

Exercice 4

Dimensionnement et exploitation d'un réservoir à buts multiples pour la régulation des apports en eau

A rendre le **23** décembre
avant 23h59

Pedro Manso (PM)
pedro.manso@epfl.ch

Meghan Irving (MI)
meghan.irving@epfl.ch

Junjia Kang (JK)
junjia.kang@epfl.ch

Camille Phenix

Marc-Antoine Courtois

Structure

Organisation

Enoncé

Outils 1 – Théorie et formules

Outils 2 – Fichier Excel

Utilisation Fichier Excel

Planning des séances

Séance Exercice (SE), PM, MI + JK

Séance Théorie, PM

	29.11 (Ve)	05.12 (Je)	06.12 (Ve)	12.12 (Je)	13.12 (Ve)	20.12 (Ve)
10.15 – 11.00	Introduction globale + SE					SE
11.15 – 12.00	SE	SE	SE	SE	SE	SE

Matériel

→ Matériel sur moodle

→ Enoncé

→ Template excel

→ Lien vers des anciennes vidéos
SWITCHtube (attention!!)

Certains éléments de l'exercice
ont changé)

Sections GC et SIE
CIVIL-312 Ouvrages et aménagements hydrauliques

Exercice 4
Dimensionnement et exploitation d'un réservoir pour la régulation
des apports en eau

Groupe 1
Noms et prénoms :

Introduction
Considérez l'aménagement à buts multiples de Lambda en Afrique de l'Ouest, conçu pour réguler les apports du fleuve Bafing-Sénégal. La retenue est prévue pour alimenter des périmètres d'irrigation et une usine hydroélectrique, contribuer au soutien d'étiage (pour les usagers en aval), à l'alimentation locale en eau et à la protection contre les crues.



PL-LCH | EPFL | 2022

Organisation

Enoncé

Outils 1 – Théorie et formules

Outils 2 – Fichier Excel

Utilisation Fichier Excel

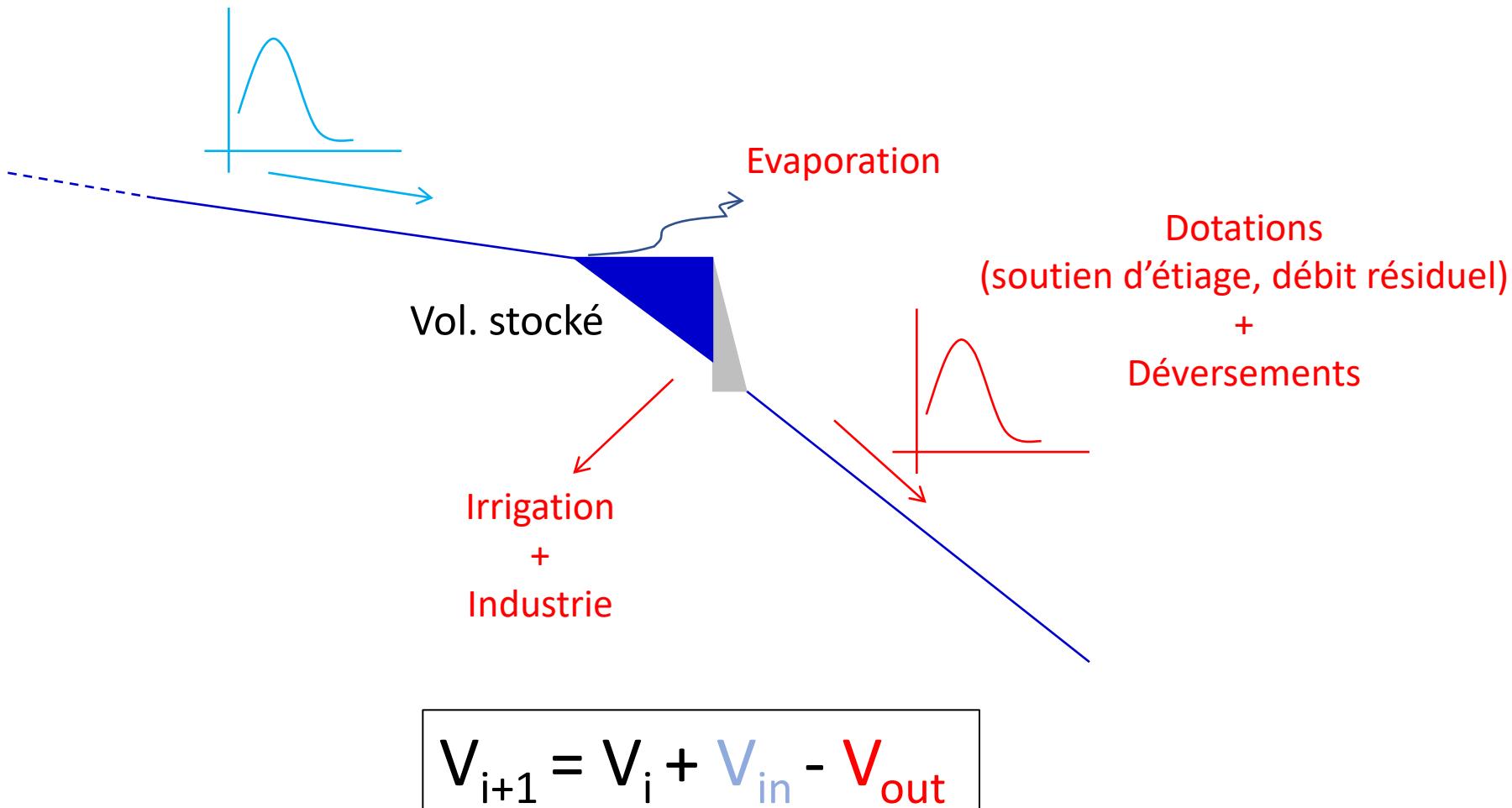
Situation de départ

Exemple fictif d'un aménagement à buts multiples pour réguler les apports du fleuve Bafing-Sénégal.

- alimenter des périmètres d'**irrigation**
- produire de l'**énergie** hydroélectrique
- contribuer au **soutien d'étiage**
- **alimentation** locale **en eau**
- **protection** contre les **crues**



Calcul du bilan pour le planning de turbinage

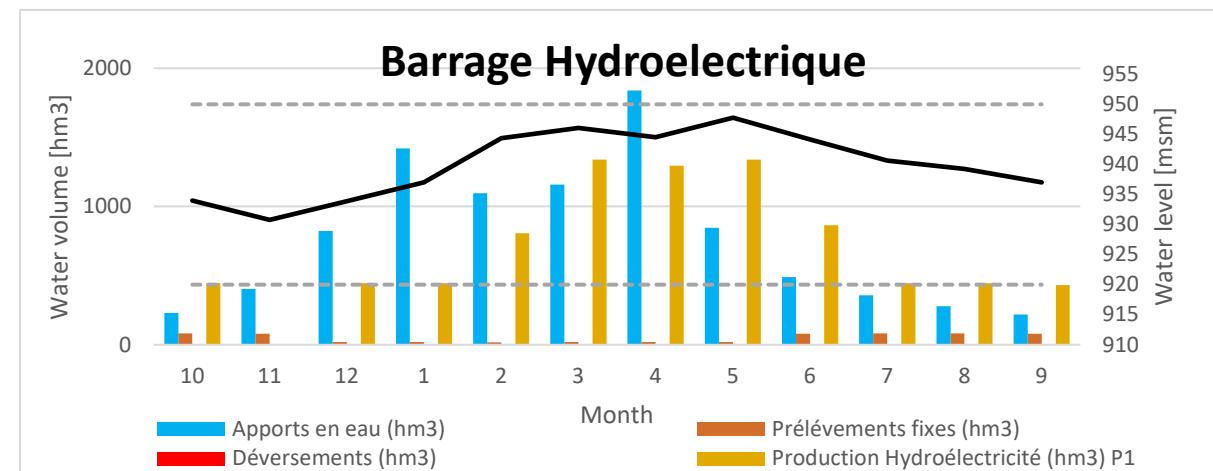


Objectifs de l'exercice

Développement d'un **planning de turbinage**

- Pour différents scénarios
- Afin d'optimiser une ou plusieurs fonctions de l'aménagement
- Tout en respectant différentes conditions-cadres (niveau minimal/maximal, prélèvements,)

C'est quoi un planning de turbinage?



ID	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	Sep
Month	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	
# Jours/mois	31	0	31	31	28	31	30	31	30	31	31	
# Turbines (clé de turbinage)	1	0	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1

Données de base

Données du réservoir

Courbe de stockage	
N [m.s.m] = f(V [hm ³])	Facteur Polynôme
a0	1.87394691E+02
a1	3,93926359E-02
a2	-1,59149348E-05
a3	4,69258464E-09
a4	-8,18344516E-13
a5	7.28123126E-17
a6	-2.34419186E-21

Courbe de surface inondé	
A [km ²] = f(N [m.s.m])	Facteur Polynôme
a0	1.29539757E+05
a1	-3.62014713E+03
a2	4.19337504E+01
a3	-2.57434881E-01
a4	8.82628895E-04
a5	-1.60137399E-06
a6	1.20134414E-09

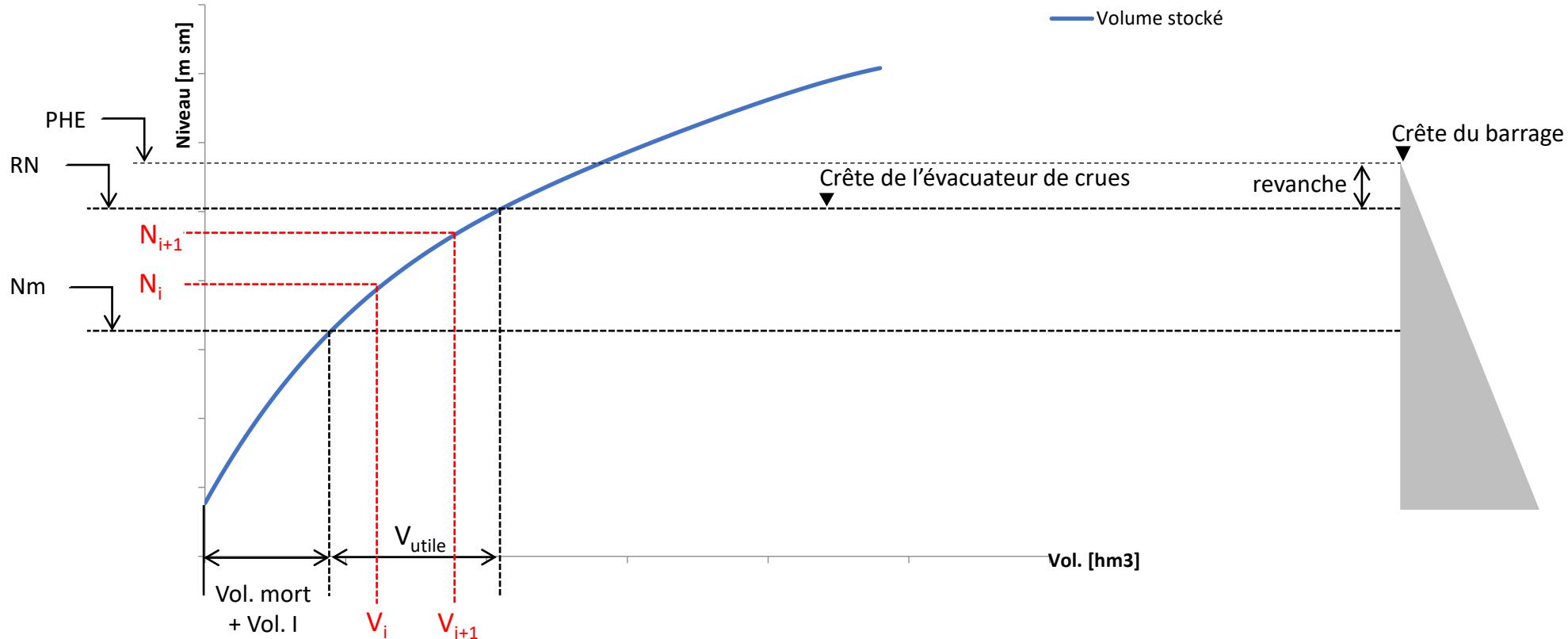
Données de la centrale hydroélectrique

- Type de turbine : Francis
- Nombre de turbines 3 (Q1)
- Rendement globale des turbines 0.81
- Prix moyen d'électricité 0.12 EUR / kWh

- Niveau retenue normal (RN) : 250.00 m.s.m.
- Niveau minimum d'exploitation (Nm): 226 m.s.m.
- Niveau de la fondation : 170 m.s.m.
- Cote des plus hautes eaux (PHE): 253.00 m.s.m.
- Niveau seuil vidange de fond (hyp) 188 m.s.m.
- Déversements sur seuil libre : A partir de RN

Courbe de stockage

$$V \Leftrightarrow N$$



Légende

PHE	Cote des plus hautes eaux
RN	Niveau de retenue normale
Nm	Niveau minimum d'exploitation (pour prise d'eau)
Vol. utile	Volume utile (RN - Nm)
Vol. I	Volume inactive (Nm - Niveau seuil pour la vidange de fond)
Vol. mort	Volume mort (Niveau seuil pour la vidange de fond - Fondation)

A noter : Niveau de retenue normal = niveau maximal d'exploitation, correspond en général au niveau du seuil du déversoir, c.à.d. qu'il n'est dépassé que en cas de crue

Données de base

Données hydrologiques

Apports en eau à la section du barrage sur le fleuve Bafing [hm³]

Années	oct	nov	dez	jan	fev	mar	avr	mai	jun	Jul	aou	sep
Humide	1838	847	478	338	267	218	230	403	824	1419	1096	1159
Moyenne	864	430	243	190	159	137	183	307	413	520	757	972
Sèche	455	318	172	141	116	97	137	171	214	332	265	253

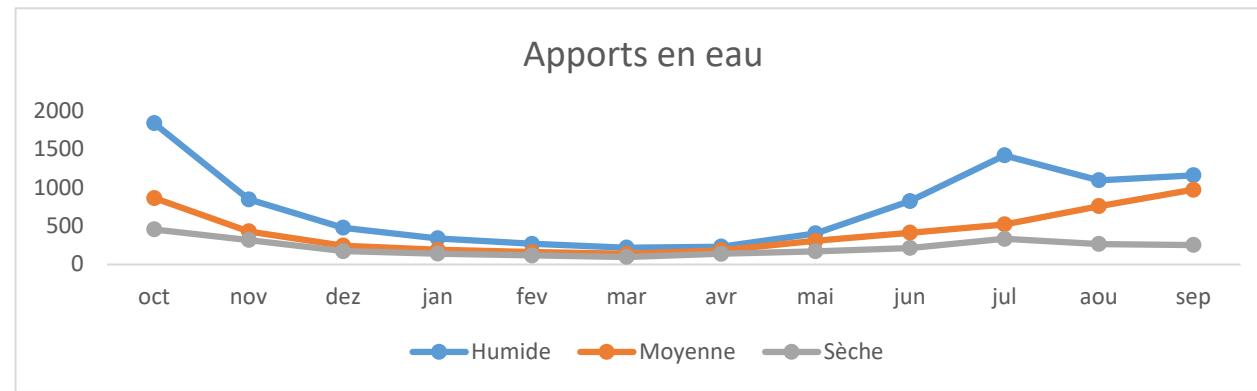
- Evaporation sur la retenue :

6 mm/jour (1^{er} juin au 30 novembre)

4 mm/jour (*en dehors*)

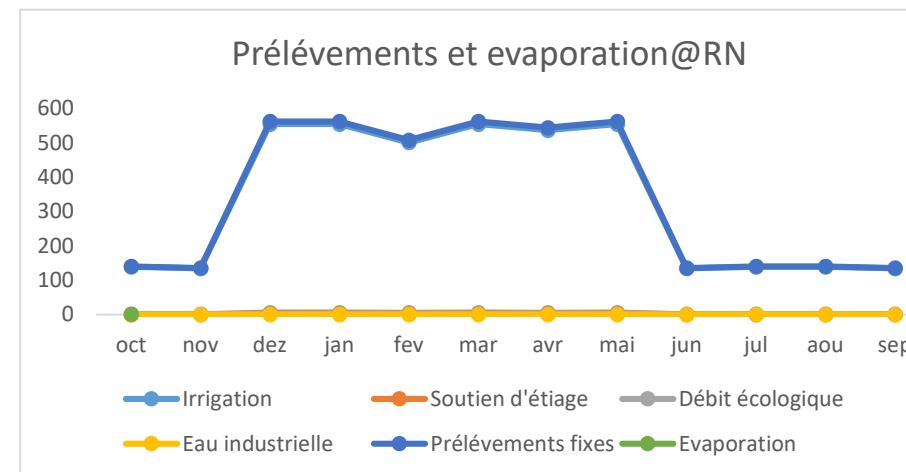
- Niveau d'eau moyen en aval :

153.5 m.s.m.



Données d'exploitation

- Prélèvement pour l'irrigation, pour un périmètre irrigué totale initiale de 25'000 ha : 4 m³/h/ha (décembre à mai), 1 m³/h/ha (juin à novembre)
- Prélèvement pour soutien d'étiage : 2 m³/s (décembre à mai)



Question 1 en bref

Planning de turbinage mensuel sur une année

- Pour chacune des trois différentes années hydrologiques
 - Afin de
 - Réduire les pertes d'eau (déversements et évaporation)
 - Et maintenir une production d'énergie $n > 0$ pendant les mois d'étiage (= produire énergie tous les jours du mois)
- + Discussion des résultats

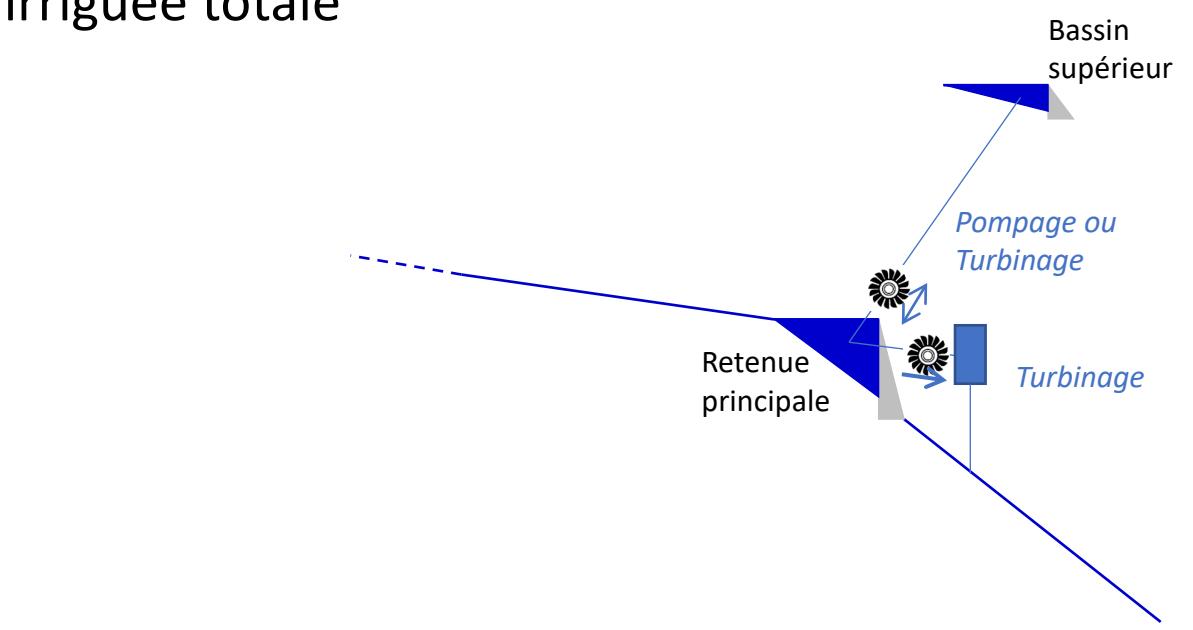
Question 2 en bref

→ On ajoute un bassin supérieur pour faire du pompage-turbinage (PT)

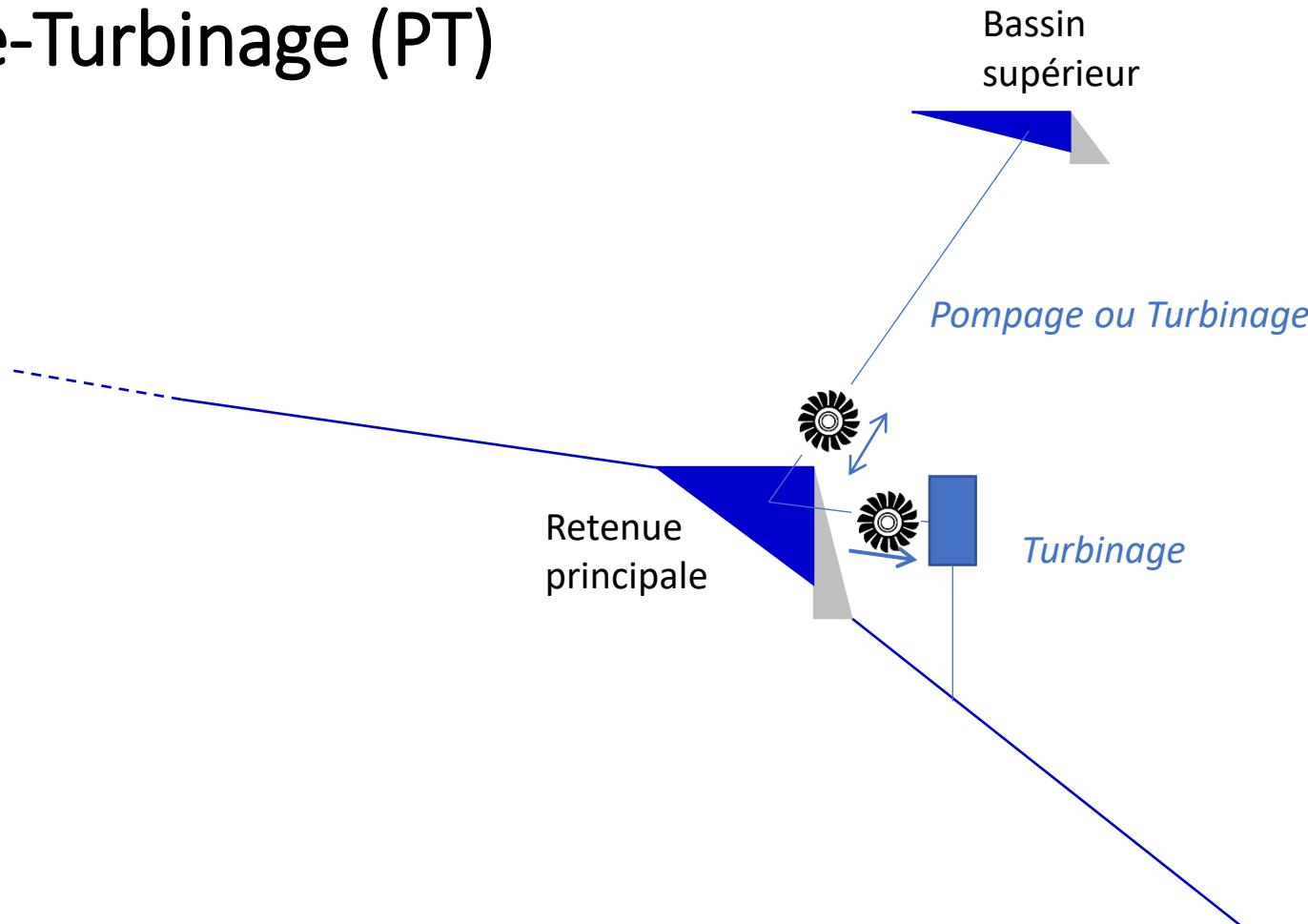
A) Planning de turbinage mensuel pour la retenue principale et de PT pour le bassin supérieur

- Pour une année humide
- Afin d'augmenter le mieux possible la surface irriguée totale

+ Discussion des résultats



Pompage-Turbinage (PT)

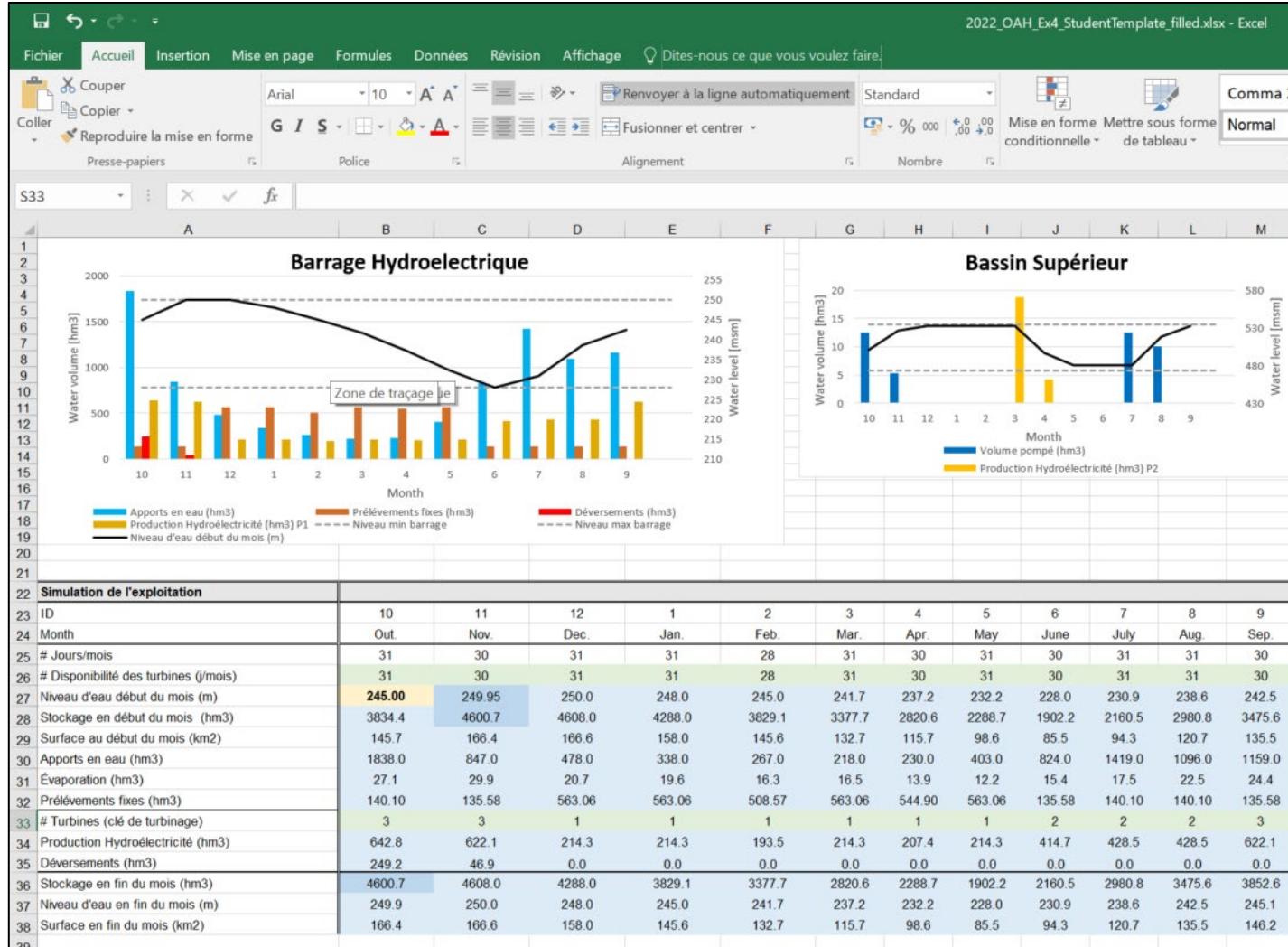


$$P_{\text{turbine}} = \rho g H Q_t \mu$$

$$P_{\text{pompe}} = (\rho g H Q_p) / \mu$$

$$\rightarrow Q_t \neq Q_p$$

Planning de turbinage – Fichier Excel – exemple rempli



Organisation

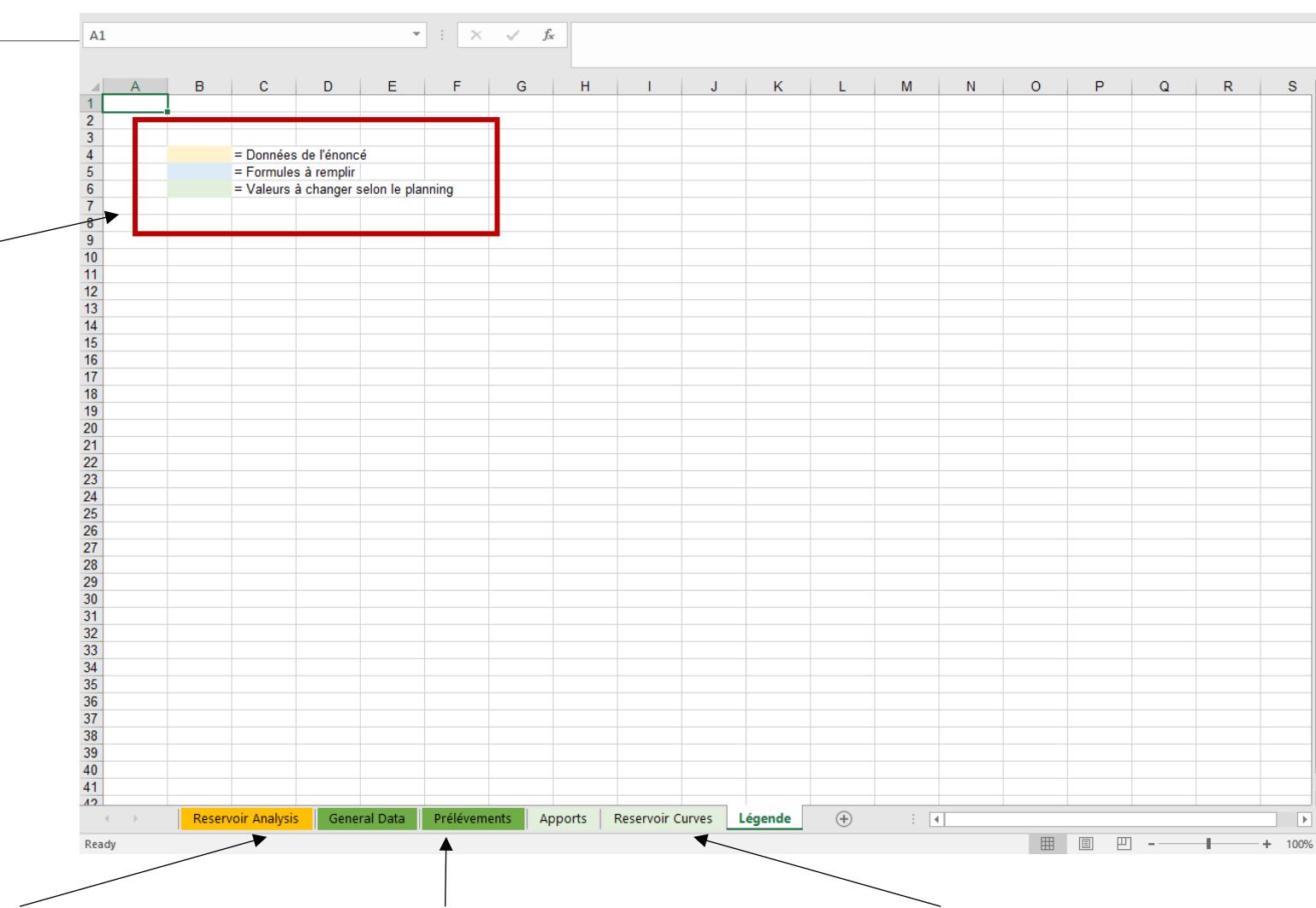
Enoncé

Outils 1 – Théorie et formules

Outils 2 – Fichier Excel

Template Excel

Couleur de la cellule indique comment la remplir



Onglet orange:
planning du turbinage (formules à
remplir et valeurs à changer)

Onglets en vert foncé :
à remplir avec des données de l'énoncé ou des
formules. **Commencer ici.** Les résultats alimentent
le planning (onglet 'Reservoir analysis')

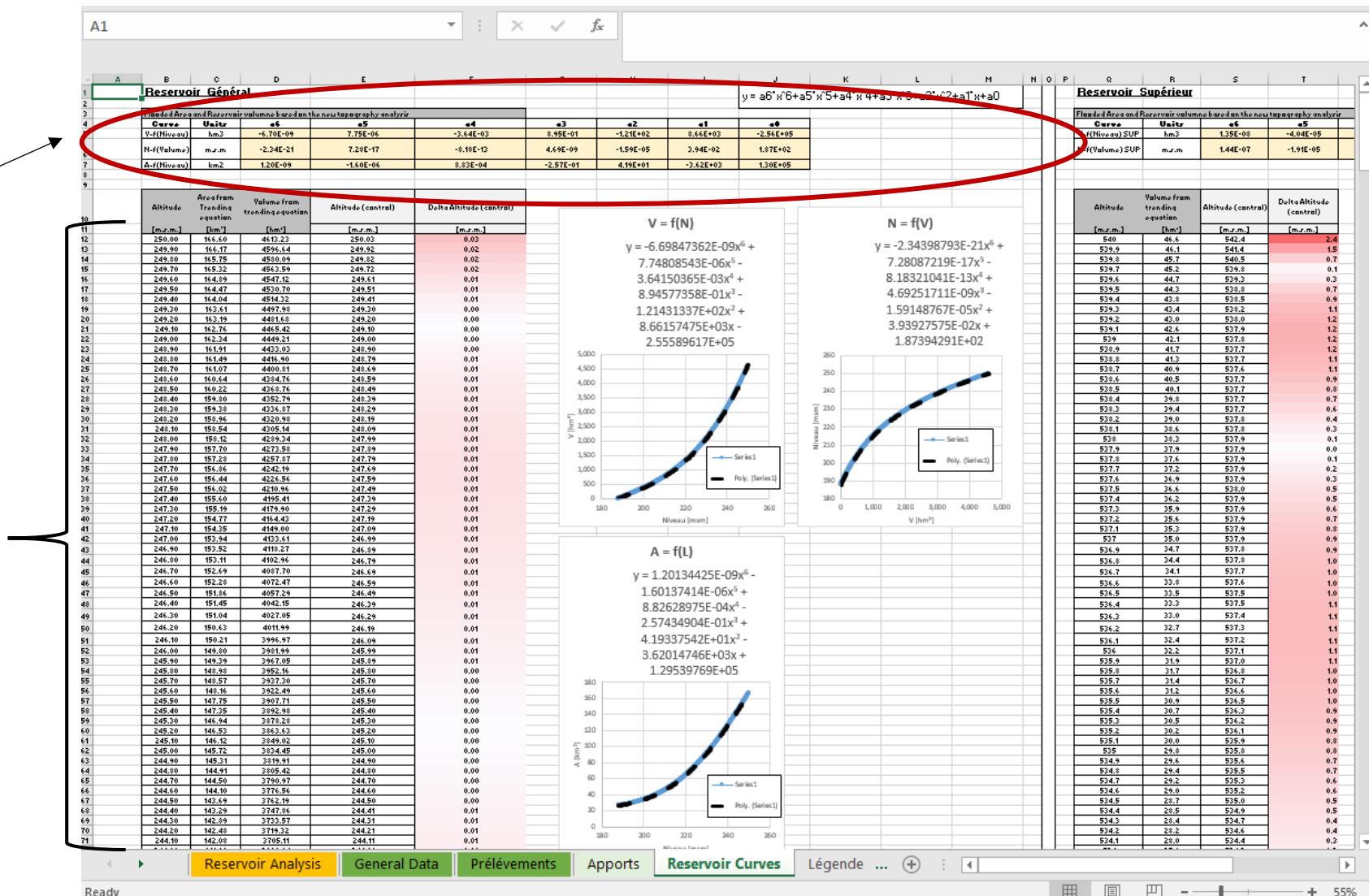
Onglets en vert clair :
données de base (rien à changer)

Reservoir Curves

Partie Gauche – Reservoir Générale

Utiliser le polynomial avec des coefficients dans le tableau pour convertir entre niveau, volume, superficie, etc.

Ce tableau vous montre les courbes. Ne pas faire un vlookup pour vos conversions. C'est plus difficile.



Partie Droite – Reservoir Supérieur (Question 2)

Organisation

Enoncé

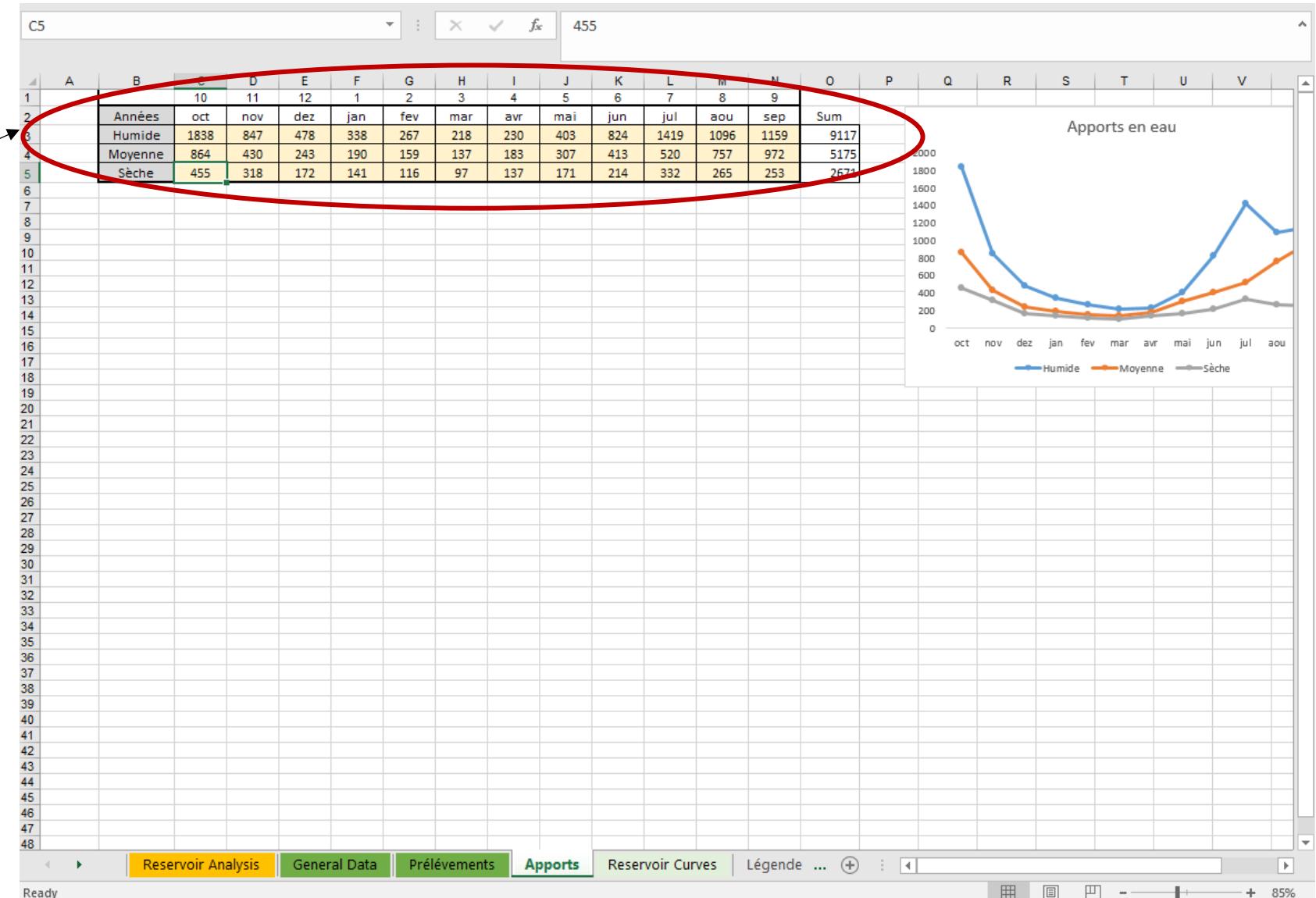
Outils 1 – Théorie et formules

Outils 2 – Fichier Excel

Utilisation Fichier Excel

Apports

Les apports pour les trois années hydrologiques, à changer dans 'Reservoir Analysis' selon le planning.

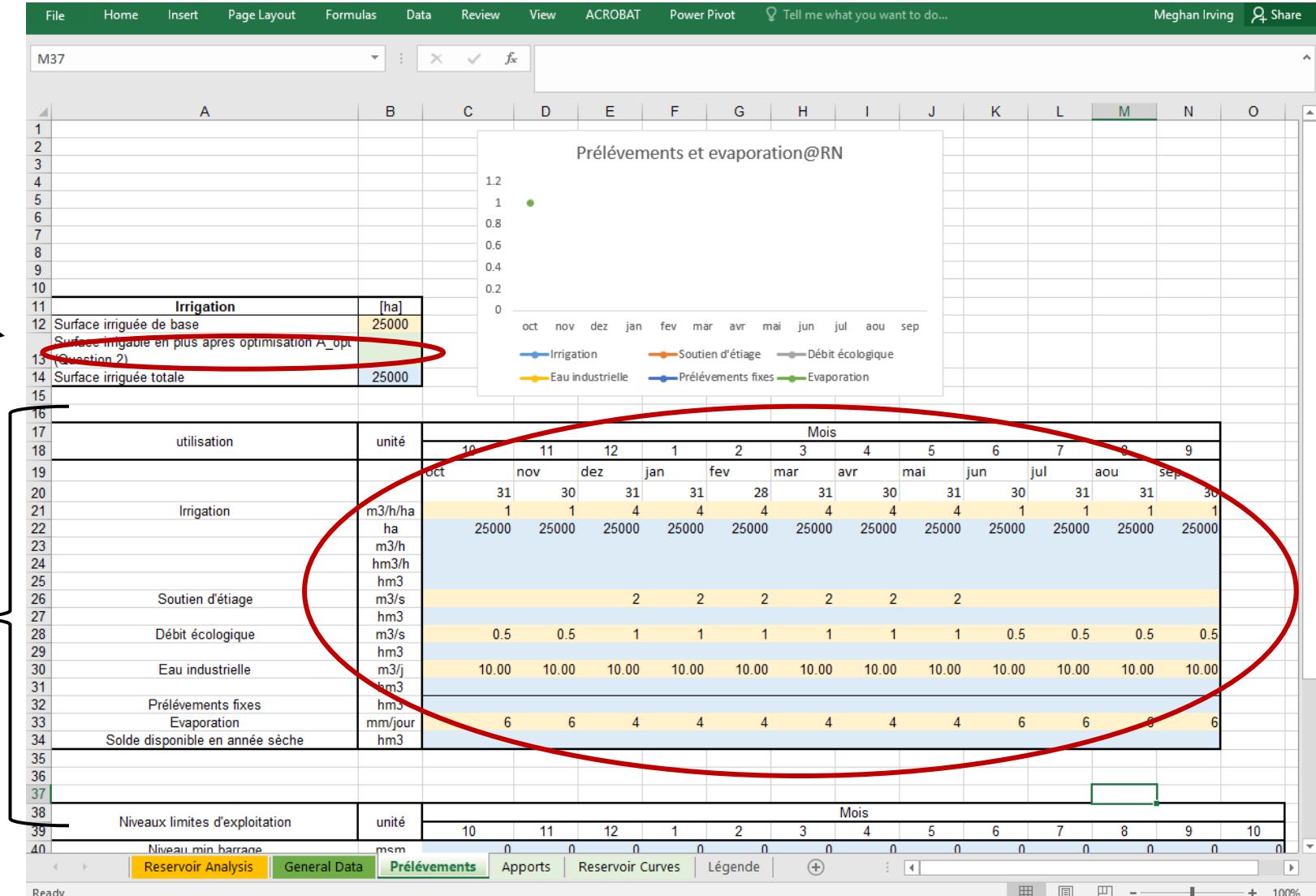


Prélèvements

Changer cette cellule
seulement pour le question 2
(essayer de maximiser cette
valeur)

Convertir les unités et faire la
somme des prélèvements
fixes.

L'évaporation dépend de la
superficie du réservoir pour
chaque mois donc le volume
évaporé est calculé chaque
mois dans l'onglet 'réservoir
analysis'



General Data

Cellules en jaune non remplies sont les valeurs dans l'énoncé qui changent pour chaque groupe.

Utiliser les polynômes des courbes de stockage pour convertir entre volume, superficie, etc.

Regarder le slide sur les courbes de stockage pour comprendre les volumes de référence.

Partie Gauche – Reservoir Générale

A1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Donnée Barrage											
2	Hauteur du barrage [m]											
3	Nombre de turbines #		3									
4	Débit d'équipement de l'usine [m ³ /s]											
5	Débit d'équipement par turbine [m ³ /s]											
6	Rendement par groupe [%]											
7	0.81											
8	Niveau aval de référence [msm]		153.5									
9												
10	Niveaux de référence		Niveau [msm]		Volume [hm ³]		Surface [km ²]					
11	PHE		253									
12	Retenue Normale		250									
13	Niveau minimum (pour prise d'eau)											
14	Niveau seuil Vidange de Fond (hyp)		188									
15	Fondation		170		0		0					
16	Delta max											
17												
18	Volumes de référence		Volume [hm ³]									
19	Volume maximal (en crues)											
20	Volume Utile											
21	Volume Inactive											
22	Volume mort											
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												

Partie Droite – Reservoir Supérieur (Question 2)

Donnée Bassin Supérieur		
Débit d'équipement de la turbine-pompe [m ³ /s]	7	
Rendement par groupe [%]	0.81	
Number of turbines #	1	

Niveaux de référence	Niveau [msm]	Volume [hm ³]
Niveau Max		
Niveau Min	473	

Reservoir Analysis

Formules à remplir par vous même.

Pour chaque planning décider le nombre de jours par mois et turbine par jour à turbiner.

Voir le slide sur le pompage/ turbinage pour les formules de puissance des turbines

Des astuces:

- Toujours checker la cohérence des unités
- Si le volume dans la réservoir à la fin du mois excède le volume du bassin au niveau du retenue normale, l'eau est déversée
- Le volume au debut du mois est égale au volume à la fin du mois précédent
- Quand vous rajouter le basin supérieur les volumes pompés/turbinés deviennent des apports ou des prélèvements



Exercice 4

Dimensionnement et exploitation d'un réservoir à buts multiples pour la régulation des apports en eau

A rendre le 23 décembre avant 23h59

Des questions entre les séances ?

- Utiliser le forum sur Moodle,
- Les réponses aux questions seront données les lundis et les jeudis
- Synthèse et discussion des questions au début de la prochaine séance, si nécessaire

Pedro Manso (PM)
pedro.manso@epfl.ch

Meghan Irving (MI)
meghan.irving@epfl.ch

Junjia Kang (JK)
junjia.kang@epfl.ch

Camille Phenix

Marc-Antoine Courtois