

Exercice n° HU 0302 - Corrigé

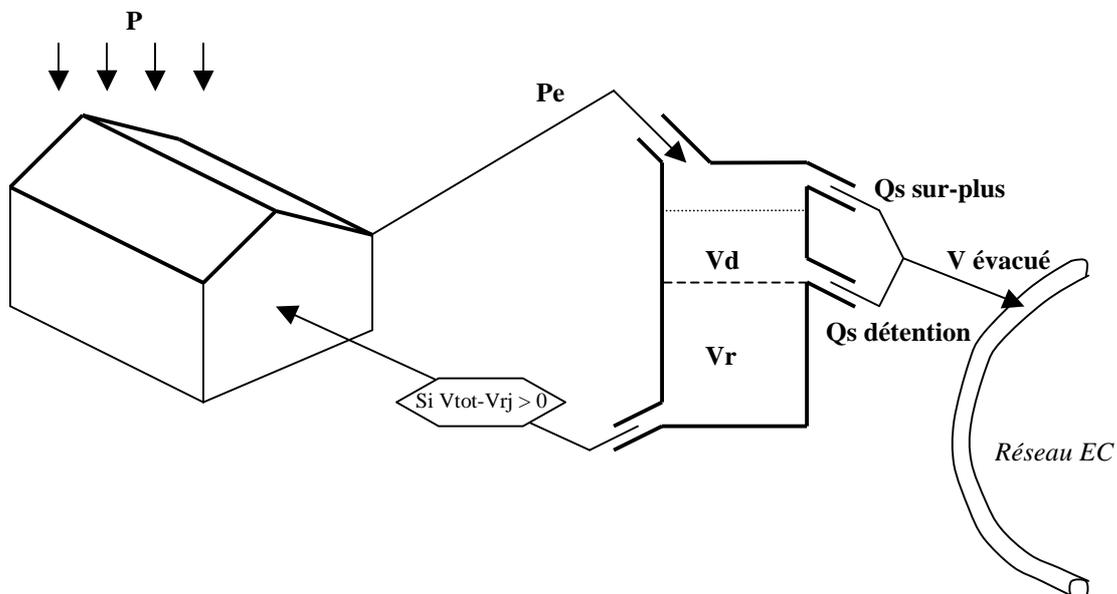
Performance d'un système de réutilisation des eaux de pluie pour utilisation domestique – Application à la région de Sion (VS, Suisse).

Données de l'exercice

Les séries de précipitations sont fournies dans le fichier Excel « HU0302_donnees.xls ». Les résultats sont aussi disponibles sur le fichier Excel « HU0302_corrige.xls ».

Conceptualisation :

Le schéma du modèle de base pour la gestion du réservoir est donné ci-dessous.



A. Création du modèle de simulation du comportement du système

☉ Marche à suivre :

Étape 1 : Calcul de la pluie efficace en appliquant le coefficient de ruissellement du toit et en multipliant par la surface de celui-ci.

Étape 2 : Détermination des besoins théoriques du ménage, sans tenir compte de la disponibilité en eau. Les besoins sont donc uniquement dépendants du nombre de personnes du ménage et du choix du scénario d'usage.

Simulation de l'évolution temporelle des différentes variables d'état du système :

Étape 3 : Calcul du volume stocké à un pas de temps donné dans la cuve en additionnant le volume de l'heure précédente et la pluie efficace et en soustrayant l'apport du ménage (colonne encore vide !) et le volume de rétention (colonne encore vide !). Minimiser à 0 et maximiser au volume maximum de stockage de la cuve.

Etape 4 : Calcul des apports au ménage en tenant compte des besoins théoriques et de la disponibilité en eau à l'heure précédente (pour des raisons de références circulaires dans Excel).

Etape 5 : Calcul du volume de rétention (volume stocké supérieur au volume V_r) en fonction du volume d'eau total et de la limite du volume de rétention V_r .

Etape 6 : Calcul du débit de vidange par l'orifice de rétention.

Etape 7 : Calcul du débit de débordement.

Etape 8 : Calcul du débit total évacué en sommant le débit de rétention et le débit de débordement par vidange du trop plein du même pas de temps.

Etape 9 : Changer les caractéristiques du réservoir ou de la consommation et copier les résultats dans le tableau de la feuille « Résultats » afin d'avoir les graphiques synthétiques.

B. Analyses des défaillances

Question 1. Dimensionnement en cas d'utilisation domestique fixée

⊙ Résultats :

1) Dimensionnement du volume du réservoir. Autres caractéristiques fixées.

Il est difficile d'établir un choix sur la disponibilité de l'eau en utilisation domestique, car il est logique que plus le réservoir est grand, plus la disponibilité est grande et moins les défaillances (jours sans ressource) sont fréquentes. Néanmoins, de très fortes augmentations de volumes n'engendrent pas une forte disponibilité de l'eau pluviale, puisqu'avec un réservoir de 4.5 m^3 , plus de 80% de l'eau de pluie est utilisée. Il ne semble donc pas nécessaire de considérer un réservoir de 9 ou 15 m^3 .

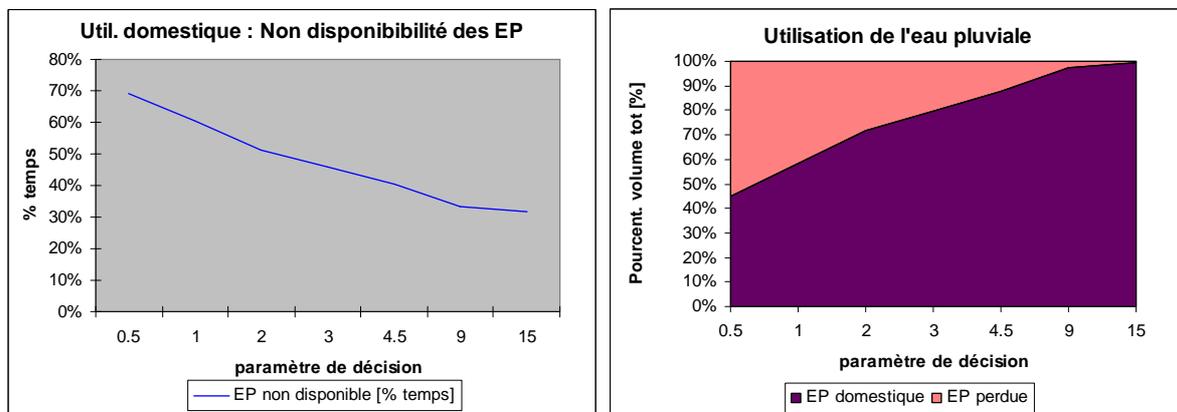


Figure 1. Fréquence des défaillances pour la disponibilité de la ressource à usage domestique et pourcentage de la ressource utilisée sur l'année. Paramètre de décision = volume du réservoir.

Les débordements diminuent très rapidement avec l'augmentation du volume du réservoir. En effet, à partir de 3 m^3 , le réservoir ne déborde déjà presque plus sur la période de 7 ans considérée. Ceci est confirmé par l'effet de laminage observé sur les 10 plus grandes pluies. Un réservoir de 3 m^3 est donc suffisant pour un laminage très efficace des fortes pluies.

En comparant la disponibilité en eaux pluviales et le laminage réalisé, il en ressort qu'un réservoir de 3 m^3 présente déjà de très bons résultats et est suffisant pour le cadre de l'étude.

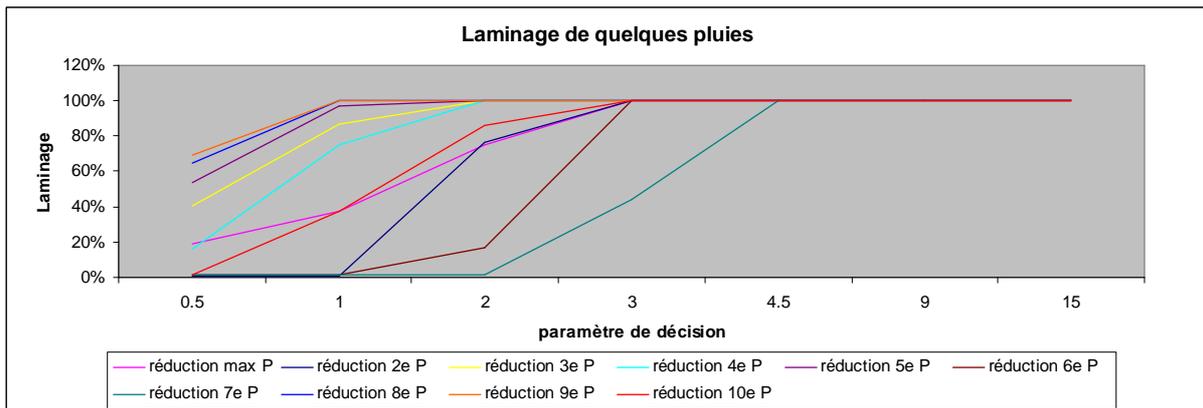
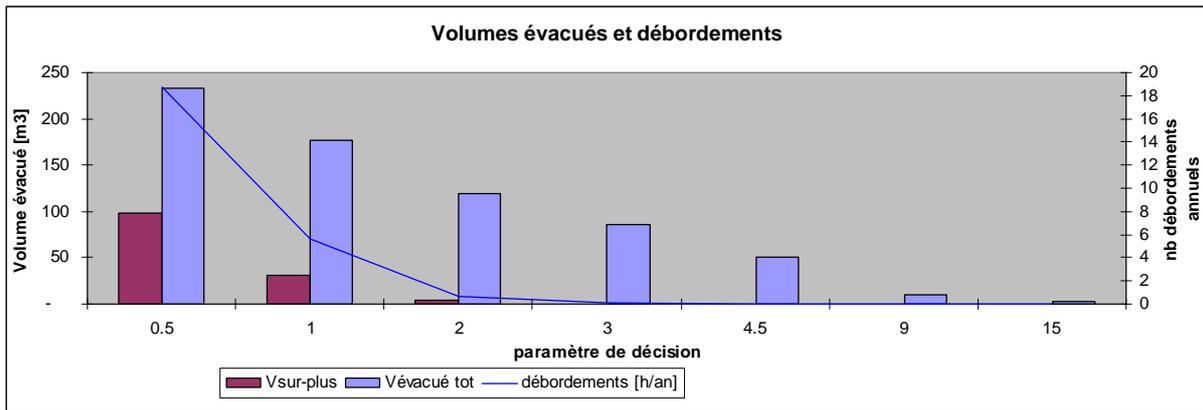


Figure 2. Volumes annuels de débordement, nombre d'heure de déb. et pourcentage de laminage des 10 précipitations les plus fortes sur les 7 années. Paramètre de décision = volume du réservoir.

2) Dimensionnement du volume de détention (en % du volume total) et de l'orifice.

Le dimensionnement du volume de détention pour un réservoir de 3 m³ et un orifice de 1 mm révèle que la situation optimale n'est pas un volume de détention maximal. Lorsque ce volume est supérieur à 20% du volume du réservoir, le laminage de la plupart des pluies diminue. De plus, à partir de 20%, la fréquence de défaillance du système d'alimentation des eaux grises et le volume précipité non utilisés augmentent rapidement. Il est intéressant de constater que les pertes n'augmentent pas de façon marquée lorsque le volume de détention passe de 0 à 20% du volume total. Ces constatations relèvent que le dimensionnement d'un réservoir n'est pas trivial et qu'une approche trop simpliste ne permet pas d'en comprendre réellement le fonctionnement. La modélisation est un outil précieux dans une telle situation.

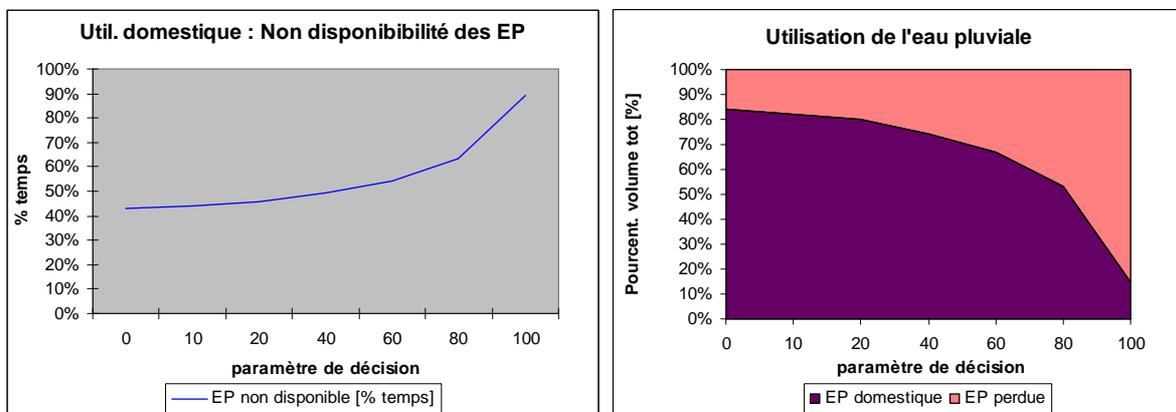


Figure 3. Pourcentage de temps de non disponibilité des eaux grises et pourcentage des précipitations utilisé pour eaux grises. Paramètre de décision = pourcentage du volume de la cuve pour la détention.

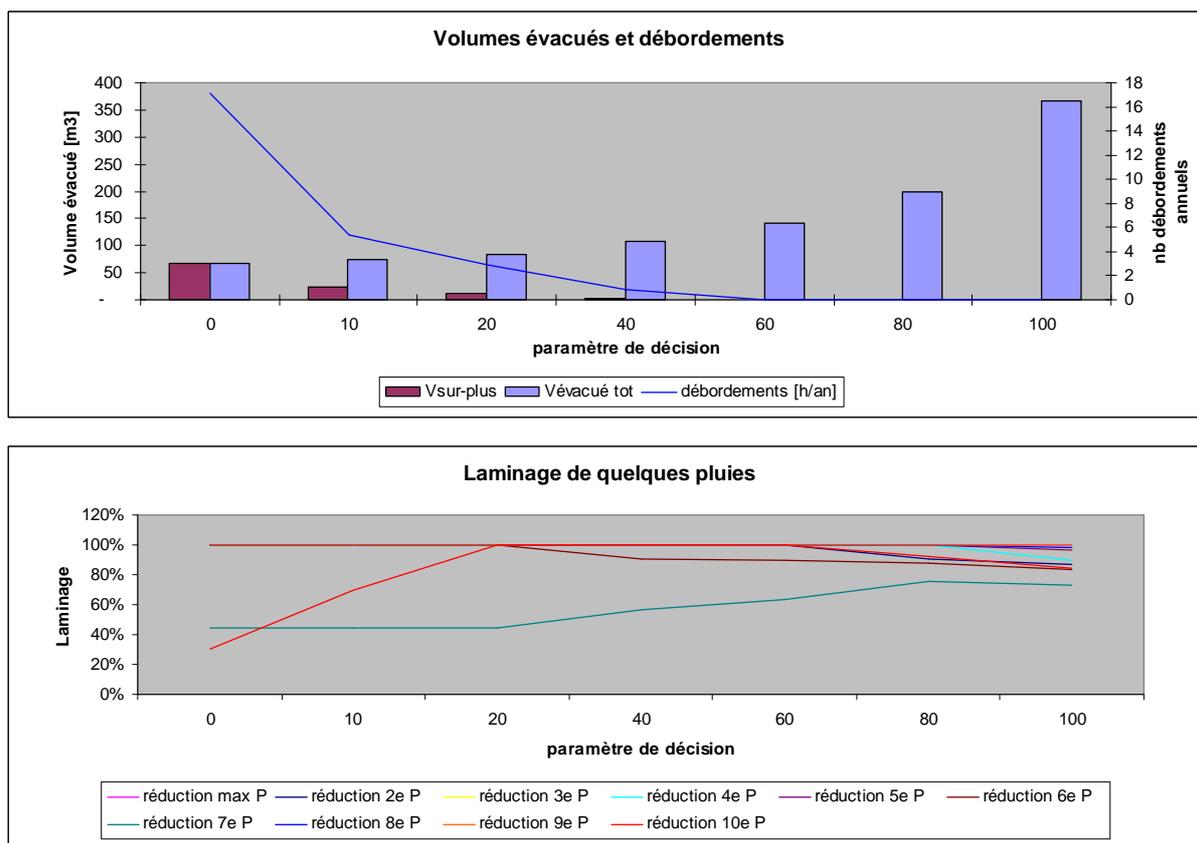


Figure 4. Volumes annuels de débordement, nombre d'heure de déb. et pourcentage de laminage des 10 précipitations les plus fortes sur les 7 années. Paramètre de décision = volume de détention relatif.

Question 2. Dimensionnement en cas d'utilisation domestique variable.

© Résultats :

Le nombre de configurations est infini. L'objectif de cette question est de constater qu'en cas de forte réutilisation de l'eau pluviale, par exemple pour les toilettes, douches, bains, et la lessive (total de 70%), un orifice de détention n'est pas nécessaire pour la problématique de la gestion des crues. En effet, une utilisation domestique importante permet de vidanger rapidement la cuve et garantit une efficacité optimale de celle-ci pour le laminage de crue. Cependant, les défaillances vis-à-vis de la fourniture des eaux domestiques sont beaucoup plus fréquente.

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'un cas d'étude du ménage à 3 personnes avec une réutilisation à 70%, un réservoir de 4.5 m³ et un volume de détention nul. Toutes les 10 plus grandes pluies sont parfaitement laminées, mais il manquera d'eau plus de la moitié du temps...

Non-disponibilité de l'eau	53%
Vsur-plus [m ³]	20.2
Vévacué [m ³]	20.2
réduction max P	100%
réduction 2e P	100%
réduction 3e P	100%
réduction ...e P	100%
réduction 9e P	100%
réduction 10e P	100%
EP domestique	96%
EP perdue	5%
déborde en moyenne [h/an]	9.14