

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

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

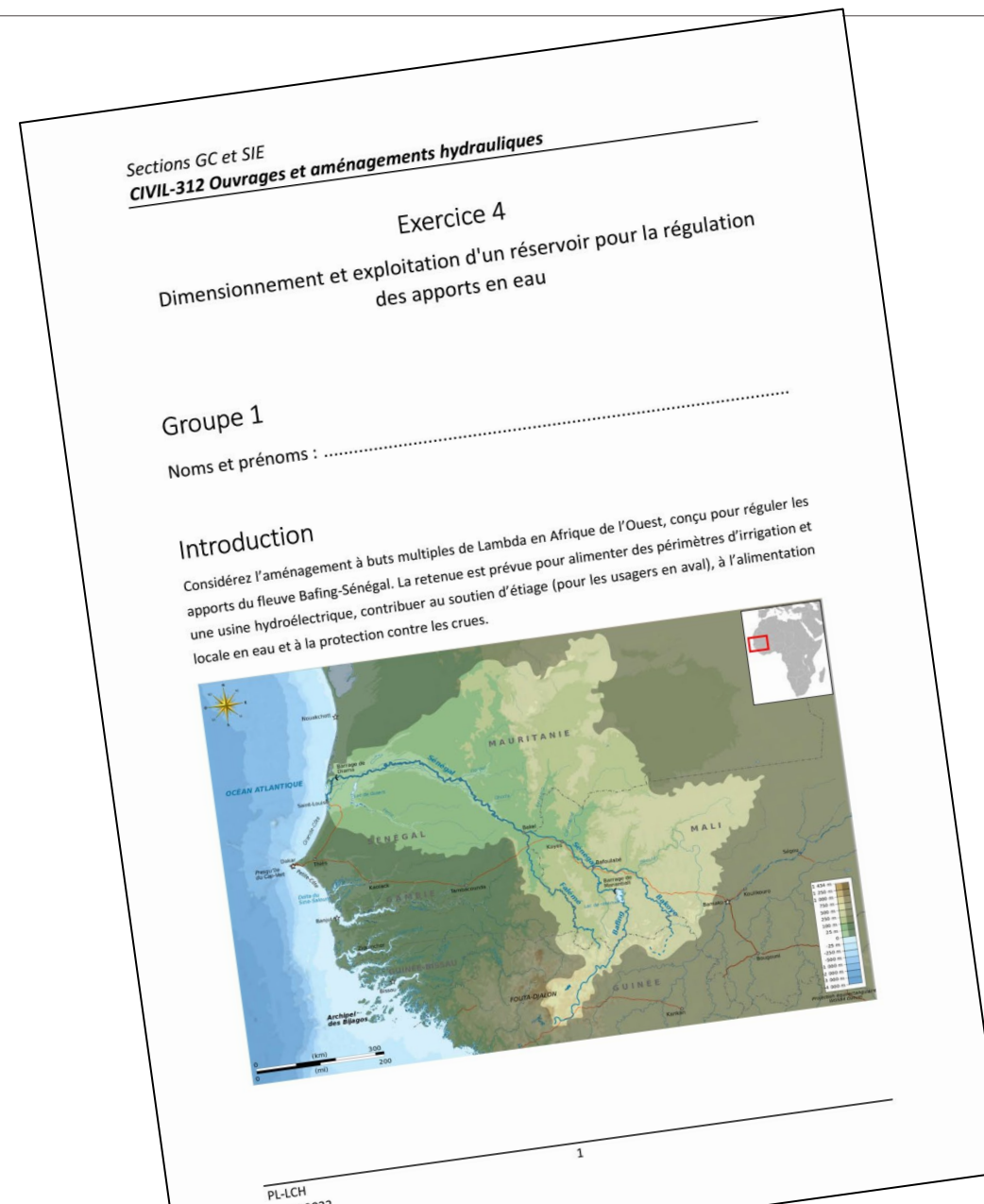
Matériel

→ Matériel sur moodle

→ Enoncé

→ Template excel

→ Lien vers des anciennes vidéos SWITCHtube (attention!! Certains éléments de l'exercice ont changé)



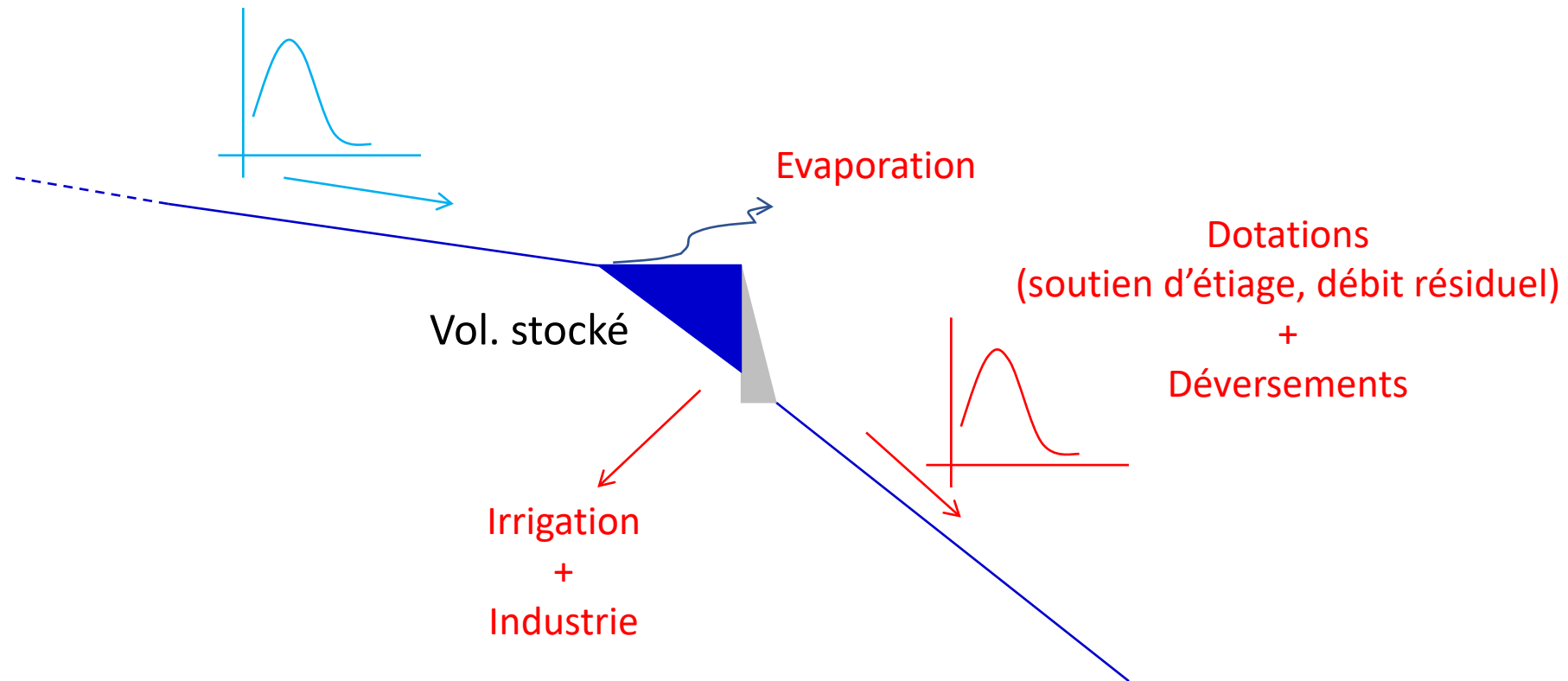
Situation de départ

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



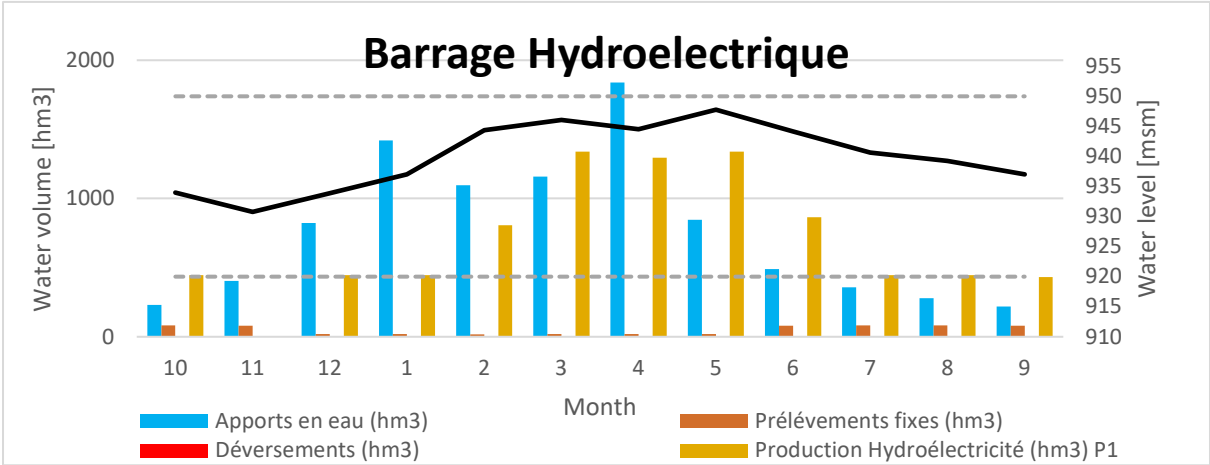
$$V_{i+1} = V_i + V_{in} - V_{out}$$

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	9
Month	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep
# Jours/mois	31	0	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30
# 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

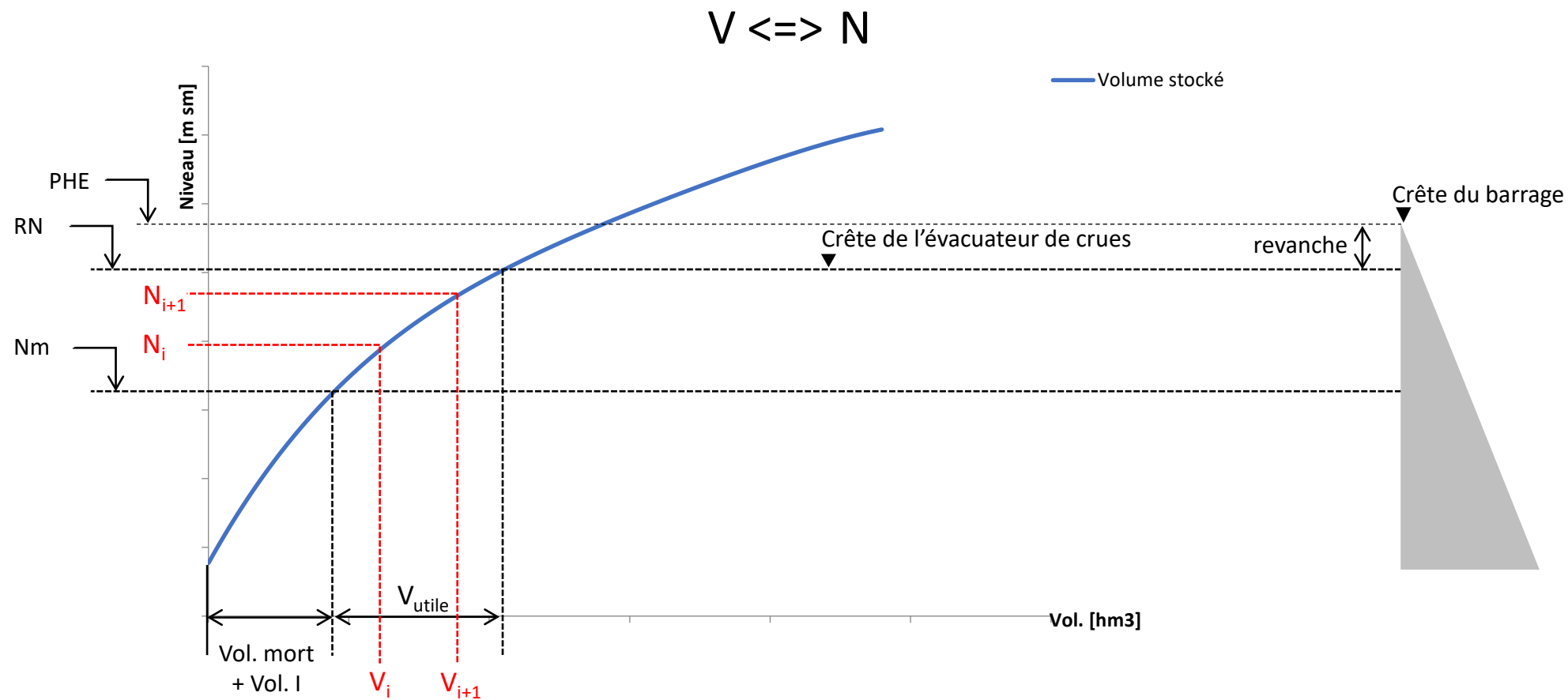
A [km ²] = f(N [m.s.m])	Facteur Polynôme
a0	1.29539757E+05
a1	-3.62014713E+03
a2	4.19337504E+01
a3	-2.57434881E-01
a4	8.82628895E-04
a5	-1.60137399E-06
a6	1.20134414E-09

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



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

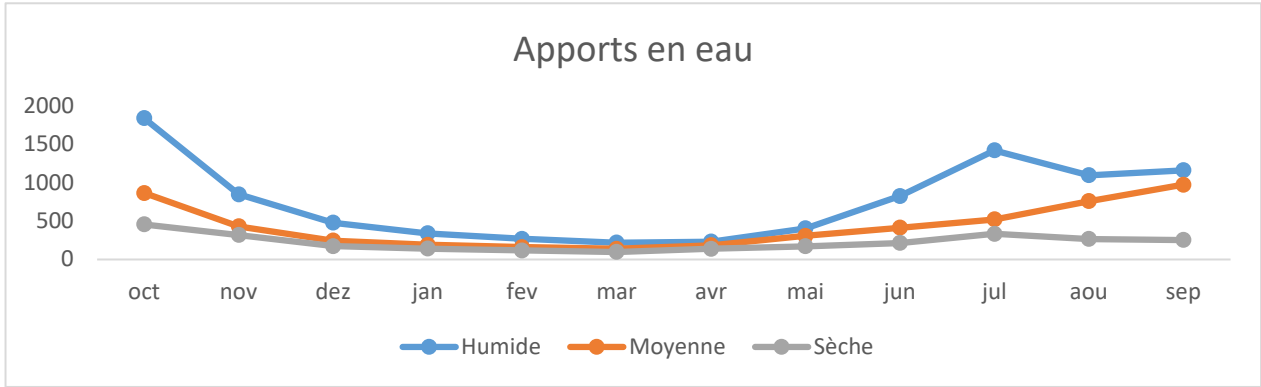
Données de base

Données hydrologiques

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

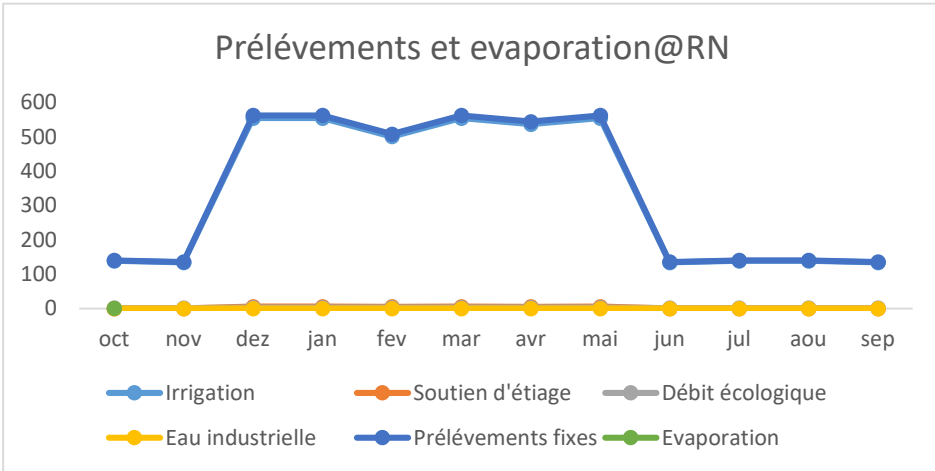
Années	oct	nov	dez	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aou	sep
Humide	1838	847	478	338	267	218	230	403	824	1419	1096	1159
Moyenne	864	430	243	190	159	137	183	307	413	520	757	972
Sèche	455	318	172	141	116	97	137	171	214	332	265	253

- 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

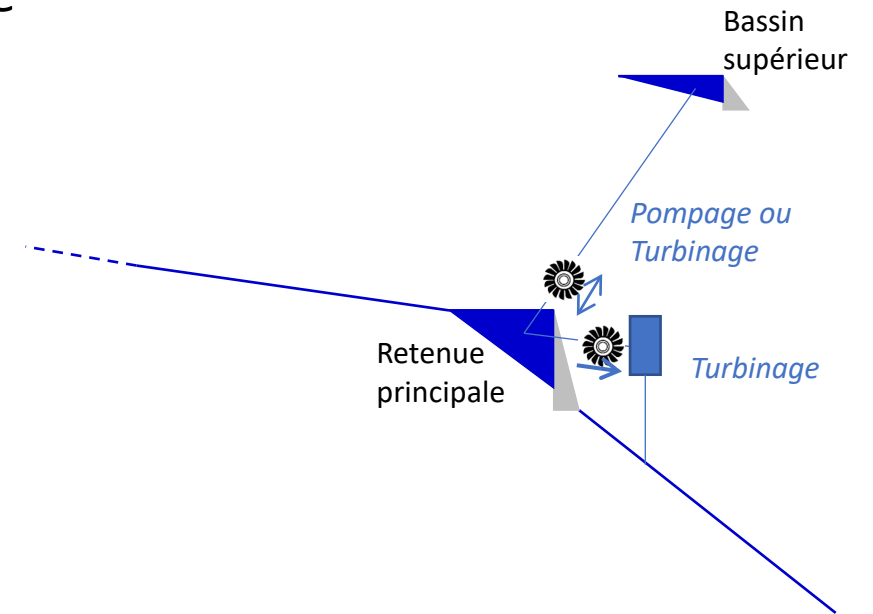
Question 2 en bref

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

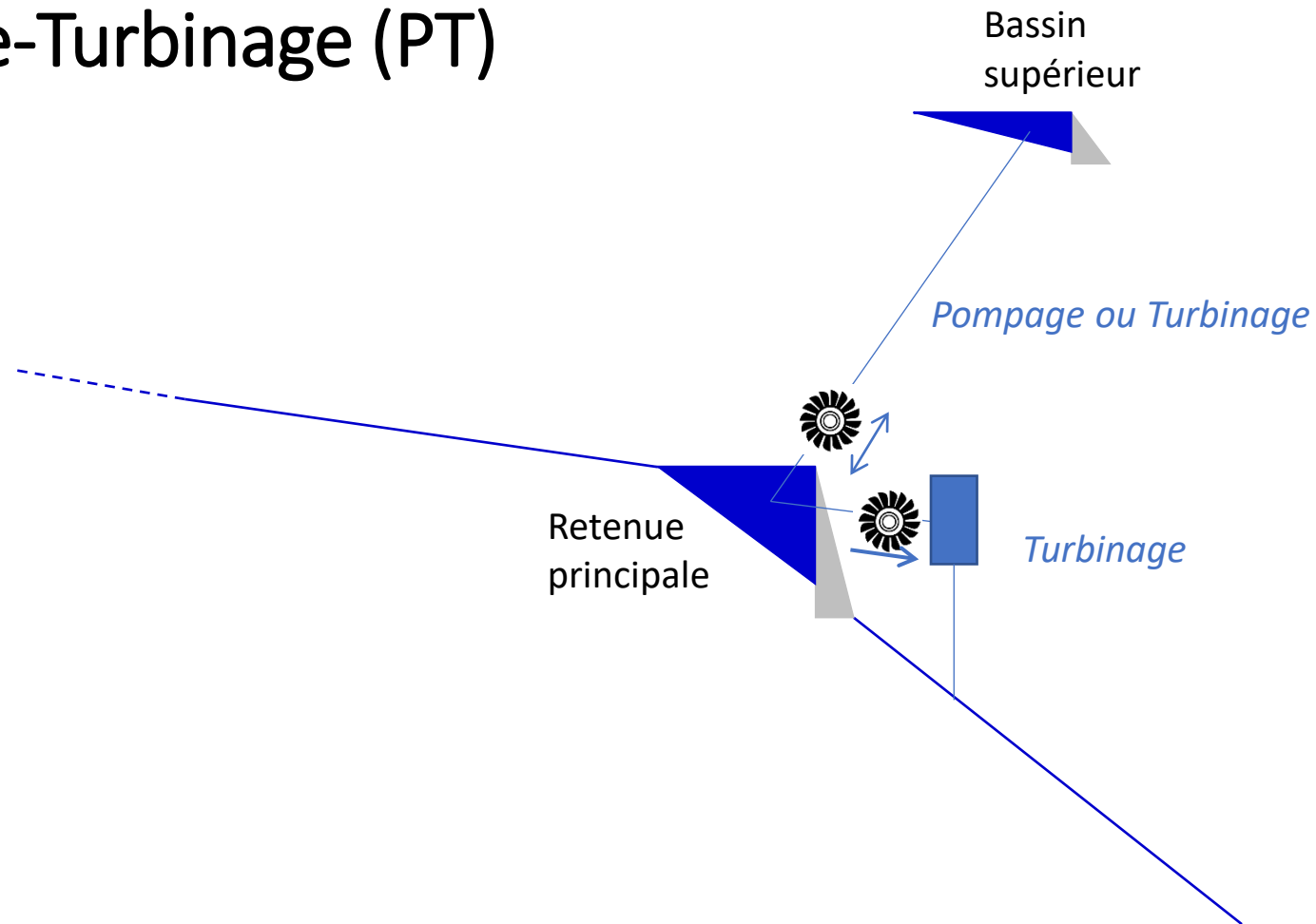
A) Planning de turbinage mensuel pour la retenue principale et de PT pour le bassin supérieur

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

+ Discussion des résultats

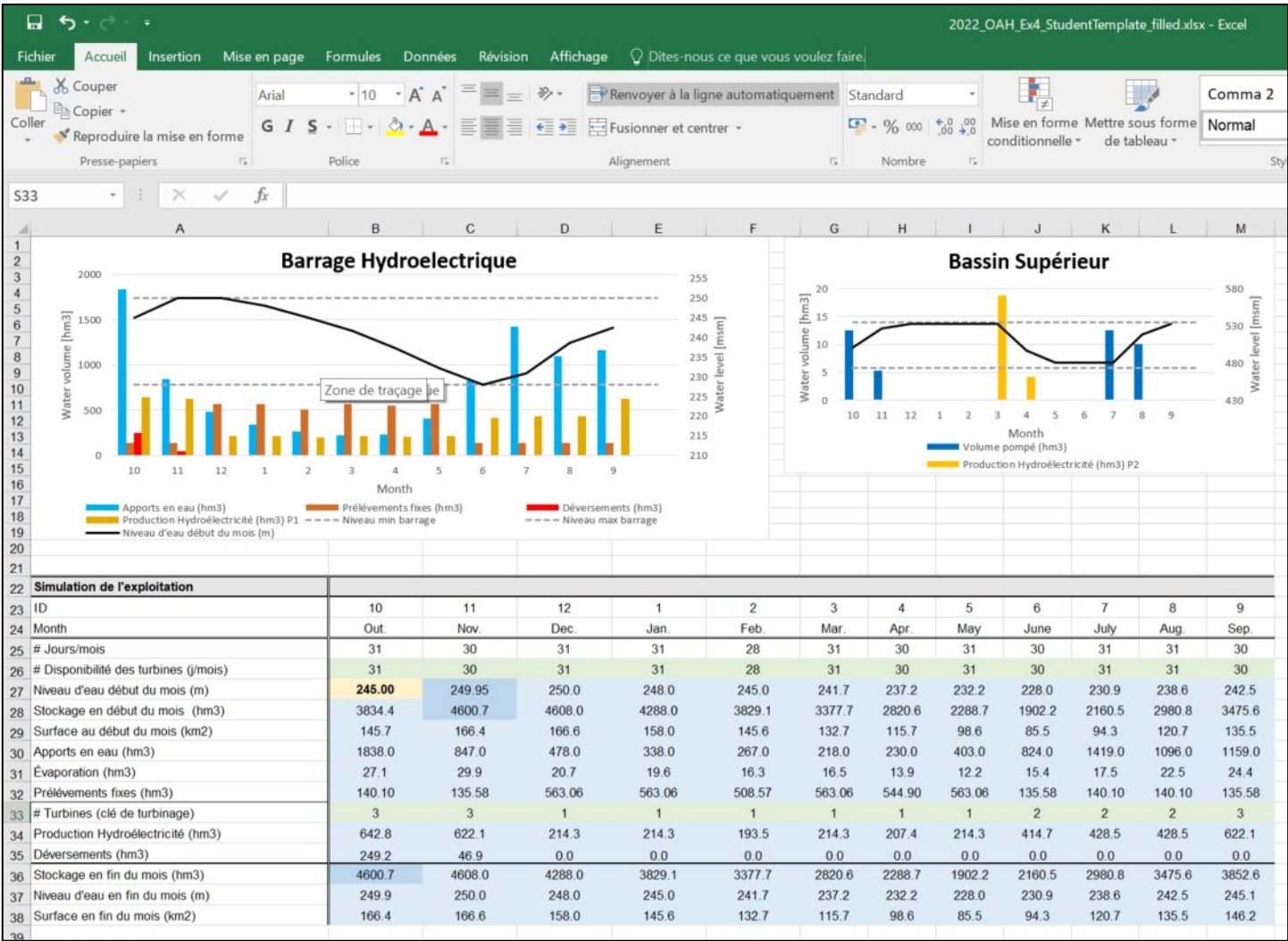


Pompage-Turbinage (PT)



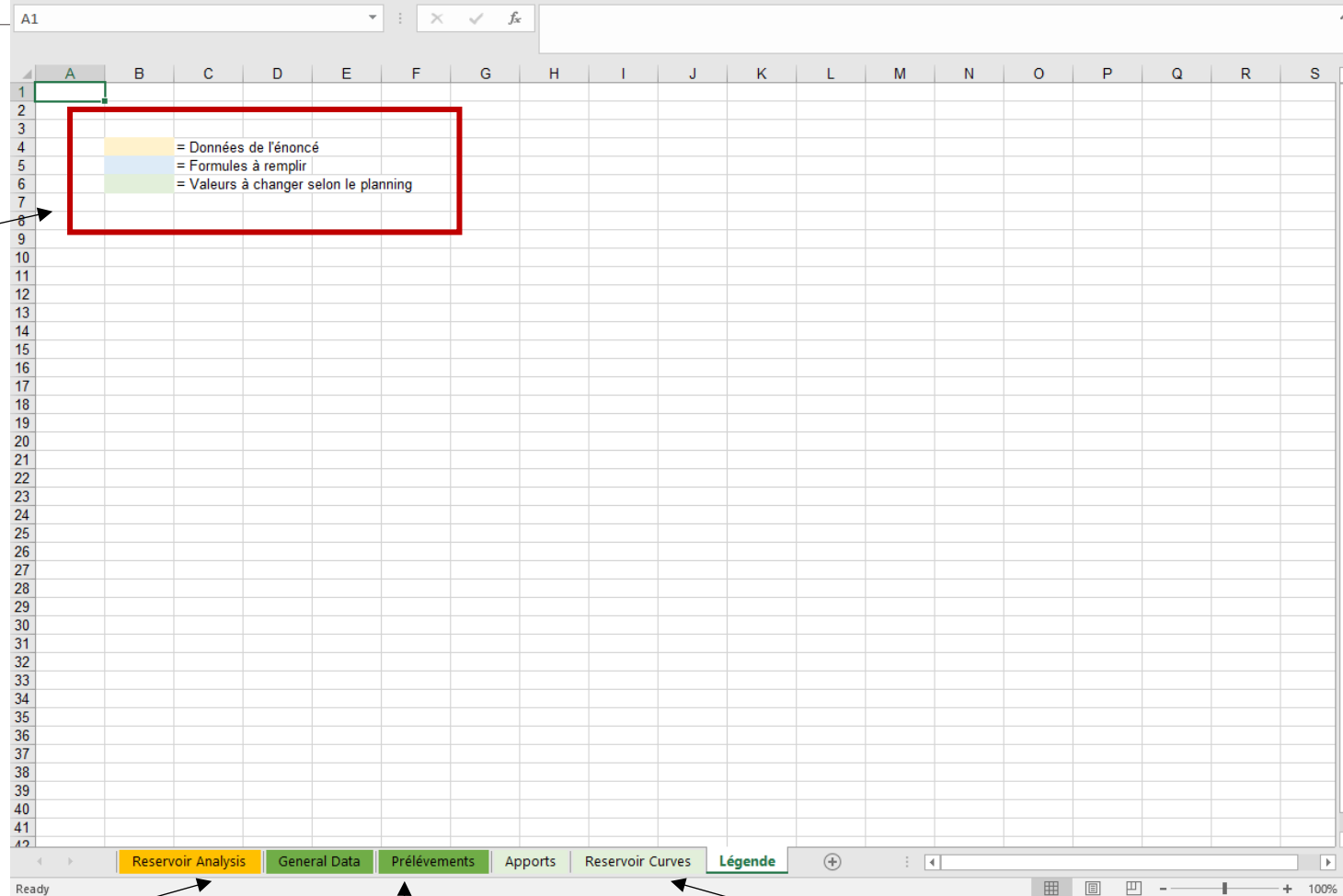
$$P_{\text{turbine}} = \rho g H Q_t \mu$$
$$P_{\text{pompe}} = (\rho g H Q_p) / \mu$$
$$\rightarrow Q_t \neq Q_p$$

Planning de turbinage – Fichier Excel – exemple rempli



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)

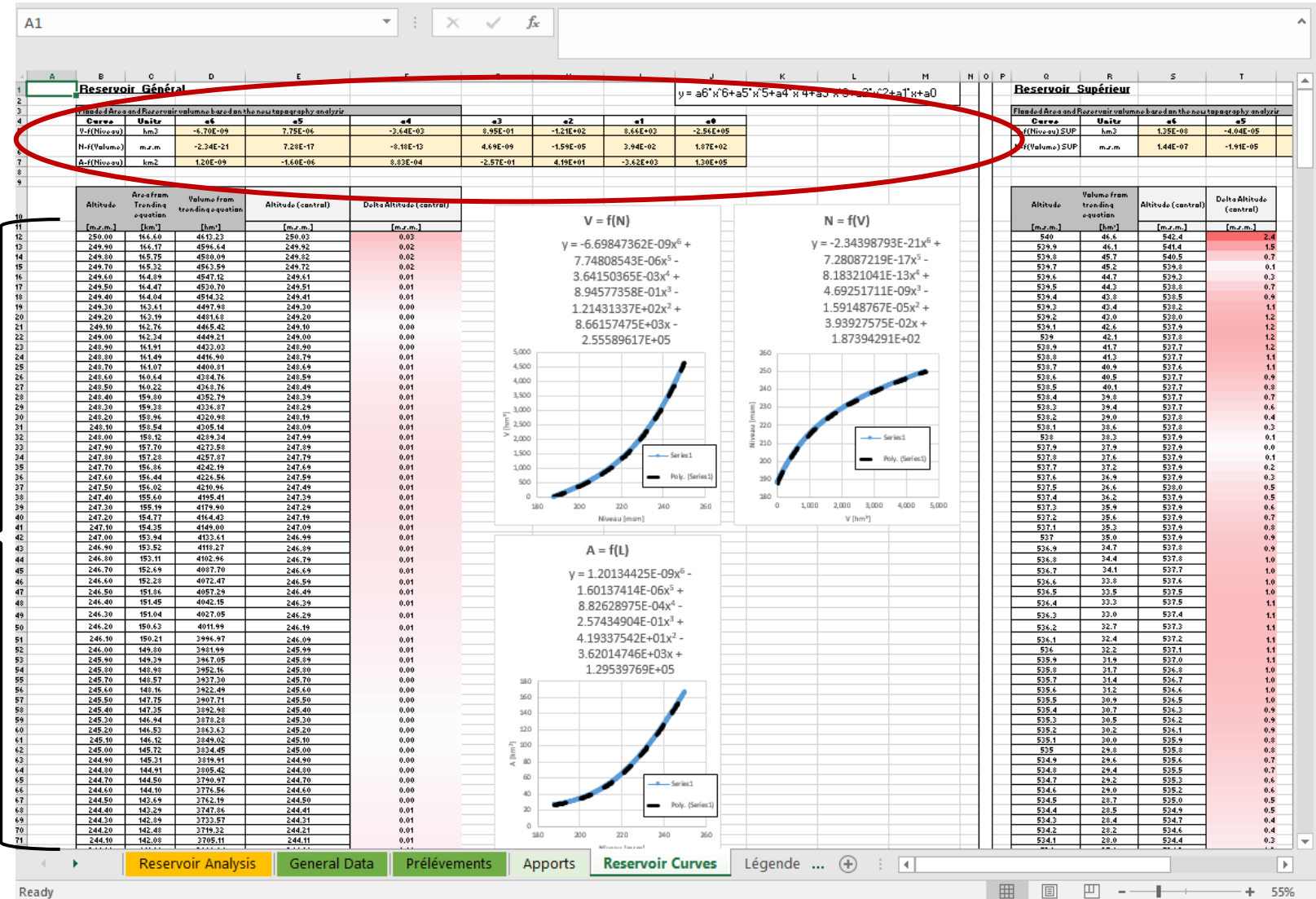
Reservoir Curves

Partie Gauche – Reservoir Générale

Partie Droite – Reservoir Supérieur (Question 2)

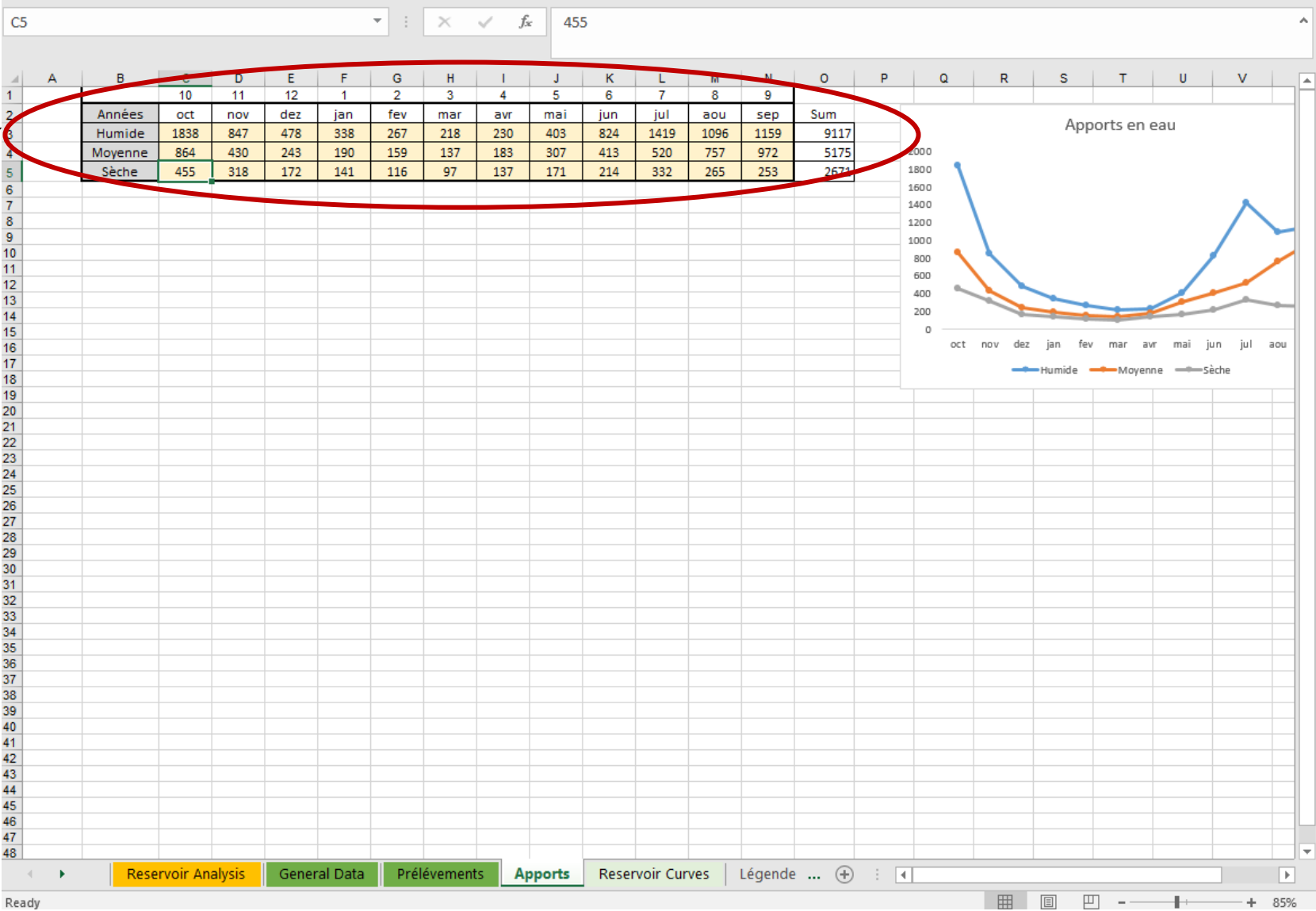
Utiliser le polynomial avec des coefficients dans le tableau pour convertir entre niveau, volume, superficie, etc.

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



Apports

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

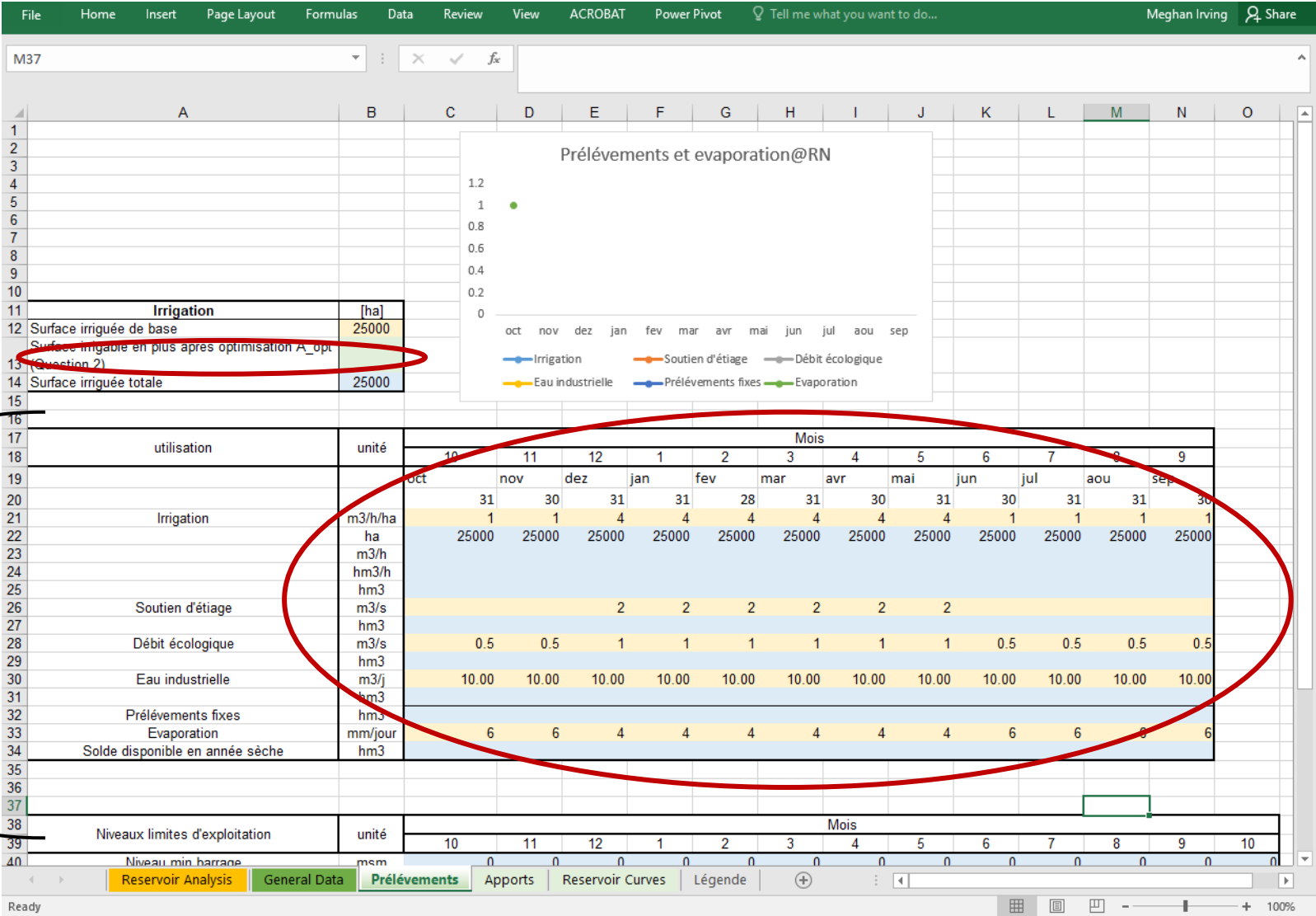


Prélèvements

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 'reservoir
analysis'



General Data

Partie Gauche – Reservoir Générale

Partie Droite – Reservoir Supérieur (Question 2)

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.

A1

</

Reservoir Analysis

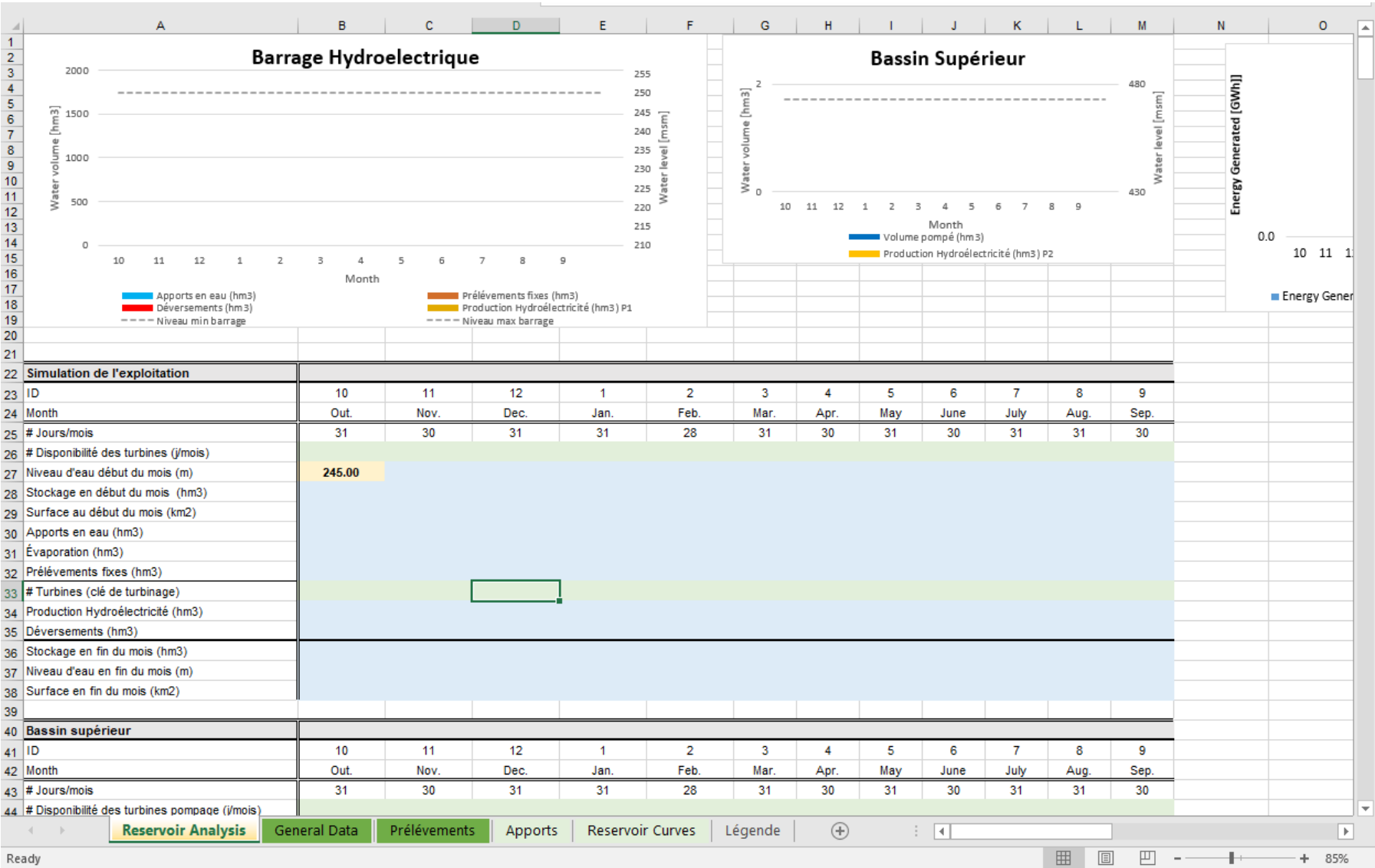
Formules à remplir par vous même.

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 réserveoir 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 bassin 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