

## Exercice n° GE 0201 - Corrigé

### Evaluation de la performance de gestion d'un réservoir d'eau à l'aide des critères RRV

#### Données de l'exercice

Les données sont regroupées dans une feuille de calcul à compléter qui est disponible dans le fichier Excel « GE0201\_feuillecalcul.xls ». Les résultats sont aussi disponibles sur le fichier Excel « GE0201\_corrige ».

#### Résolution : Méthode à appliquer

##### ⊙ Variables de décision

Les différentes variables de décision définissant un scénario de gestion sont :

- la capacité de stockage du lac:  $V_s$
- l'objectif de prélèvement journalier  $P_{obj}$  pour la production d'eau potable
- le volume de remplissage critique  $V_c = a\% V_s$  en dessous duquel l'objectif de prélèvement journalier est réduit
- le facteur de réduction de l'objectif de prélèvement en situation de remplissage critique:  $P_{obj}^* = b\% P_{obj}$  (non étudié ci dessous).

##### ⊙ Simulation de l'évolution temporelle du remplissage du réservoir

De l'équation de continuité appliquée au réservoir on tire le volume stocké dans le réservoir à la fin du pas de temps  $i+1$ , ainsi que le volume d'eau éventuellement débordé pendant la période  $\Delta t=[i, i+1]$ :

$$V_{i+1} = \text{Min}(V_i + P_{n,i} - p_i \Delta t ; V_s)$$

$$V_{deb,i+1} = \text{Max}(V_i + P_{n,i} - p_i \Delta t ; 0)$$

Avec  $P_{n,i}$ : pluie nette tombée pendant la période  $\Delta t=[i, i+1]$  :

$$P_{n,i} = (\text{pluie brute} - \text{évapotranspiration}) * \text{surface bassin versant} - \text{évaporation} * \text{surface lac}$$

Et avec  $p_i$  : débit réellement prélevé pour la production d'eau potable :

$$p_i = \begin{cases} P_{obj} & \text{si } V_i > V_c \\ b\% P_{obj} & \text{si } b\% P_{obj} < V_i < V_c \\ 0 & V_i < b\% P_{obj} \end{cases}$$

##### ⊙ Calcul des hauteurs de remplissage et de la surface au miroir

Comme le réservoir a une section transversale triangulaire de fruit  $m$  et une longueur  $L$  indépendante du taux de remplissage, sa relation "hauteur-volume stocké" est :

$$V(h) = m h^2 L$$

D'où la hauteur d'eau dans le réservoir  $h_{i+1}$ , et la surface du plan d'eau  $A_{i+1}$  à la fin du pas de temps  $i+1$ :

$$h_{i+1} = \text{racine}(V_{i+1}/m/L)$$

$$A_{i+1} = w_{i+1} \cdot L = 2 \cdot \text{racine}(V_{i+1} \cdot m \cdot L)$$

### ⊙ Définition des défaillances

Production eau potable :	défaillance si $p_i < 75\%P_{obj}$ $DéfEP_i = \text{Max}((p_i - 0,75P_{obj}); 0)$
Récréation :	défaillance si $A_i < A_c = 150 \cdot 500 \text{m}^2$ $DéfRec_i = \text{Max}((A_i - A_c); 0)$
Pêche :	défaillance si $h_i > H_{\max} = 30\text{m}$ ou $h_i < H_{\min} = 15\text{m}$ $DéfPêche_i = h_i - H_{\max}$ si $h_i > H_{\max} = 30\text{m}$ $DéfPêche_i = H_{\min} - h_i$ si $h_i < H_{\min} = 15\text{m}$

### ⊙ Critères RRV

Fiabilité R1	= fréquence des défaillances = (nombre de défaillances / nombre de mois de simulation)
Résilience R2	= probabilité de retrouver un état normal à la suite d'un état défaillant = (nombre de mois avec recouvrement / nombre de mois avec défaillance)
Intensité V	= maximum sur la période de simulation des écarts obtenus entre la valeur mensuelle de la variable d'intérêt et la valeur critique de cette variable.

### ⊙ Normalisation des critères RRV

Cette normalisation permet d'afficher les valeurs de tous les critères RRV sur un graphique comportant une seule échelle commune (de 0 à 100%). Pour les critères Fiabilité et Résilience, la valeur brute du critère peut être directement exprimée en %. Pour l'Intensité des défaillances, la normalisation suivante est suggérée:

**Production eau potable** : normalisation par l'intensité maximum possible de la défaillance (obtenue si  $p_i=0$  et donc  $DéfMax=P_{obj}$ )

$$\text{Intensité} = V_{EauPot} = \text{Max}(DéfEP_i / P_{obj})$$

**Récréation** : normalisation par l'intensité maximum possible de la défaillance (obtenue si  $A_i=0$  donc  $DéfMax=A_c$ ).

$$\text{Intensité} = V_{Recreat} = \text{Max}(DéfRec_i / A_c)$$

**Pêche** : normalisation par la largeur de la plage des hauteurs satisfaisantes pour les poissons ( $\Delta h = H_{\max} - H_{\min}$ ). Une défaillance de 1.5m est intuitivement moins grave si la largeur de la plage satisfaisante est  $\Delta h = 10\text{m}$  que si cette largeur est de  $\Delta h = 0.5\text{m}$  uniquement.

$$\text{Intensité} = V_{peche} = \text{Max}(DéfPêche_i / \Delta h)$$

### ⊙ Autres critères possibles pour évaluer la performance du système

Degré de satisfaction global de la demande sur l'ensemble de la période de simulation:

$$D = \sum (p_i \cdot \Delta t) / \sum (p_{obj} \cdot \Delta t) = \sum p_i / (n \cdot p_{obj}) \quad \text{avec } n \text{ nombre de pas de temps de simulation.}$$

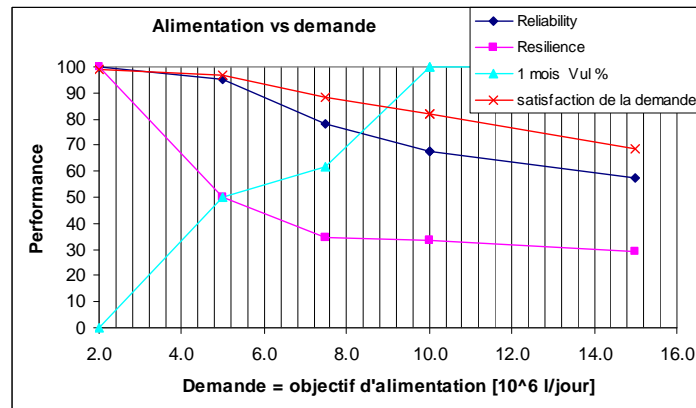
Critères RRV sur les défaillances "débordement"

## Résultats : (toutes choses égales par ailleurs)

### ⊙ Variable de décision modifiée : objectif de prélèvement journalier ...

Si on parvenait à diminuer la demande en eau jusqu'à 2000 m<sup>3</sup>/jour par rapport aux 7500 m<sup>3</sup>/jour actuellement demandés, ceci constituerait la solution la plus simple pour satisfaire tous les domaines (cf. Graphique Performance EauPotable ci dessus et graphiques similaires obtenus pour Récréation et

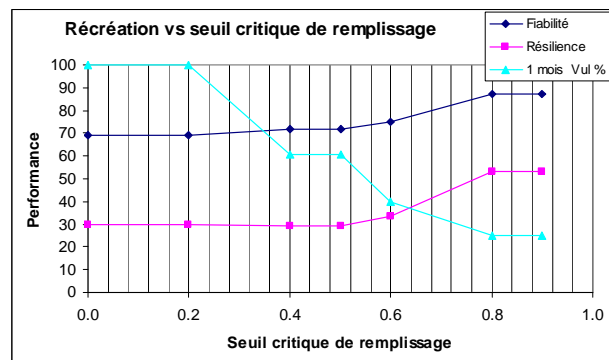
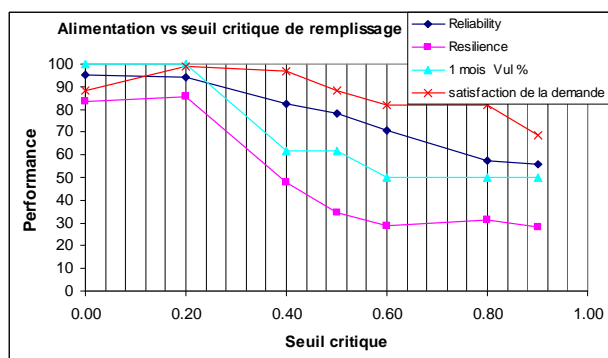
Pêche dans la feuille EXCEL). Il faudrait pouvoir disposer d'une autre source d'alimentation en eau conséquente pour la ville de façon à compenser la différence entre les besoins réels et les prélèvements effectués dans le lac. Peu réaliste!



⊙ **Variable de décision modifiée : seuil critique de remplissage à partir duquel on réduit l'objectif de production journalier.**

1) Si on abaisse le seuil critique jusqu'à 20 % de la capacité maximum de stockage du réservoir, on obtient une meilleure satisfaction de la demande, ce qui s'exprime également par une fiabilité et une résilience élevées. Mais la vulnérabilité est en même temps très élevée! On a un cas typique de contradiction des critères! Au gestionnaire de décider s'il veut prendre ce risque.

2) Pour les deux autres domaines, un abaissement du seuil critique diminue la fiabilité et la résilience pour augmenter la vulnérabilité. On a alors une contradiction entre les différents intérêts. Modifier le seuil critique n'est pas une bonne solution!

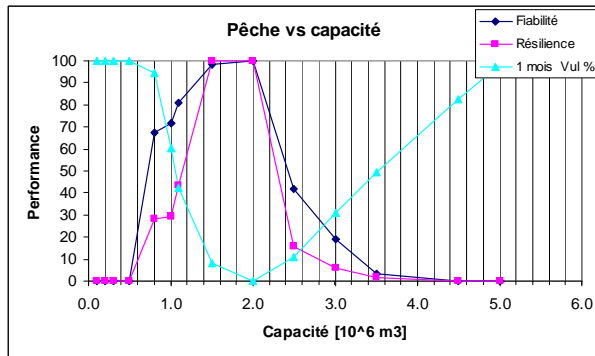
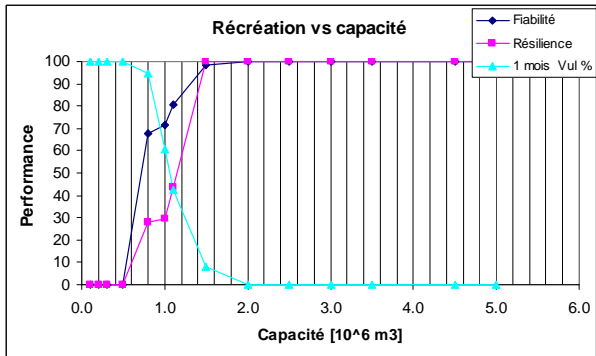
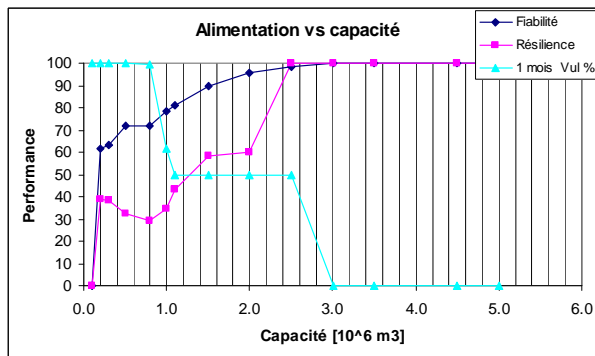


⊙ **Variable de décision modifiée : capacité totale de stockage du réservoir**

1) Pour chaque domaine, on trouve une capacité qui satisfait les trois critères. On peut améliorer la satisfaction des différents utilisateurs en augmentant la capacité.

2) Mais on voit que l'on ne peut pas satisfaire les trois domaines en même temps, notamment les objectifs de la pêche et de l'alimentation en eau potable sont contradictoires.

3) Que faire? Tester l'influence des objectifs sur le résultat (analyse de sensibilité) et trouver un compromis. Les profondeurs-objectif sont sans doute des grandeurs approximatives. Et on voit que si on augmente la profondeur maximale de 30m à 32m, on trouve une solution qui satisfait tous les domaines.



⊙ **Analyse complémentaire vis à vis des débordements:**

Les caractéristiques des débordements sont peu sensibles aux différentes variables de décision (et insensible au seuil de remplissage critique). La fréquence des débordements est très importante (>40%) et la résilience faible quels que soient les paramètres de la stratégie de gestion choisis. L'intensité maximum des débordements (normalisée par la hauteur maximum de pluie mensuelle nette observée sur la période de simulation) est aussi très importante : quelle que soit la stratégie de gestion choisie parmi celles possibles ici, la proportion de la pluie nette non absorbée par la retenue pour le mois le plus pluvieux de la période est supérieure à 70%. Dans le cas où la retenue devrait aussi être utilisée pour la gestion des hautes eaux, d'autres principes de gestion devraient donc être mis en place.

