés de la présence du dispositif et de sa vocation.

Le robinet de puisage, proche du logement de fonction mais accessible à tous par son emplacement, ne fait

l'objet d'aucune signalétique et donc d'aucune mention « Eau non potable ».



Figure 66
Photographie du robinet de puisage alimenté par les eaux de pluie, accessible à tous, sans signalétique

- Le suivi et la maintenance

Pas de maintenance compte tenu de la non-connaissance de l'équipement.

- Les modifications depuis la mise en service

Aucune connue depuis la mise en service en 2019.

Dimensionnement

35,3 litres de stockage / m² toiture.

Les détails du dimensionnement de la cuve ne nous ont pas été transmis (partis pris, arbitrages, notes de calcul).

Diagramme des flux d'eau

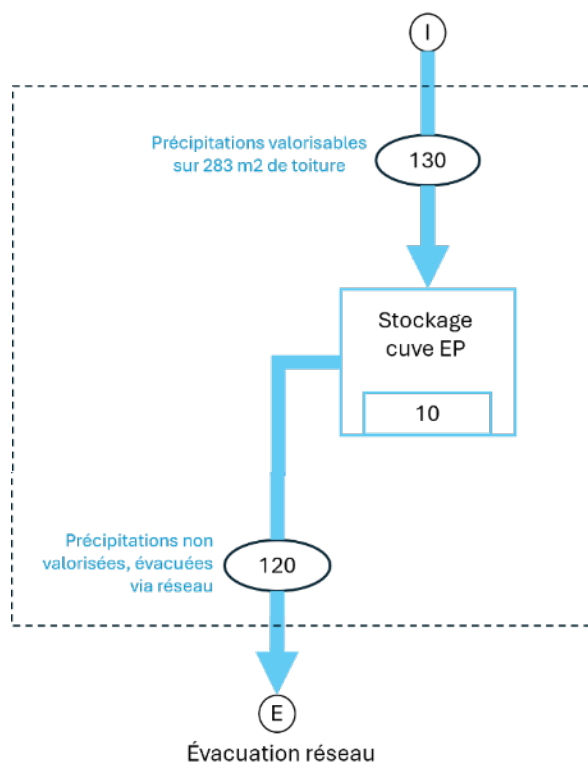


Figure 67 : Diagramme des flux d'eau de pluie alimentant le système de récupération du musée, données 2024 (en m³)

Données économiques

Aucune donnée économique ne nous a été transmise. Le système, composé de très peu d'éléments et entièrement gravitaire, aurait sûrement présenté des coûts de fonctionnement très faibles.

Cependant l'absence d'usage induit une perte financière car l'investissement n'est pas amorti.

Aspects réglementaires

Les non-conformités rencontrées sont :

- Manque de filtration < 1 mm amont cuve
- Manque de signalisation au point de soutirage
- Le point de soutirage n'est pas situé dans un local fermé non accessible au public reçu
- Carnet sanitaire non disponible

6- HABITAT INCLUSIF (04)

Neuf, altitude 555m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique de Forcalquier (n°04088001)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	604	804	651	693	933

On observe des variations dans les cumuls annuels, pouvant atteindre -19 % entre 2021 et 2022 ou +35 % entre 2023 et 2024.

Enseignements

- **Conception du système intégrant une distinction des réseaux d’eaux pluviale et potable** via des bandes colorées différenciantes. Le recours à des coques isolantes également différenciantes aurait été judicieux.
- **Dispositifs de filtration insuffisants et manquant d’entretien.** Des dépôts sont constatés sur l’eau contenue dans les sanitaires, accentués par la qualité des eaux récoltées (eaux de surfaces accessibles).
- **Utilisation des eaux de ruissellement non encadrées par la réglementation.** L’installation serait conforme en se limitant à la récupération des eaux de pluie des toitures non accessibles.

Installations

Gisement	Eaux de pluie Eaux de ruissellement
Toitures	550 m² de terrasses en partie végétalisée et inaccessibles
Stockage	20 m³ en béton, enterré
Volume estimé	37,7 litres de stockage / m² de toiture
Disconnexion	Type AA avec surverse totale et garde d’air visible
Comptage	Appoint en eau potable Alimentation EP logements Alimentation EP arrosage
Pompage Surpression	Système unique avec vase d’expansion 8L
Usages	Arrosage, sanitaires (évacuation des excréta)
Bilan	Système à l’arrêt lors de notre visite

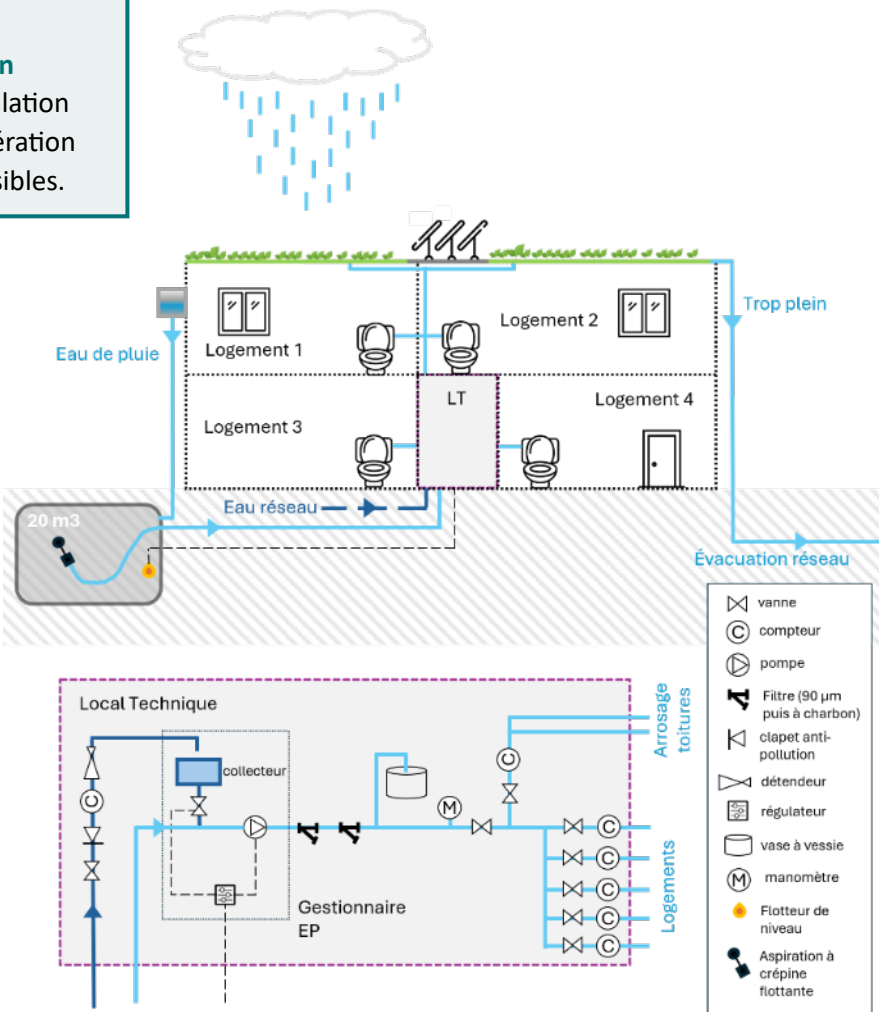


Figure 68 : Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération des eaux de pluie

- **Les surfaces et eaux collectées**

Une grande partie des eaux de pluie tombant sur la parcelle sont récupérées et acheminées gravitairement vers la cuve enterrée. Cette récupération comprend :

- les eaux de pluie des toitures terrasses partiellement végétalisées et non accessibles ;
- les eaux de ruissellement de la chaussée de la cour en stabilisé dont des places de stationnements.

La récupération des eaux de pluie sur une plus grande surface que les toitures est intéressante d'un point de vue quantitatif. Mais aussi économique puisqu'il n'y a qu'un réseau pour les deux flux. Cela doit cependant faire l'objet d'une autorisation spéciale des autorités sanitaires car non autorisée de facto par la loi.

- **Les usages des eaux récoltées**

Elles sont utilisées pour alimenter les sanitaires des 4 logements et des 4 chambres de la colocation (*dans un autre bâtiment, non représenté sur la Figure 68*).

Les eaux récoltées sont également utilisées pour l'arrosage des toitures terrasses végétalisées du logement collectif et de la colocation via une programmation horaire pilotée par électro-vanne.

- **Locaux techniques**

L'installation dispose d'un local technique exigu qui abrite le système manufacturé de mise en surpression pour la distribution, les deux filtres et les dispositifs de comptage.

La densité et la disposition des réseaux rend difficilement identifiable les réseaux d'eau de pluie et d'eau potable entre eux, malgré les étiquettes collées ou fixées sur les réseaux.

- **Nature des réseaux**

Les descentes et boîtes à eau sont en acier galvanisé. Les réseaux en amont de la cuve sont en PVC et ceux en aval sont en PEHD.

Les réseaux d'eau de pluie sont en PEHD avec bande blanche, tandis que les réseaux d'alimentation en eau potable sont en PEHD à bande bleue. Il y a donc une **distinction visuelle des réseaux**. Cependant, la bande colorée est fine et peut être difficile à identifier avec le temps. L'isolation thermique uniforme des réseaux vient rendre cette coloration peu utile.

- **Pompage / surpression**

Le pompage depuis le bassin puis la mise en pression est réalisé par un système intégré qui comprend le système d'aspiration et de mise en pression, mais aussi

un organe de contrôle qui gère l'approvisionnement du système depuis la cuve ou l'appoint. L'information du niveau de la cuve est transmise par un flotteur à cet automate qui choisit la source adaptée.

L'appoint en eau potable se fait conformément à la réglementation, par surverse totale avec garde d'air visible.

Ce système gestionnaire unique plus onéreux qu'un système assemblé présente en général une bonne fonctionnalité et un respect de la réglementation.



*Figure 69
Photographie de 2 tuyaux PEHD à bande bleue, pour l'alimentation en eau potable, avec la bande pas ou peu visible sous l'isolation*

- **Filtration**

Les eaux acheminées jusqu'à la cuve passent par une grille, permettant une première filtration et l'élimination de gros dépôts ou de corps étrangers (feuilles, cailloux).

Une décantation est également effectuée sur 10 cm d'épaisseur avant l'entrée de l'eau dans la cuve.



Figure 70 Grille permettant une première filtration grossière du flux entrant dans la cuve

Cependant, aucun dispositif de filtration inférieur ou égal à 1 mm en amont de la cuve n'a été observé.

L'eau de pluie, après avoir été stockée dans la cuve de rétention, subit une première filtration via un filtre à maille de 90 µm et une deuxième via un filtre à charbon.

Les filtres sont à nettoyer/remplacer, ce qui peut expliquer les dépôts sur l'eau dans les sanitaires.

- **Comptage**

Un comptage est présent sur l'appoint en eau potable et sur tous les usages de l'eau de pluie :

- un pour l'arrosage des deux toitures-terrasses
- un pour chaque logement
- un pour les 4 sanitaires de la colocation.

Pas de comptage général de l'eau de pluie prélevée de la cuve. Les dispositifs de comptage sont conformes à la réglementation et sont relevés deux fois par an.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

L'installation n'est pas fonctionnelle lors de la visite suite à un capteur de niveau de cuve défectueux. Cet arrêt est temporaire, le système étant autrement fonctionnel.

- **Information des usagers et signalétique**

Les locataires sont informés du dispositif de réutilisation des eaux de pluie dans les sanitaires par le biais d'une visite des lieux avant leur prise du logement et d'un guide de bienvenue. Ces éléments ont pour but d'expliquer le modèle de construction et les équipements, dont le système de récupération des eaux de pluie fait partie.

Cependant, aucune signalétique n'est présente dans les sanitaires pour rappeler ce dispositif.

- **Le suivi et la maintenance**

Aucune information relevée lors de la visite ne permet de vérifier le relevé des compteurs ni la tenue du carnet sanitaire réglementaire.

- **Les modifications depuis la mise en service**

L'installation n'a fait l'objet d'aucune modification.

Dimensionnement

37,8 litres de stockage/ m² de toiture

Le dimensionnement des 20 m³ de la cuve résulte des dimensions disponibles auprès du fabricant et d'une volonté de s'adapter au régime pluviométrique, c'est-à-dire pouvoir stocker le maximum de l'eau précipitée lors des épisodes pluvieux (peu fréquents, mais intenses)



Figure 71 : dépôts visibles dans l'eau du sanitaire

afin de valoriser au maximum le gisement. Aucune étude précise du régime des précipitations n'a été portée à notre connaissance.

Diagramme des flux d'eau

Aucune donnée de consommation fournies.

Données économiques

L'investissement pour la récupération des eaux de pluie est de plus de 35 350 € et se décompose ainsi :

- 11 960 € pour la cuve de 20 m³ (fournie, posée),
- 14 020 € pour la station de pompage / surpression,
- 4 250 € pour les réseaux en PVC (amont de la cuve),
- 5 120 € pour les canalisations en PEHD à bande blanche pour la distribution des EP (raccordement, vannes, compteurs, nourrice compris).

Les frais de fonctionnement comprennent seulement les frais de maintenance. Un plombier effectue une visite annuelle pour le contrôle de l'installation et l'entretien des filtres. En 2022, la facture de cette intervention sans fourniture s'élevait à moins de 200 €.

Le prix de l'eau de 2024 était à 3,95 € HT /m³. Les frais de maintenance seraient alors amortis dès 65 m³/an (en ajoutant environ 50 € de consommables). Les précipitations entre 2020 et 2024 permettraient de valoriser au moins 150 m³ par an, en considérant 550 m² de toiture avec un coefficient de rendement moyen de 0.5 et un seuil de valorisation de 2 mm. Les économies engendrées permettraient de rentabiliser les frais de fonctionnement, mais le retour sur investissement reste très long (de l'ordre de 90 ans).

La solution de récupération n'est donc pas viable économiquement dans ces conditions. La maîtrise d'ouvrage ne semble plus recourir à ce système désormais.



Figure 72 : Dispositifs de filtration en aval de la cuve. Le filtre de maille de 90 µm est à droite, le filtre à charbon à gauche

Aspects réglementaires

Une non-conformité majeure observée est la récupération et l'utilisation des eaux de ruissellement qui n'est pas prévue par la réglementation.



Figure 73 : Photographie des compteurs d'alimentation en eau de pluie des quatre logements collectifs et de la

Les autres non-conformités constatées sont :

- Absence de filtration en amont de la cuve
- Manque de distinction entre réseaux d'eau de pluie et d'eau potable (malgré les signes distinctifs)
- Carnet sanitaire non disponible

7- RÉSIDENCE ISOLÉE (83)

Ancien, altitude 460m NGF.

Pluviométrie

Cumuls de la station météorologique

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	424	622	526	504	836

On observe des variations dans les cumuls annuels, pouvant atteindre -15 % entre 2021 et 2022 ou +66 % entre 2023 et 2024.

Contexte

L'établissement est ancien et son activité a varié au fil du temps. Les équipements et réseaux sont de plusieurs époques.

L'établissement n'est pas raccordé au réseau de ville. Il doit donc être autonome sur la ressource en eau (approvisionnement et assainissement).

Historiquement il est alimenté par une source située plus en altitude qui alimente gravitairement le bâtiment.

La présente fiche se concentre sur l'évolution de l'installation pour s'adapter et anticiper la raréfaction de la ressource et détaille l'installation de récupération des eaux de pluie.

Installations

Gisement	Eaux de pluie, sources, forages
Toitures	1240 m ² + 1000 m ² inaccessibles Toitures en pente, couverture tuiles
Bassins de récupération	400 m ³ (sud) + 132 m ³ (nord) Béton armé, enterrés
Volumes estimés	bassin sud : 322 L / m ² toiture bassin nord : 145 L / m ² toiture total : 243,3 L stockage / m ² toiture total : 419.2 L stockage / m ³ besoin
Disconnexion	N/A : pas de réseau d'eau potable
Comptage	Eaux de pluie + source Eau des forages
Pompage Surpression	Système unique sans vase d'expansion
Usages	Sanitaires, arrosage, hygiène, consommation humaine (après traitement), sécurité incendie
Bilan	Système fonctionnel

Enseignements

- **Un isolement qui accentue la dépendance aux aléas météorologiques.** Le besoin d'autonomie complète oblige la maîtrise d'ouvrage à diversifier les sources d'eau pour garantir la robustesse du système.
- **Une analyse des eaux** mise en relation avec les objectifs de qualité pour la définition des dispositifs de traitement.
- **Anticipation d'un tarissement de la ressource** qui conduit à repenser les usages, la valorisation des gisements disponibles et l'architecture des réseaux de distribution.
- **Un suivi de chantier attentif et une traçabilité** (DOE, DIUO maison) permettant sa longévité.
- Une installation de récupération d'eau conçue selon les règles de l'art pour faciliter son entretien.
- **Un suivi régulier et attentif nécessaire pour l'adaptation des consommations aux ressources disponibles** avec une modification des comportements en période sèche
- **Une restructuration des réseaux, mais aussi des usages de l'eau pour inclure les eaux de pluie.** L'ensemble des réseaux a été réfléchi pour définir deux catégories. Ce qui nécessite une eau potable ou non. Le besoin primordial de robustesse du système pour son autonomie a conduit à traiter et potabiliser ces deux flux.
- **Un système à la programmation et conception ambitieuse, mais faisant face à une vie en œuvre fragile.** Malgré des restrictions d'usage en été, le site peut arriver à cours d'eau. Les difficultés d'approvisionnement en consommables pour les dispositifs de reminéralisation et chloration mettent parfois le système en difficulté.

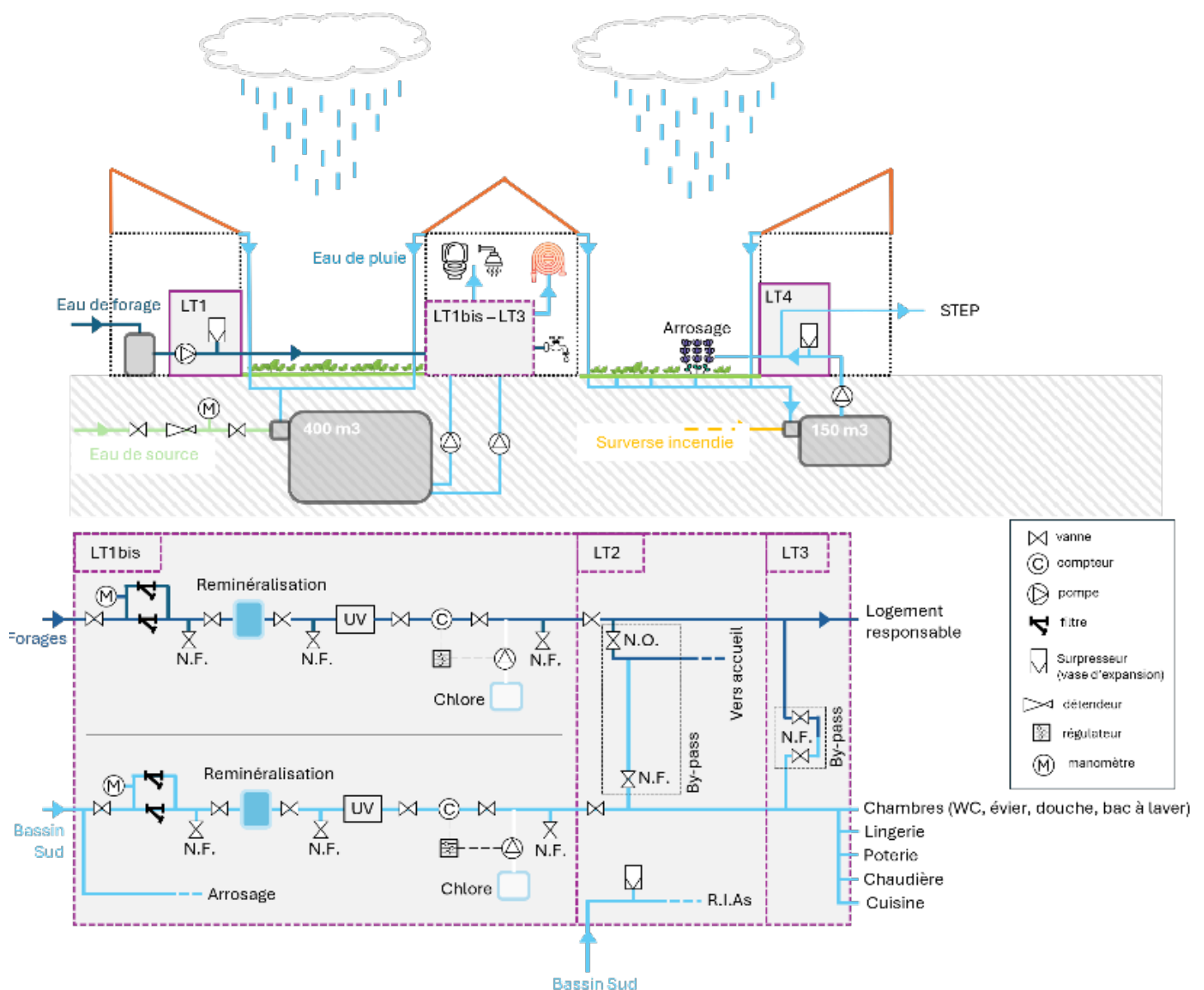


Figure 74 : Schéma synoptique simplifié de la gestion de l'eau au sein de l'établissement. LT pour « local technique »

- Diversifier les ressources : résilience du système

Pour sécuriser l'approvisionnement en eau du site, il a été décidé d'ajouter un premier forage en complément des sources naturelles historiquement captées.

Une connexion sur la citerne des pompiers voisine a également été autorisée par le service incendie pour récupérer le trop-plein, diversifiant davantage les ressources.

A l'été 2003, particulièrement rude, l'établissement a connu une quasi-absence d'eau sur le site. Cela est dû à l'arrêt de la production au forage, le tarissement de la source et l'absence d'eau disponible depuis la citerne de façon simultanée.

Cette situation a conduit les responsables à chercher de nouvelles ressources. Un second forage a été effectué et il a été décidé de récupérer les eaux de pluie.

- Repenser les usages pour optimiser la ressource

Des analyses effectuées à l'été 2004 ont révélé que les eaux récupérées (source et forage) étaient impropres à la consommation pour cause de :

- Déionisation pour les eaux de forage
- Déionisation et contamination bactériologique pour les eaux de source

Les exigences quantitatives et qualitatives sur la ressource, ainsi que la décision d'ajouter la récupération des eaux de pluie ont motivé une réflexion de restructuration complète des usages de l'eau au sein de l'établissement. Ils ont donc été séparés en deux :

- **L'eau potable**, à partir des eaux de forage traitées et reminéralisées pour tous les usages nécessitant une eau de cette qualité (boisson, cuisine)
- **L'eau non potable**, constituée des eaux de source, de citerne et des eaux de pluie, qui alimentera tous les autres usages (arrosage, robinets d'incendie armés, sanitaires, hygiène, ateliers d'artisanat)

Le réseau d'eau non potable est toutefois censé pouvoir se substituer au réseau d'eau potable en cas de sécheresse sur la source principale.

Il a donc été prévu un fonctionnement « mode dégradé » pour anticiper la survenue d'une nouvelle crise. Il est ainsi possible via un by-pass de traiter et reminéraliser ces eaux pour les rendre potables. Il permet également d'alimenter le réseau d'eau non traitée par le réseau d'eau potabilisé.

- **Intégrer les contraintes technico-économiques**

L'implémentation de la réflexion précédente sur les usages aurait nécessité la création d'un double réseau pour chacune des chambres. Un seul réseau existait, il aurait donc fallu effectuer des travaux importants pour créer ce second réseau. Ce qui aurait engendré des coûts élevés et perturbé l'activité du site.

C'est pourquoi, la grande majorité des eaux de sources et de pluie est finalement traitée et potabilisée.

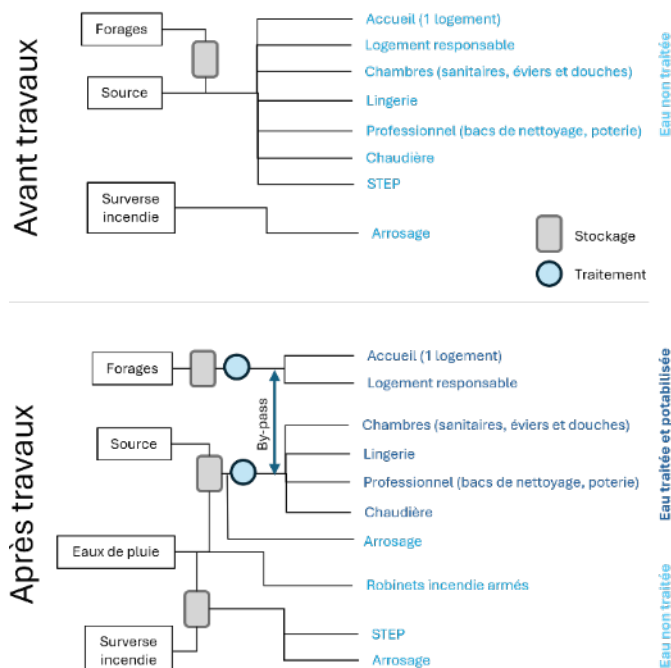


Figure 75 : Schéma de l'évolution de l'alimentation des usages au sein de l'établissement

- **Les surfaces et eaux collectées**

La récupération des eaux de pluie est double :

- Les eaux de toiture des bâtiments entourant la cour principale (1240 m²) sont dirigées vers le bassin sud (400 m³) et mélangées avec les eaux de source
- Les eaux ruisselant dans la seconde cour (1000 m² dont des eaux de toiture) sont récupérées dans un second bassin au nord (132 m³) (et sont mélangées à la surverse de la citerne incendie)

Les usages des eaux récoltées

Les eaux du bassin sud sont surpressées, traitées et reminéralisées pour alimenter en eau potable l'ensemble du bâtiment, à l'exception de deux logements. Ces usages comprennent :

- Les sanitaires
- Les douches
- Les éviers des chambres
- La cuisine commune
- Les bacs de nettoyage d'atelier
- La lingerie
- La poterie

Un by-pass permet à une partie des eaux du bassin sud de contourner le dispositif de traitement et d'alimenter une partie de l'arrosage du site.

Un second pompage extrait les eaux du bassin sud pour alimenter le réseau des robinets incendies armés après surpression, sans opération de traitement.

Les eaux du bassin nord sont surpressées pour l'alimentation des réseaux d'arrosage et de la station d'épuration, sans opération de traitement.

- **Locaux techniques**

L'établissement dispose de 5 locaux techniques :

- LT 1 pour les installations relatives aux eaux de forage (stockage, surpression)
- LT 1bis pour les installations de traitement et reminéralisation des eaux de forage et celles issues du bassin sud
- LT 2 pour la surpression des eaux issues du bassin sud (alimentation des robinets incendies armés). Il abrite également le by-pass entre réseau d'eau et non potable (et inversement).
- LT 3 pour une partie des réseaux de redistribution des eaux dans le bâtiment
- LT 4 pour le système de surpression des eaux issues du bassin nord

- **Nature des réseaux**

Les naissances et descentes d'eau de pluie sont en acier galvanisé. Les réseaux en amont du bassin sud sont en PVC, ceux en amont du bassin nord en polyéthylène. En aval de la cuve, les réseaux sont en PVC, en polyéthylène ou en acier.

La longévité du bâtiment explique les multiples modifications vécues, qui résultent en ces différences de réseaux. Au sein des locaux techniques, un effort de signalétique a été effectué : la plupart des réseaux sont munis d'une étiquette manuscrite et les départs de tuyaux sont munis d'un ruban coloré différenciant les

flux. Des flèches manuscrites indiquent la direction d'écoulement.

Ces indications artisanales témoignent d'une véritable volonté de la maîtrise d'usage de comprendre le fonctionnement de l'installation, mais aussi d'en pérenniser la mémoire.



Figure 76 Photo des rubans distinctifs et d'une étiquette manuscrite pour l'identification des réseaux au sein du local technique 1bis. Photo imprimée en noir et blanc sur le cahier de suivi des travaux.

- **Disconnexion avec le réseau d'eau potable**

Le local technique n°2 abrite le by-pass bidirectionnel permettant au réseau d'eaux de forage d'être alimentés par les eaux du bassin sud. Dans la mesure où ces deux flux sont traités et potabilisés, il n'y a pas de risque sanitaire lié à la contamination d'un flux par un autre.

Le local technique n°3 abrite quant à lui une double alimentation qui permet de choisir si l'usage est alimenté par les eaux de forage (potables) ou les eaux de pluie. Ce dispositif concerne trois usages bien identifiés, et non l'alimentation générale.

Des dispositifs de disconnexion par surverse totale auraient pu être ici mis en place pour limiter les risques de dégradation de la qualité générale dans le cas où celle de l'un des deux flux venait à baisser.

Nous pouvons néanmoins souligner la robustesse du système, qui permet, grâce à son architecture de réseau, de diversifier la source d'alimentation et ainsi sécuriser les usages.



Figure 77 : Photo de 3 usages alimentés à la fois par l'eau du forage (potable) et par l'eau du bassin. Le choix de l'alimentation se fait par action des vannes. Image appartenant à la MOA.

- **Stockage**

Les bassins sont des cuves manufacturées en béton armé. Le bassin nord est constitué d'une cuve de 132 m³ tandis que le bassin sud est constitué de trois éléments communicants pour 396 m³, arrondi à 400 dans le reste de ce rapport.

Les deux bassins sont enterrés, mais des trous d'homme en permettent l'accès et facilitent les opérations d'entretien et de maintenance.



Figure 78 : Photographie de l'intérieur du bassin sud, des pompes immergées en cours de pose ainsi que du regard d'accès. Image appartenant à la MOA.

Chaque bassin dispose d'une surverse, qui s'écoule directement dans le milieu naturel à proximité de l'établissement sans dispositif de traitement. Cette disposition permet de restituer l'eau à proximité de l'endroit où elle tombe. Malgré une concentration des rejets, le faible niveau de pollution de l'eau ne devrait pas impacter le milieu. Ce type de rejet permet également de ne pas surcharger la station d'épuration.

- **Pompage / surpression**

Les bassins sont équipés de pompes immergées qui renvoient vers les locaux techniques appropriés.

- **Filtration / traitement**

Un dégrillage ainsi qu'une décantation sont effectuées à l'entrée de chacun des deux bassins. La réglementation impose un dispositif de filtration de maille inférieure à 1 mm en amont des stockages. Ces dispositifs n'ont pas été constatés lors de notre visite.

Les eaux du bassin sud et les eaux de forage sont traitées suivant le même processus, sur deux réseaux parallèles :

- Filtration
- Reminéralisation
- Post-traitement UV
- Chloration

L'injection de solution chlorée est pilotée par un compteur volumétrique. Le dosage de la solution est effectué par les usagers.

Après chaque dispositif de traitement est installé un point de soutirage permettant l'analyse des eaux.

On note la mise en œuvre de protection au niveau des crépines d'aspiration permettant de pérenniser le système.

- **Comptage**

Un comptage est effectué sur :

- L'eau prélevée du bassin sud
- L'eau issue du forage

Il s'agit des compteurs présents après le post-traitement UV et qui gèrent l'injection de chlore.

Le compteur de prélèvement de l'eau du bassin sud est relevé quotidiennement par la maîtrise d'usage. Les consommations hebdomadaires sont notées sur une feuille de papier, accrochée dans le local technique, et l'historique y est conservé.

Le compteur des eaux de forage est relevé à une fréquence non déterminée, mais permettant la connaissance des données de consommation annuelles.

Les consommations d'eaux de forage s'élèvent à 250-300 m³/an, pour un usage discontinu. Par exemple, en été les nappes sont souvent à sec et le forage est fermé.

Les consommations annuelles des eaux issues du bassin sud (pluie + source) oscillent entre 1500 et 2000 m³. Les consommations hebdomadaires sont généralement de l'ordre de 21 à 23 m³. Lorsque l'activité touristique de l'établissement est élevée, les consommations hebdomadaires montent à 30 -31 m³.

Le comptage et le suivi des consommations sont d'une grande importance pour l'établissement, qui doit adapter ses consommations à la disponibilité de la ressource. En été, quelle que soit l'activité touristique de l'établissement, un effort est fait pour éviter de

dépasser les 20 m³ de consommation par semaine. Cela inclut des modifications de comportements de la part des permanents mais également des visiteurs.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

L'installation est fonctionnelle et permet quasi-systématiquement d'atteindre l'autonomie recherchée grâce aux efforts nécessaires pour limiter les consommations en période estivale.

Nous pouvons noter que malgré la diversification des ressources et les adaptations d'usage pour améliorer la robustesse du système, la situation reste précaire, principalement en été. En 2017, le déficit d'eau a nécessité l'intervention des pompiers pour remplir artificiellement la cuve.

- **Information des usagers et signalétique**

La très forte implication de la maîtrise d'usage dans le projet implique une grande connaissance du système de leur part.

Aucune signalétique « Eau non potable » n'a été remarquée lors de la visite sur les usages alimentés par de l'eau non traitée.

- **Le suivi et la maintenance**

La maîtrise d'usage tient rigoureusement un carnet de suivi des travaux, illustré avec des photos et annoté, pour s'assurer de comprendre le système et d'assurer son fonctionnement.

La surveillance du système ainsi que toutes les opérations de maintenance ne nécessitant pas de compétences techniques (ex : nettoyage) sont assurées par les usagers et répertoriées dans le carnet de suivi des travaux.

Le bassin sud a été nettoyé en 2008, le bassin nord en 2013. Bien que la réglementation en vigueur n'impose pas de fréquence de nettoyage des cuves de récupération des eaux brutes et eaux de pluie, le nettoyage régulier (par exemple annuel ou bisannuel) permet de limiter l'accumulation de dépôts au fond de la cuve et de limiter le développement bactériologique, ce qui reste particulièrement pertinent dans ce contexte de potabilisation de l'eau (pour le bassin sud).

Un plombier intervient au moins une fois par an pour le contrôle de l'installation et l'approvisionnement en consommables.

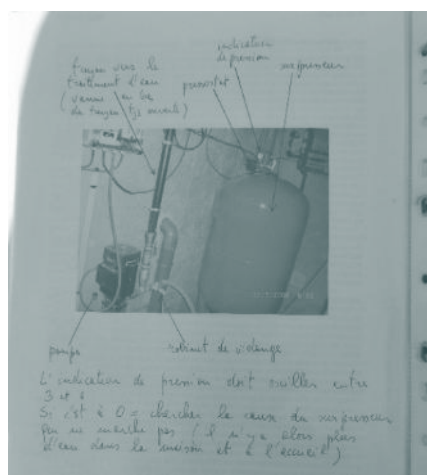


Figure 79 : carnet de suivi des travaux

Outre le suivi des consommations, un suivi de la qualité des eaux est également effectué. Les analyses de la qualité des eaux du bassin effectuées en 2016 concluent que :

- Avant traitement : eau chimiquement potable, mais non potable d'un point de vue bactériologique
- Après traitement : eau potable d'un point de vue chimique et bactériologique

La potabilité de l'eau traitée a été confirmée par les analyses réalisées à l'automne 2025.

La fréquence de ces analyses de potabilité est inférieure aux prescriptions de l'ARS, qui recommande, pour un système desservant 0 à 49 habitants, une analyse de routine annuelle aux points de mise en distribution et 2 à 4 analyses de routine annuelles aux points de consommation. Les enjeux sanitaires sont d'autant plus importants que l'établissement accueille du public.

• L'enjeu des consommables sur la durabilité

Une difficulté d'approvisionnement récurrente en sel et chlore de qualité alimentaire, qui assurent respectivement la reminéralisation et la chloration de l'eau, a été soulevée par le plombier en charge de la maintenance du système.

Ces difficultés d'approvisionnement menacent aujourd'hui la pérennité du système de filtration.

Dans ce nouveau cadre de réflexion la séparation des usages nécessitant une eau potable ou non revêt toute son importance. Limiter la filtration aux usages en ayant besoin permettrait en effet de réduire la consommation de ces consommables critiques.

• Les modifications depuis la mise en service

Fin 2008, il a été décidé de faire intervenir des professionnels pour le fonctionnement des appareils de reminéralisation qui était perturbé en raison de pressions insuffisantes. Les pertes de charges étaient

probablement dues à l'encrassement des filtres par des éléments de dimensions importantes de type sableux.

Il a donc été décidé de vider le bassin sud, en transvasant les eaux dans le bassin nord, vide à ce moment, pour installer des protections autour des crépines des pompes.

Dimensionnement

243,3 L de stockage/ m² de toiture

419,2 L de stockage / m³ de besoin annuel

Le dimensionnement revêt ici une importance capitale pour assurer aux usagers l'autonomie souhaitée, fixée à 90 jours en période estivale. Le stockage a donc été prévu en conséquence.

400 m³ du bassin sud pour les besoins dits bâtiments :

- 250 m³ hors visiteurs
 - o 50 à 70 L/j pour chaque logement (40)
 - o 250 L/j pour la cuisine (40 repas/j)
 - o 70 L/j pour une lingerie, poterie et divers autres
- 150 m³ pour l'usage sanitaire des visiteurs

Les **150 m³** du bassin nord pour les autres :

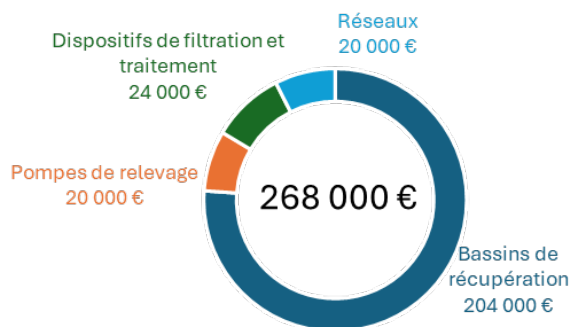
- 800 L/j pour l'arrosage des jardins
- station d'épuration et autres besoins divers

Ce calcul ne prend pas en compte l'alimentation des robinets incendie armés (usage exceptionnel).

Nous notons que le dimensionnement des 250 m³ a peut-être été légèrement sous-estimé vu les consommations réelles (270 m³ sur 90 jours). A part en été et les limitations d'usage, le dimensionnement du stockage permet au site d'assurer son autonomie.

Données économiques

L'investissement pour ces travaux de restructuration s'élève à 400 k€ HT, dont 268 k€ imputables à l'installation de récupération des eaux de pluie. La répartition des coûts est la suivante :



En ne considérant que l'investissement ci-dessus, un prix à 2,53€ HT/m³, une durée de vie du système de 20 ans pour une utilisation de 1500 à 2000 m³ d'eau par an,

le prix de l'eau potabilisée au monastère se situerait entre 6,7 et 8,9 €/m³.

Pour cet établissement la mise en place de la récupération des eaux de pluie répond à un besoin d'autosuffisance. La question de la rentabilité du système n'est donc pas qu'économique.

Aspects réglementaires

L'installation est hors champ des réglementations liées aux EICH et lui donne un caractère expérimental :

- eaux de forage pour l'usage alimentaire
- eaux de pluie et de source pour l'hygiène corporelle
- By-pass entre le réseau d'eau potabilisée et le réseau des eaux non potabilisées.

Le contexte particulier de la potabilisation de l'eau place le projet hors champ des arrêtés de 2008 et 2024.

Des analyses d'eau régulières pourraient toutefois très bien permettre de justifier la qualité de l'eau pour les usages visés.

8- BATIMENT SCOLAIRE (04)

Neuf, altitude 140m NGF.

Pluviométrie

Station météo de Montfort-sur-Argens (n°83083001)

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	457	588	476	537	884

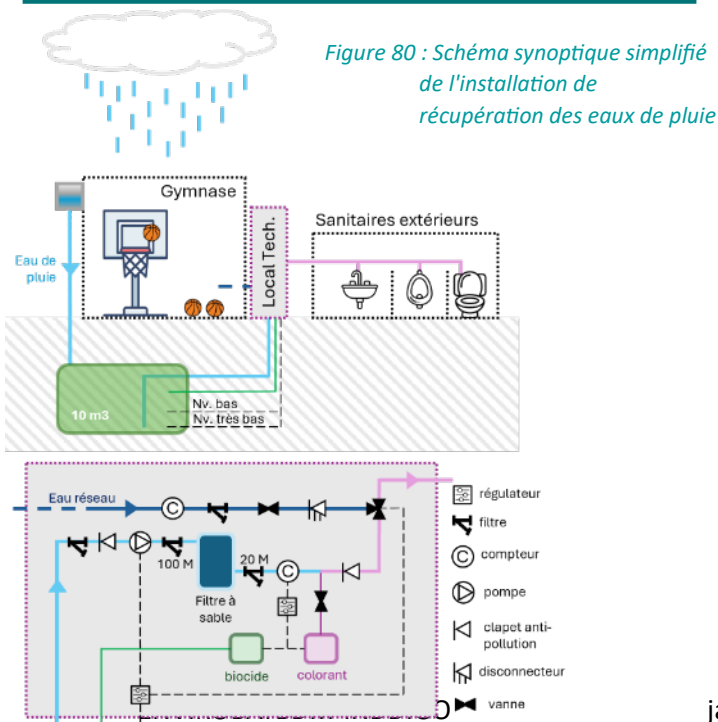
On observe des variations annuelles de 15 à 30 % sur les cumuls et une augmentation de 65 % entre 2023 et 2024.

Enseignements

L’objectif de récupération des eaux de pluie a été bien défini et s’inscrit dans une visée pédagogique. Les évolutions en exécution ont conduit à une installation non conforme, et moins fonctionnelle.

- **L’importance des hypothèses de dimensionnement pour le calcul du taux de couverture.** Ce choix est difficile, notamment le nombre d’usage des sanitaires par jour. Il dépend du nombre d’élèves, de la localisation et taille du bloc, de la propreté du bloc, etc. Celui-ci est le bloc principal, et lui seul est alimenté par l’eau de pluie. Son utilisation est très importante lors des récréations.
- **Maintien des performances sanitaires entre conception et exécution.** Ici les évolutions en exécution (économies, local technique trop petit) conduisent à une installation non conforme et donc non fonctionnelle puisque mise manuellement à l’arrêt en conséquence.

- **S’adapter aux usagers.** L’affichage réglementaire n’a pas résisté à l’usage. Il a été substitué par des dispositifs techniques (biocide et coloration) qui ajoutent de la complexité à l’installation.
- **Travaux de mise en conformité nécessaires.** L’absence d’une disconnexion de type surverse totale avec garde d’air visible entre les réseaux d’eau de pluie et d’eau potable, mais aussi l’utilisation de l’eau de pluie pour un usage d’hygiène corporelle et de boisson, des travaux sont nécessaires avant la remise en service du système.
- **Séparation des réseaux eaux usées/eaux vannes dès la conception pour faciliter un usage ultérieur.** Bien que l’usage de ces eaux n’ait pas été intégré au système, il est intéressant de relever que la séparation des réseaux dès la conception du bâtiment permet d’anticiper des usages futurs à moindre coût. Cela implique toutefois de disposer d’une bonne documentation technique pour ne pas confondre les réseaux lors de travaux.
- **L’eau comme support pédagogique.** L’objectif d’éduquer les élèves au gaspillage de la ressource a motivé à juste titre cette installation. L’absence d’affichage rend aujourd’hui plus délicat à l’atteinte de cet objectif.



Installations

Gisement	Eaux de pluie
Toitures	1080 m² de toiture bac acier avec étanchéité en pente Toitures inaccessibles
Stockage	10 m³ en polyéthylène Enterrée
Volume estimé	9,3 L stockage / m² de toiture 15,2 L stockage / m³ besoin annuel
Disconnexion	Type BA sans surverse totale et garde d’air visible
Comptage	Appoint eau potable Prélèvement EP depuis la cuve
Pompage	Système combiné
Surpression	Sans vase d’expansion
Usages (non fonctionnels)	Alimentation du bloc sanitaires de la cour
Bilan	Système à l’arrêt

- Les surfaces et eaux collectées

L'établissement peut accueillir 700 élèves et 68



Figure 81
Photographie de la canalisation PVC unique récupérant les descentes d'eau de pluie pour alimenter la cuve

personnels. Il est composé d'un bâtiment d'enseignement général, un auditorium, une cuisine et un réfectoire, un gymnase, un terrain d'EPS ainsi que des logements de fonction.

Seules les eaux de pluie tombant sur la toiture du gymnase (env. 1080 m²) sont récupérées et acheminées gravitairement vers une cuve enterrée à côté du gymnase.

Les eaux de pluie récoltées sur les autres toitures ainsi que les eaux de ruissellement sont acheminées gravitairement vers un bassin de rétention souterrain de 2 843 m³ situé sous le parking visiteurs.

- Les usages des eaux récoltées

Les eaux de pluies sont récoltées pour alimenter le bloc sanitaire principal de la cour, mitoyen au gymnase : urinoirs, toilettes et éviers.

L'évacuation des excréta est encadrée par la réglementation et les risques sanitaires liés à l'utilisation des eaux de pluie dans les toilettes et urinoirs sont faibles. L'alimentation des éviers en eau de pluie comporte quant à elle des risques sanitaires élevés dans la mesure où les élèves s'y laveraient les mains et pourraient être tentés de boire l'eau. Elle n'est pas autorisée par l'arrêté de 2008 ni de 2024. La coloration de l'eau pourrait être une mesure barrière mais les risques demeurent. Les éviers lave-mains ne peuvent pas être alimentés par les eaux de pluie.

- Locaux techniques

Le local technique (3.75 m²) est sous-dimensionné. Les équipements sont juxtaposés. L'accès à certains éléments pour la maintenance peut s'avérer difficile.

La différenciation des réseaux d'eau de pluie et d'eau potable est difficile sans suivre leur cheminement. Les deux réseaux sont isolés de manière identique. Aucune signalétique n'est présente.

- Nature des réseaux

Les descentes d'eaux pluviales en PVC se rejoignent en une canalisation PVC unique pour alimenter la cuve, ce qui permet de l'identifier facilement.

Les réseaux en aval de la cuve sont en PVC jusqu'au surpresseur, puis acier inoxydable jusqu'aux sanitaires.

Il est intéressant de noter qu'une séparation a été faite entre les réseaux d'eaux usées et les réseaux d'eaux vannes jusqu'aux regroupements sur les collecteurs généraux.

- Disconnexion avec le réseau d'eau potable

Un appoint en eau potable est géré par une vanne by-pass motorisée. Le réseau d'eau potable est équipé d'un disconnecteur de type BA et le réseau d'eau de pluie est équipé d'un clapet anti-pollution de type EA.

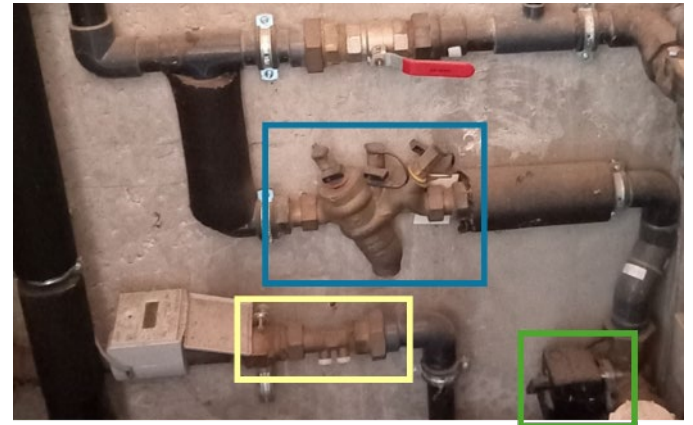


Figure 82 : Vanne by-pass (vert), du disconnecteur de type BA installé sur le réseau d'eau potable (bleu) et du clapet anti-pollution de type EA sur le réseau d'eau de pluie (crème)

Cependant, la réglementation impose une disconnexion de type surverse totale avec garde d'air visible. L'installation n'est donc pas réglementaire.

- Stockage

La cuve est non translucide et à pression atmosphérique. Le matériau (polyéthylène) est compatible avec le stockage d'eau. Le positionnement de la cuve, enterrée en pleine terre, permet de la protéger contre les montées en température dues à l'ensoleillement. Deux regards permettent d'accéder à la cuve pour les opérations de maintenance.

Aucun dispositif de filtration inférieur ou égal à 1 mm en amont de cuves n'a été observé. Du fait de son emplacement enterré, la vidange de la cuve ne peut se faire que par pompage.



Figure 83
Photographie d'un des deux regards de la cuve enterrée, ouverte, avec les tuyaux d'arrivée d'eau et de relevage

- **Pompage / surpression**

Le pompage depuis le bassin puis la mise en pression est réalisé par un système de pompage/surpression unique-assurant le relevage et la mise en pression. En fonction du niveau de la cuve de récupération, dont l'information est transmise par un flotteur à l'organe de régulation, ce dernier prélève dans la cuve ou ouvre la vanne d'appoint en eau potable.

- **Filtration**

L'eau récoltée sur les toitures du gymnase ne subit aucune filtration avant le stockage autre que les crapaudines sur les descentes.

Un traitement biocide est injecté dans la cuve.

Au pompage, l'eau de pluie récoltée subit plusieurs filtrations : un premier filtre de 100 microns, puis un filtre à sable et un filtre de 20 microns. Cependant, l'installation n'étant pas fonctionnelle, la qualité de l'eau filtrée n'a pas été constatée. Lors de la mise en marche de l'installation, une coloration de l'eau semblait avoir été constatée.

- **Comptage**

Un comptage est fait sur l'appoint en eau potable et sur le prélèvement d'eau de pluie depuis la cuve de récupération.

Ces compteurs sont relevés mensuellement par l'entreprise en charge de la maintenance du site.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

Depuis sa livraison en 2017, le système n'a fonctionné que quelques heures avant de se mettre en défaut permanent. L'eau de pluie n'est donc pas utilisée. Ce constat est récurrent lorsque que l'on a une seule pompe qui assure relevage et surpression avec disconnecteur sans surverse.

Nous pouvons noter qu'un second bassin de rétention de 40 m³ était prévu pour récupérer une partie des eaux de ruissellement et des pluies d'orage pour nettoyer les bus scolaires. Ce dispositif n'a pas été porté à la connaissance des responsables du site et les bus ne s'arrêtent au niveau de l'établissement que pour récupérer les élèves. La réglementation n'encadre toutefois pas l'usage des eaux de ruissellement.

- **Information des usagers et signalétique**

Des pancartes de signalisation avaient été installées dans les sanitaires, mais ont été arrachées par les

élèves, principaux usagers des lieux. Pour s'assurer que les eaux de pluie soient identifiables malgré les pancartes arrachées, la coloration de l'eau a été prévue et ajoutée au système.

- **Le suivi et la maintenance**

La maintenance du système est assurée par l'entreprise titulaire du PPP qui fait l'objet d'un contrat de maintenance de longue durée.

- **Les modifications entre conception et exécution**

Ecart conception/exécution : les études de conception montrent un schéma de principe de l'installation conforme réglementairement sur les usages alimentés, modifié en EXE. La disconnexion sur l'appoint n'était déjà pas réglementaire. L'installation de récupération des eaux de pluie prévoyait initialement la mise en place d'un surpresseur couplé à vase d'expansion de 200 L. Le vase a finalement été supprimé en fin d'étude.

- **Les modifications depuis la mise en service**

Les systèmes d'injection de colorant dans l'eau de pluie et de biocide dans la cuve de récupération ont été ajoutés après les dégradations des pancartes. Ces injecteurs sont asservis à un régulateur en fonction de l'eau prélevée. Ces systèmes ne sont pas en fonctionnement.

Dimensionnement

9,3 L stockage / m² toiture

15,2 L stockage / m³ besoin annuel prévisionnel

39,4 L stockage / m³ besoin annuel réel (2024)

Un dimensionnement a été effectué en conception. Les besoins en eau du bloc sanitaire extérieur (évier et sanitaires) et du gymnase ont été estimés à 3,5 m³/jour, soit **660 m³ par an**. Une cuve de **10 m³** a donc été proposée. Elle est censée permettre un taux de couverture de **32 à 36 %**, mais une autonomie de 206 à 212 jours par an, suivant qu'on considère une année sèche, normale ou pluvieuse. A noter que le calcul de l'autonomie prenait en compte les jours d'inoccupation.

Les données de compteur de 2024 révèlent cependant que les consommations réelles en eau pour l'ensemble du bloc sanitaire extérieur (urinoirs, WC et évier) se sont élevées à **258 m³**, bien loin des 660 estimés, et se répartissent comme suit :

Les consommations élevées en mars s'expliquent par des fuites sur les chasses d'eau, tandis que les consommations de juillet s'expliquent en partie par le

brevet et la présence d'ouvriers et d'employés de ménage pour la réalisation de travaux.

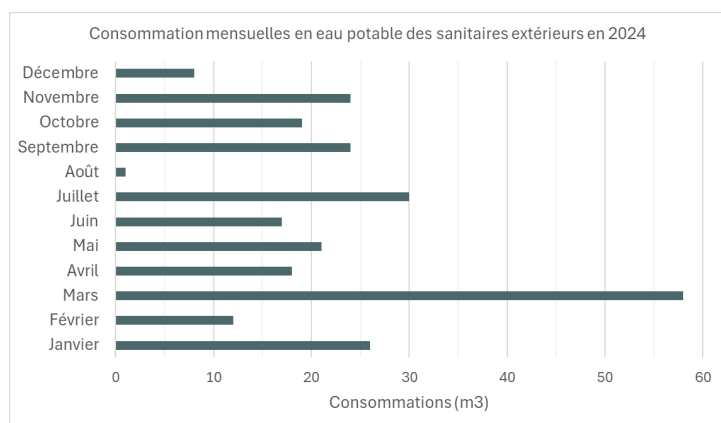


Figure 84 : Histogramme des consommations mensuelles en eau potable des sanitaires extérieurs en 2024

Les hypothèses de conception ont donc été comparées au fonctionnement réel. On constate que la consommation a été surestimée par rapport à la réalité :

- Nb d'élèves moins important
- Nb de jour d'occupation ne prenant pas l'absence WE et jours fériés, mercredi après midi
- Consommation par élève sur le bloc sanitaire principal prenant pour hypothèse que tous les élèves utilisaient ce bloc.

	Conception 2016	Usage 2024
Élèves	700	538)
Occupation	180 jours	135 jours
Consommation sanitaire	5,2 L/j/élève	3,6 L/j/élève
	660 m³/an	258 m³/an
Couverture (eaux de pluie)	32 à 36%	0%

Figure 85 Indicateurs de conception et de l'usage réel en 2024

En gardant les hypothèses de dimensionnement précédentes, une consommation de 258 m³ annuels sur une année pluvieuse comme 2024, la cuve de 10 m³ aurait permis de couvrir **76 %** des usages.

Les écarts sur les hypothèses n'ont pas conduit à un surdimensionnement mais à un objectif de taux de couverture moins ambitieux.

Diagramme des flux d'eau

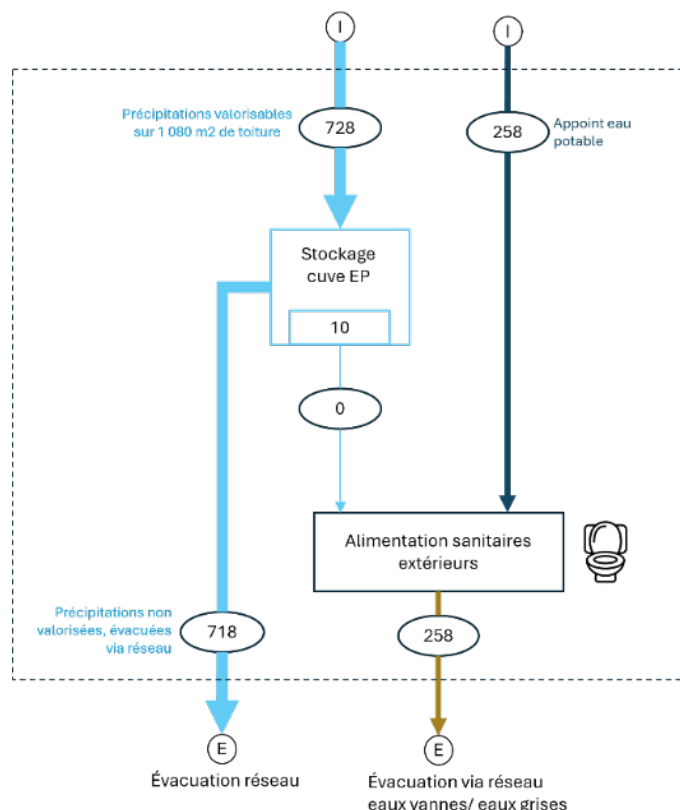


Figure 86 : Diagramme des flux d'eaux alimentant le système de récupération des eaux de pluie de l'école, données 2024 (en m³)

Données économiques

Dès le début du projet, la rentabilité du système de récupération des eaux de pluie a été estimée :

- investissement lié à l'installation évalué à 29 000 €
- gain financier annuel estimé entre 710 et 763 €/an en fonction de la pluviométrie annuelle. L'investissement ne serait pas rentable avant 40 ans.

Avec un système en arrêt depuis sa mise en service, le retour sur investissement sera d'autant plus long que des travaux seraient nécessaires avant la remise en service.

Cependant, dès le début du projet, l'installation de récupération des eaux de pluie a été mise en œuvre pour « sa vocation pédagogique vis-à-vis des collégiens sur le non-gaspillage de l'eau potable » plus que pour la performance économique.

Aspects réglementaires

Deux non-conformités majeures sont observées :

- La disconnexion entre les réseaux d'eau potable et d'eau de pluie doit être de type surverse totale avec garde d'air visible. Le disconnecteur de type BA n'est pas suffisant.

- La possibilité d'alimentation des lave-mains par de l'eau de pluie, si elle est avérée, n'est pas autorisée. La réglementation n'encadre pas les usages de boisson et d'hygiène corporelle avec ces eaux.

*Nota : La connexion physique des lavabos du bloc sanitaire avec le système de récupération des eaux pluviales ne nous a pas été confirmée. Le système étant non fonctionnel à ce jour, nous n'avons pas pu le vérifier lors de notre visite. Des changements ayant eu lieu tout au long du projet, nous avons des informations contradictoires selon les documents consultés ou les acteurs interrogés. Néanmoins, nous rappelons que le système de récupération a été mis à l'arrêt, et les lavabos sont depuis alimentés par de l'eau potable du réseau d'adduction. **S'il est envisagé de remettre en marche cette installation il sera impératif de s'assurer de l'architecture exacte du réseau et de sa mise en conformité absolue.***

Les autres non-conformités sont :

- Manque de filtration < 1 mm amont cuve
- Manque de signalisation / distinction des réseaux eau de pluie / eau potable
- Carnet sanitaire non disponible

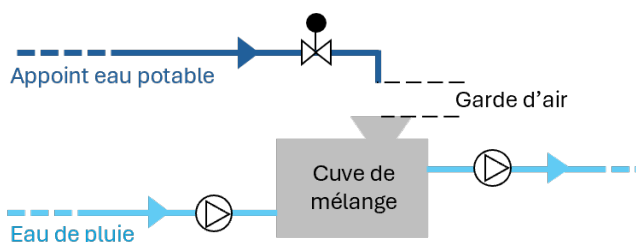


Figure 87 : Schéma synoptique simplifié d'une installation de récupération d'eau de pluie gérant l'appoint en eau potable par surverse totale avec garde d'air visible

9- HABITAT PARTICIPATIF (04)

Neuf, altitude 551m NGF.

Pluviométrie

Station météorologique de Forcalquier (n°04088001).

Année	2020	2021	2022	2023	2024
Cumul (mm)	604	804	651	693	933

On observe des variations dans les cumuls annuels, pouvant atteindre -19 % entre 2021 et 2022 ou +35 % entre 2023 et 2024.

Enseignements

La gestion des eaux impropres à la consommation humaine fait partie d'un projet global autour du vivre ensemble et de l'habitat écologique, notamment à travers la sobriété. Nous pouvons ici retenir :

- **Réfléchir la sobriété des usages avant** la récupération et l'utilisation des eaux impropres à la consommation humaine. Les économies d'eau grâce aux sanitaires secs sont plus importantes que celles de la récupération des eaux de pluie et des eaux grises. D'autant que cela est doublé d'une démarche vertueuse de circularité via alimentation du compost, utilisé pour le potager.
- **Un lien entre les habitants et leur milieu.** Utilisation par et pour les habitants de l'eau de pluie et des eaux grises pour l'arrosage du jardin potager commun et des espaces verts. Lien avec un industriel local pour le réemploi de cuves de stockage des eaux de pluie.
- **Démarche low-tech et participative.** Système à très faibles coûts d'investissement et de fonctionnement requérant l'implication et l'entente des usagers. On retrouve l'irrigation de buttes en permaculture via un système de filtration simple des eaux grises issues des lave-linges communs. La récupération des eaux de pluie et la distribution se font via arrosoirs et pompes de jardin. Le besoin de maintenance de l'ensemble est minimal du fait des choix de conception, adaptés aux compétences des habitants.

- **Un moyen de responsabilisation des habitants.** L'utilisation de lessives compatibles avec la récupération des eaux grises implique un changement d'habitude de chacun-e. L'appoint en eau potable est géré manuellement en fonction des besoins du potager.
- La gestion de l'eau de pluie est ici un **moyen d'autonomie pour les usagers.**

Installations

Gisement	Eaux de pluie Eaux grises des lave-linges
Toitures	550 m ² Toitures-terrasses inaccessibles
Stockage	3 x 3 m ³ et 3 x 1 m ³ Tissu polyester ou polyéthylène Sous terrasses en bois ou mitoyennes à l'espace commun
Volume estimé	21,8 L stockage / m ² de toiture 162 L stockage / m ³ de besoin annuel
Disconnexion	Non concerné
Comptage	Eau potable arrosage
Pompage Surpression	Non concerné
Usages	Arrosage des espaces verts et jardins potagers
Bilan	Système fonctionnel

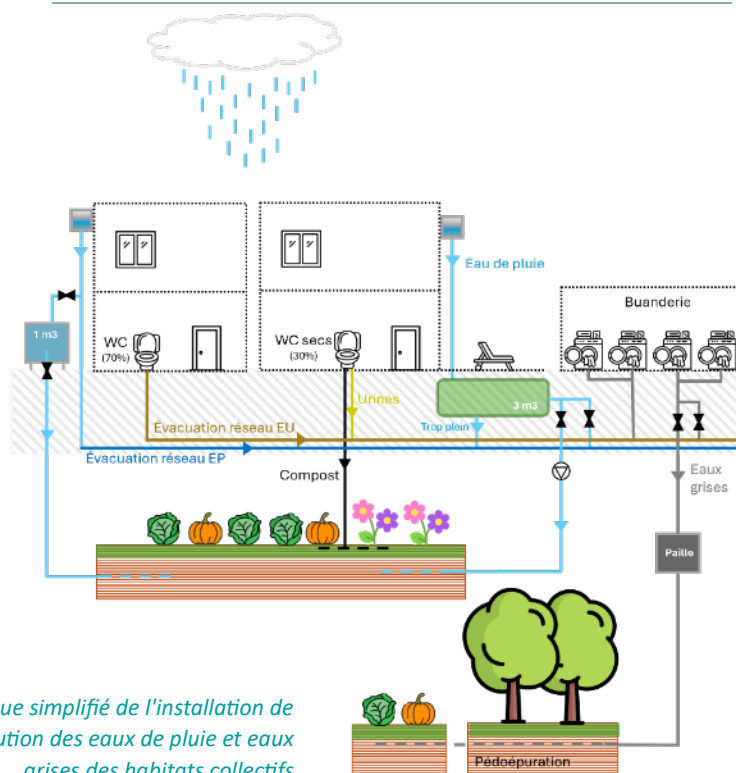


Figure 88 : Schéma synoptique simplifié de l'installation de récupération et distribution des eaux de pluie et eaux grises des habitats collectifs

EAUX DE PLUIE

- Les surfaces et eaux collectées

Une partie des eaux de pluie est récupérée sur les toitures-terrasses des 10 logements et de l'espace commun (environ 550 m²). Elles sont acheminées vers une des trois cuves souples de 3 m³ ou une des trois cuves rigides de 1 m³.

- Les usages des eaux récoltées

Les eaux de pluie sont utilisées pour l'arrosage des espaces verts et d'une partie des jardins potagers. La période d'arrosage s'étale de mi-mai à mi-septembre.

Le prélèvement de l'eau de pluie se fait :

- Manuellement avec remplissage d'arrosoirs depuis les cuves rigides
- Via des pompes de jardins qui alimentent des tuyaux d'arrosage depuis les cuves souples. Un système d'arrosage au goutte-à-goutte a aussi été mis en place.

- Locaux techniques

L'installation ne dispose d'aucun local technique, tout est situé en extérieur.

- Nature des réseaux

Les descentes d'eaux pluviales et boîtes à eau sont en acier galvanisé. Les réseaux en amont et aval de la cuve sont en PVC souple.

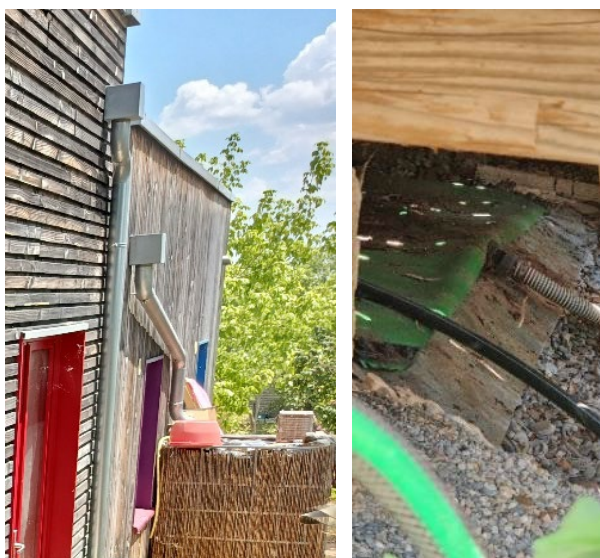


Figure 89 : Boîtes à eau et des descentes d'eau pluviale (gauche) Réseaux (droite) :
arrosage (tuyau souple en premier plan)
apport cuve (tube noir au second plan)
alimentation en sortie de cuve (tube canelé gris)

- Disconnexion avec le réseau d'eau potable

Les réseaux d'eau potable et de récupération des eaux de pluie sont distincts de bout en bout et aucun appoint

ne pourrait engendrer un contact entre ces deux réseaux.

- Stockage

Les trois cuves souples sont non translucides et à pression atmosphériques. Le tissu polyester est résistant à l'eau, aux UV et est traité contre les moisissures et champignons. Elles sont équipées d'un évent, d'un accès pour le rinçage et d'un trop plein raccordé au réseau d'eau pluvial.

Le positionnement de la cuve sous terrasse permet de la protéger contre les montées en température dues à l'ensoleillement. Ce positionnement rend toutefois l'accès difficile pour les opérations de maintenance et nous remarquons la formation d'un dépôt végétal.



Figure 90 : dépôt végétal formé sur une cuve souple

Le fabricant des cuves souples indique pourtant que, « pour les citernes en extérieur, il est important de veiller à ce que des dépôts végétaux ne se forment pas sur la bâche » pour éviter que leur acidité n'abîme le tissu.

Les trois cuves rigides respectent les mêmes critères de non-translucidité et de pression. Elles sont habillées de canisses.

Aucun dispositif de filtration inférieur ou égal à 1 mm en amont de cuves n'a été observé.

Hors période d'arrosage, les cuves restent pleines et l'eau de pluie est by-passée vers le bassin de rétention réglementaire avant évacuation par le réseau.

- Pompage / surpression

Le système dispose uniquement de pompes de jardins, branchées aux cuves souples durant la période d'arrosage, qui permettent d'avoir la mise en pression nécessaire à la distribution (tuyaux d'arrosage ou goutte-à-goutte).

- Filtration

L'eau récoltée sur les toitures ne subit aucune filtration avant le stockage hormis les crapaudines. L'eau de pluie récoltée ne subit aucune filtration non plus avant usage.

- **Comptage**

Pas de dispositif de comptage sur le réseau d'eau de pluie. Les trois points de soutirage d'eau potable extérieurs sont reliés au comptage général de l'espace commun. Des relevés sont faits mensuellement par les habitants.

Le volume d'eau potable soutirée via ces robinets extérieurs est estimé par les habitants comme étant le surplus de consommation estivale par rapport à une consommation mensuelle moyenne hors période d'arrosage. L'espace commun a une consommation mensuelle assez stable. La consommation d'eau potable durant toute la période d'arrosage est donc approximativement (en m³) :

2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
35	60	N.R.	32	37	48	166	47

N.R. = non renseigné

Les 166 m³ de consommation en 2024 s'expliquent par le fait que le système d'arrosage au goutte-à-goutte était laissé allumé de 22 h à 6 h du matin pour arrosage nocturne. 2 fuites importantes étaient présentes sur ces réseaux, notamment sur un réseau avec un débit de 8 litres/min. Le suivi régulier des compteurs a permis de limiter l'impact des fuites. La stratégie d'arrosage a également été revue.

L'installation a fait l'objet d'un suivi très attentif les deux premières années (2018 et 2019). Des compteurs avaient été achetés pour mesurer les volumes utilisés avec les tuyaux d'arrosage (*données non disponibles*).

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

Les installations sont fonctionnelles et les habitants très investis.

- **Information des usagers et signalétique**

La co-construction du projet et des logements avec les habitants implique une connaissance des dispositifs de récupération et d'utilisation des eaux de pluie par les utilisateurs. Les réseaux étant différenciés et les éléments reconnaissables, l'usage de l'eau de pluie semble évident malgré l'absence de signalétique.

Figure 91 : Une des cuves rigides récupérées à un industriel local, recouverte de canisses.



- **Le suivi et la maintenance**

La maintenance du système est assurée par les habitants.

- **Les modifications depuis la mise en service**

Les trois cuves rigides d'1 m³ présentées plus haut sont venues compléter les trois cuves souples de 3 m³ en 2023 pour augmenter le taux de récupération des eaux de pluie. Ces cuves sont issues du réemploi de cuves d'un industriel local. Leur ajout au système a engendré de très faibles frais supplémentaires : 50 € par cuve et environ 500 € de zinguerie fournie-posée (descente et raccord aux cuves).

L'implication et le suivi des habitants a permis de repérer deux fuites sur les réseaux et de les réparer. Une réflexion a été faite pour optimiser les périodes d'arrosage, les réseaux goutte-à-goutte étant très consommateurs.

- **La stratégie de gestion des eaux de pluie**

Des discussions sont en cours entre les habitants concernant la stratégie de gestion des eaux de pluie :

- **Usage prioritaire de l'eau de pluie** : elle serait utilisée dès que le volume récupéré est suffisant.
- **Réserve en cas de restriction** : elle serait conservée pour ces interdictions saisonnières, impliquant d'attendre un futur orage pour permettre l'arrosage.

Actuellement, la gestion de l'eau se fait suivant la première stratégie, à savoir utiliser l'eau de pluie quand il y en a dans la cuve, sans attendre une interdiction d'arrosage par arrêté préfectoral.

Dimensionnement

21,8 litres de stockage / m² de toiture

162 litres de stockage / m³ de besoin annuel théorique

- **Besoins estimés en conception**

Le dimensionnement initial de la récupération des eaux de pluie a été contraint par la place disponible sous les terrasses et les dimensions standards du fabricant des

cuves souples. Une garde d'air de 70 cm entre le niveau de la terrasse et le niveau de la cuve pleine avait aussi été imposé.

L'appoint en eau potable pour les besoins d'arrosage a été estimé par les habitants à **38 m³** annuels. En ajoutant les 2-3 remplissages annuels des cuves (3x 3 m³) envisagés, l'eau de pluie devait donc couvrir approximativement **le tiers du besoin**.

- **Besoins réels approximatés**

On remarque que les premières années, à l'exception de 2019, le besoin réel en appoint est proche de celui estimé lors de la conception.

En 2023, l'augmentation de la capacité de stockage (+33 %) avec l'acquisition des cuves rigides est accompagnée d'une augmentation des consommations pour l'appoint. On observe pourtant une pluviométrie similaire si ce n'est plus importante sur ces années. L'évolution de la consommation dépend cependant de beaucoup de facteurs.

En fonction des années et du nombre de remplissage des cuves, le **taux de couverture des besoins** par l'eau de pluie se situerait entre **25 et 50 %** du besoin. On remarque donc que le système, bien que non autonome en période d'utilisation (saison estivale), permet de réduire le prélèvement sur la ressource en eau potable.

Données économiques

L'investissement des 3 cuves souples est de 3120 €, nivellement et raccordement compris. Elles sont équipées de 3 pompes (80 € par pompe). Les 3 cuves rigides complémentaires ont nécessité 644 € de plus pour un investissement total à plus 4000 €. Aucune intervention de maintenance n'a été faite.

Avec un prix local de l'eau considéré constant à 3,99 €/m³ et 2 remplissages de cuve par saison d'arrosage l'investissement serait rentable la 44^e année. Et dès la 30^e année avec 3 remplissages.

Ces calculs n'incluent pas le coût de l'énergie des pompes de jardin, ni des tuyaux souples de distribution.

Le temps de retour sur investissement est donc élevé. Cependant, dès la conception du projet la principale préoccupation des habitants était de préserver la ressource en eau.

EAUX GRISES

- **Les surfaces et eaux collectées**

Les eaux grises de deux des quatre lave-linges de la buanderie commune à l'ensemble des logements sont récupérées pendant la période d'arrosage. En dehors de cette période, la vanne manuelle régulant la

récupération est fermée et les eaux grises sont évacuées vers le réseau.

- **Les usages des eaux récoltées**

Après récolte les eaux grises sont ensuite pédoépurées, c'est-à-dire épandues à faible profondeur dans du broyat à proximité d'arbres et en contrebas du potager. Ce système, en plus de donner à l'eau une meilleure qualité, permet l'irrigation des buttes de permaculture (env. 50 m² de jardin potager).

- **Locaux techniques**

L'installation ne dispose d'aucun local technique.

- **Nature des réseaux**

Les tuyaux d'évacuation des eaux grises des lave-linges sont en PVC souple et les réseaux d'acheminement de ces eaux sont en PVC.

- **Disconnexion avec le réseau d'eau potable**

Le réseau d'eaux grises est indépendant du réseau d'eau potable. Il n'y a donc aucune connexion possible.

- **Stockage**

Le système fonctionne par écoulement continu lors des cycles de nettoyage des lave-linges, sans stockage.

- **Pompage / surpression**

Le système ne dispose d'aucun système de pompage, mais se profite des pompes de vidange des lave-linges.

- **Filtration**

Les eaux subissent une filtration par les filtres des lave-linges. En sortie de lave-linge, une seconde filtration est effectuée par de la paille compressée (*Figure 92*). L'eau ainsi filtrée est ensuite épandue à faible profondeur dans du broyat, au pied des cultures. Cette dernière filtration par le sol est la pédoépuration.

Un filtre complémentaire aurait pu être mis en place en amont de la vanne autorisant la récupération.



Figure 92 : caisse de filtration des eaux grises issues des lave-linges communs contenant de la paille compressée

- **Comptage**

La récupération des eaux grises ne fait l'objet d'aucun comptage. Une estimation de la quantité d'eau récupérée a été effectuée par les habitants : ¼ des 1154 machines annuelles (50 L/machine) est valorisé, ce qui correspondrait à environ **14 m³/an**.

Vie en œuvre

- **Bilan de l'usage**

Le système est fonctionnel et a eu un impact sur le comportement des habitants : il est exigé qu'une lessive la plus naturelle possible soit utilisée (ex : Label vert) pour la compatibilité avec la réutilisation des eaux.

- **Information des usagers et signalétique**

Les usagers ont connaissance des dispositifs de récupération et d'utilisation des eaux grises. Des consignes sur la lessive à utiliser sont affichées dans la buanderie. Le réseau étant isolé et les éléments reconnaissables, l'usage des eaux grises semble évident malgré le manque de signalétique sur les réseaux.

- **Le suivi et la maintenance**

La maintenance du système est assurée par les habitants, qui maintiennent le système en service malgré le départ du concepteur du système.

Les filtres des lave-linges sont nettoyés tous les 6 mois.

La paille assurant la filtration des eaux grises récupérées est changée à chaque début de saison d'arrosage.

Le manque de filtration entre la sortie des lave-linges et la vanne de by-pass a conduit à la formation progressive d'un bouchon. Il engendré en 2025 un dégât des eaux dans la buanderie. L'opération a nécessité l'achat d'un tuyau déboucheur de canalisation.

- **Les modifications depuis la mise en service**

L'installation n'a pas fait l'objet de modification.

Dimensionnement

Les données de dimensionnement du dispositif se sont perdues au départ de l'usager qui l'a conçu.

Données économiques

L'investissement pour ce système se résume à l'achat d'une vanne, de tuyaux PVC et du bac contenant la paille pour la filtration. La paille est récupérée auprès d'un agriculteur local. Nous ne disposons pas des factures de l'investissement.

INSTALLATION GÉNÉRALE

Aspects réglementaires

L'utilisation des eaux grises pour l'arrosage des jardins potagers est autorisée au stade d'expérimentation. Cela nécessite un dossier à soumettre aux autorités sanitaires.

Pour l'arrosage d'espaces verts à l'échelle du bâtiment, une déclaration de qualité A est nécessaire.

Les non-conformités sont :

- Manque de filtration amont cuves
- Manque de signalisation (les habitants connaissent toutefois très bien les installations)
- Carnet sanitaire non disponible

Focus sanitaires secs

Les prix 2023 de pose et raccordement sont :

P1 - WC sec à séparation : 1250 €

P2 - WC bâti support : 1195 €

P3 - WC standard : 380 €

Les réseaux d'EU et d'alimentation ont aussi été faits pour les WC secs à séparation, assurant une réversibilité.

Les économies d'eau constatées sont de **20 m³/an** en moyenne par logement par rapport à des WC traditionnels (mais typologies et profils d'usages différents). Avec un prix de l'eau à 3,99 €/m³, l'investissement de l'installation serait rentabilisé :

P4 - dès la **1^{re} année**, par rapport à un WC bâti-support

P5 - à la **11^e année**, par rapport à un WC standard. L'économie d'eau (220 m³) est la consommation annuelle d'un foyer de 4 personnes.

Diagramme des flux d'eau

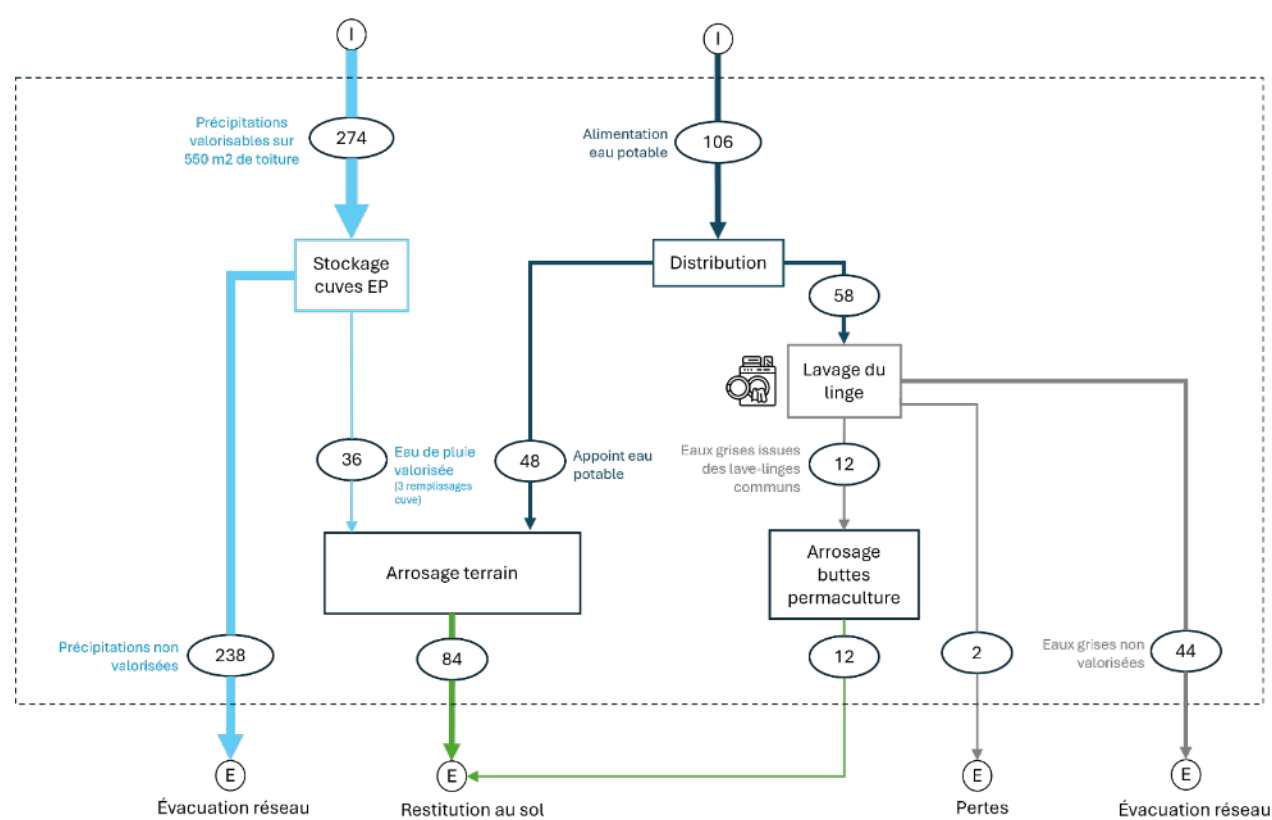


Figure 93 Diagramme des flux d'eau de pluie alimentant le système de récupération données 2023 (en m³)

Pour aller plus loin

1. CAMPISANO, Alberto, BUTLER, David, WARD, Sarah, BURNS, Matthew J., FRIEDLER, Eran, DEBUSK, Kathy, FISHER-JEFFES, Lloyd N., GHISI, Enedir, RAHMAN, Aatur, FURUMAI, Hiroaki et HAN, Mooyoung, 2017. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*. 15 mai 2017. Vol. 115, pp. 195209. DOI [10.1016/j.watres.2017.02.056](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056)
2. DE GOUVELLO, Bernard, 2020. L'utilisation de l'eau de pluie dans les bâtiments en milieu urbain. *Techniques de l'Ingénieur*. 10 février 2020. Disponible à l'adresse : [L'utilisation de l'eau de pluie dans les bâtiments en milieu urbain : Dossier complet | Techniques de l'Ingénieur](#)
3. Guide Technique Récupération et utilisation de l'eau de pluie, Astee, 2015. Disponible à l'adresse : [Guide sur la récupération et utilisation de l'eau de pluie - Astee](#)
4. GEROLIN, Aurélie, E NOUVEAU, Nathalie et DE GOUVELLO, Bernard, 2018. *L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain, Les enseignements d'un panorama international*. 2018. Bron : Cerema. Disponible à l'adresse : [L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain : les enseignements d'un panorama international, seconde édition - Cerema](#)
5. GRAIE, 2022. La récup-utilisation de l'eau de pluie : est-ce toujours une bonne idée ? Disponible à l'adresse : [EauxPluviales-outil-techniquesalternatives-recup-utilisation.pdf](#)

Liens utiles

Base des données climatologiques de base de Météo France :

<https://meteo.data.gouv.fr/datasets/6569b51ae64326786e4e8e1a>

Carte interactive des stations météorologiques en fonctionnement (permet de choisir la bonne référence de station dans les fichiers csv téléchargés avec le lien précédent) :

<https://publitheque.meteo.fr/aide/publitheque/reseauPostes/>

Outil **Climadiag** de Météo France donnant accès aux indicateurs climatiques définis par la TRACC par commune et aux différents horizons (2030, 2050 et 2100) : <https://meteofrance.com/climadiag-commune>

Carte interactive du prix de l'eau : <https://www.services.eaufrance.fr/carte-interactive/>

Nota

Merci de garder à l'esprit que certaines ressources ci-dessus datent d'avant les changements réglementaires de 2023-2024. Elles peuvent donc être obsolète en termes de conformité réglementaire, mais nous avons estimé que leur contenu restait pertinent dans l'ensemble.

AVEC 16 IMPLANTATIONS REPARTIES SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE, VOUS TROUVEREZ TOUJOURS UN INTERLOCUTEUR INDDIGO PRES DE CHEZ VOUS !



Notre siège social est basé à Chambéry :

367 avenue du Grand Ariétaz
CS 52401
73024 Chambéry Cedex
Tél : 04 79 69 89 69
Mail : inddigo@inddigo.com

Agence de Paris :

40 rue de l'Echiquier
75010 Paris
Tél : 01 42 46 29 00

Agence de Toulouse :

9 rue Paulin Talabot
Immeuble le Toronto
31100 Toulouse
Tél : 05 61 43 66 70

Agence de Nancy :

16/18 Boulevard de la Mothe
54000 Nancy
Tél : 03 83 18 39 39

Agence de Villefranche-de-Lauragais :

7 avenue du Général Sarraill
31290 Villefranche-de-Lauragais
Tél : 05 61 81 69 00



Agence de Nantes :

4 avenue Millet
44000 Nantes
Tél : 02 40 48 99 99

Agence de Marseille :

11, rue Montgrand
13006 Marseille
Tél : 04 95 09 31 00

Agence de Lyon :

Flex-O Lyon Tête d'Or
3, rue de Genève
69006 Lyon
Tél : 04 79 69 89 69

WWW.INDDIGO.COM



envirobat bdm
L'intelligence collective pour mieux bâtir

