Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

REMPLACEMENT 2024
Métropole - Réunion

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE
E7-2 ÉPREUVE INTÉGRATIVE

Option : GEMEAU

Durée : 150 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte 15 pages

NB : Les documents ont été modifiés pour les besoins de l'épreuve

---

SUJET

Optimisation de la gestion de l'eau de l'exploitation agricole de Bellegrave

Contexte

L'exploitation agricole de Bellegrave est située dans une zone de polyculture-élevage du département du Tarn-et-Garonne. Sa Surface Agricole Utile (SAU) de 110 ha comprend une parcelle de 22 ha de maïs irrigué avec un enrouleur. L'eau d'irrigation provient d'une retenue collinaire d'une capacité de 20 000 m^3 alimentée par une dérivation de la rivière Le Cérel. Le **document 1** présente le schéma de l'alimentation en eau de la parcelle.

À la suite de la reprise de cette exploitation, le nouvel agriculteur engage une réflexion globale sur la gestion de l'eau dans son exploitation. Pour anticiper une diminution éventuelle de la ressource en eau, il envisage de remplacer la culture du maïs par une culture de sorgho.

L'agriculteur fait appel au technicien irrigation de la Chambre d'Agriculture pour l'accompagner dans sa réflexion et le conseiller.

Situation professionnelle

En tant que technicien(ne) au sein de la Chambre d'Agriculture, vous êtes chargé(e) de :

- Vérifier la conformité de la retenue collinaire. **(3 points)**
- Évaluer la capacité de la retenue collinaire pour irriguer les cultures de l'exploitation. **(5 points)**
- Dimensionner et choisir la pompe d'irrigation. **(4 points)**
- Optimiser le pilotage du système d'irrigation. **(8 points)**

Dans le contexte de cette étude :

- Les pertes de charges dans la conduite d'aspiration seront négligées.
- Le terme de vitesse dans l'expression de la charge hydraulique est négligé.
- Les pressions sont exprimées en pression relative.
- Les altitudes sont exprimées en m NGF.

Partie 1 : Vérification de la conformité de la retenue collinaire (3 points)

L'utilisation d'une retenue collinaire doit répondre aux exigences réglementaires notamment en termes de continuité écologique, de débit réservé et de dimensionnement du déversoir de crue. Le débit réservé du Cérel à la hauteur de l'ouvrage est fixé à 2 L/s. La régulation des débits est réalisée par un seuil et un déversoir triangulaire comme indiqué dans le **document 2**. La relation débit/hauteur du déversoir triangulaire est donnée dans le **document 3**.

1. **Vérifier** le respect du débit réservé transitant par le déversoir triangulaire à partir des données des **documents 1 et 2**.

La retenue collinaire est équipée d'un déversoir de crue de 6 m de longueur et 90 cm de hauteur. Ce déversoir doit être capable d'évacuer un épisode de crue centennale. Le débit centennal en bout de retenue est estimé à 2,2 m^3/s. Le **document 4** présente des formules de dimensionnement hydraulique des déversoirs de crue. Pour cet ouvrage, la Direction Départementale des Territoires (DDT) impose une revanche de 40 cm supplémentaire au-dessus de la cote de crue centennale.

2. **Vérifier** que le dimensionnement du déversoir de crue respecte la hauteur de revanche imposée par la DDT.

<u>Partie 2</u> : Évaluation de la capacité de la retenue collinaire pour irriguer les cultures de l'exploitation (5 points)

Le **document 5** présente les données pédoclimatiques pour la culture du maïs sur la parcelle et la formule de calcul pour déterminer le débit d'équipement. En période de sécheresse, la retenue n'est plus alimentée par le cours d'eau. Dans cette configuration, le volume d'eau disponible pour l'irrigation correspond au volume de la retenue collinaire.

3. **Vérifier** la capacité de la retenue à couvrir les besoins en eau de la culture de maïs en période de sécheresse pour le mois de pointe.

4. **Proposer** à l'agriculteur deux solutions permettant d'adapter son système de production aux périodes de sécheresse.

L'agriculteur envisage de remplacer la culture du maïs par une culture de sorgho irriguée. Vous êtes chargé d'estimer le volume d'eau nécessaire pour irriguer la culture de sorgho au mois de pointe après une période de sécheresse ayant affecté la réserve utile du sol.

Données :

- Coefficients culturaux (Kc) pour la culture du sorgho

Mois	mai	juin	juillet	août
Kc du sorgho	0,4	0,6	1	0,9

- Surface de la parcelle : 22 hectares
- ETP moyenne au mois de pointe : 130 mm
- Pluies au mois de pointe : 9 mm
- Contribution du sol : 42 mm
- Pertes : 15 %

5. **Déterminer** le volume d'eau nécessaire pour irriguer la culture de sorgho.

6. **Vérifier** que le volume de la retenue est suffisant pour couvrir les besoins du sorgho au mois de pointe.

Partie 3 : Dimensionnement et choix de la pompe d'irrigation (4 points)

Le **document 6** présente le schéma des équipements en place sur l'exploitation. Les données hydrauliques du système d'irrigation sont présentées dans le **document 7**. Le **document 8** présente les courbes caractéristiques des pompes CAPRARI HVU 50.

7. **Vérifier** la capacité de la pompe existante à satisfaire les besoins en eau d'irrigation pour la culture du sorgho.

Vous envisagez de remplacer la pompe existante par un modèle de la gamme HVU 50.

8. **Choisir** la pompe à installer dans la gamme HVU 50.

Partie 4 : Optimiser le pilotage du système d'irrigation (8 points)

L'agriculteur souhaite optimiser le pilotage de son système d'irrigation pour limiter la consommation d'eau sans nuire au rendement de la culture. Il recherche un système simple à implanter comprenant un nombre réduit de sondes. Vous lui conseillez d'installer un système automatique qui déclenche l'irrigation en fonction d'une valeur « seuil » d'humidité du sol mesurée par des sondes.

Le **document 9** présente une comparaison des sondes tensiométriques et capacitives, avec leurs caractéristiques techniques.

9. **Choisir** le type de sonde adapté au projet. **Citer** ses avantages et ses inconvénients pour leur utilisation dans le contexte de cette exploitation.

En votre qualité de technicien, vous êtes chargé de l'installation des appareils de mesures.
Les **documents 10 et 11** présentent les caractéristiques techniques de la sonde choisie par l'agriculteur. La valeur « seuil » de déclenchement de l'irrigation est fixée à 20 % d'humidité volumique.

10. **Proposer** les emplacements d'installation les sondes retenues**.**

11. **Indiquer** la plage de mesure de l'humidité volumique et le signal transmis par la sonde.

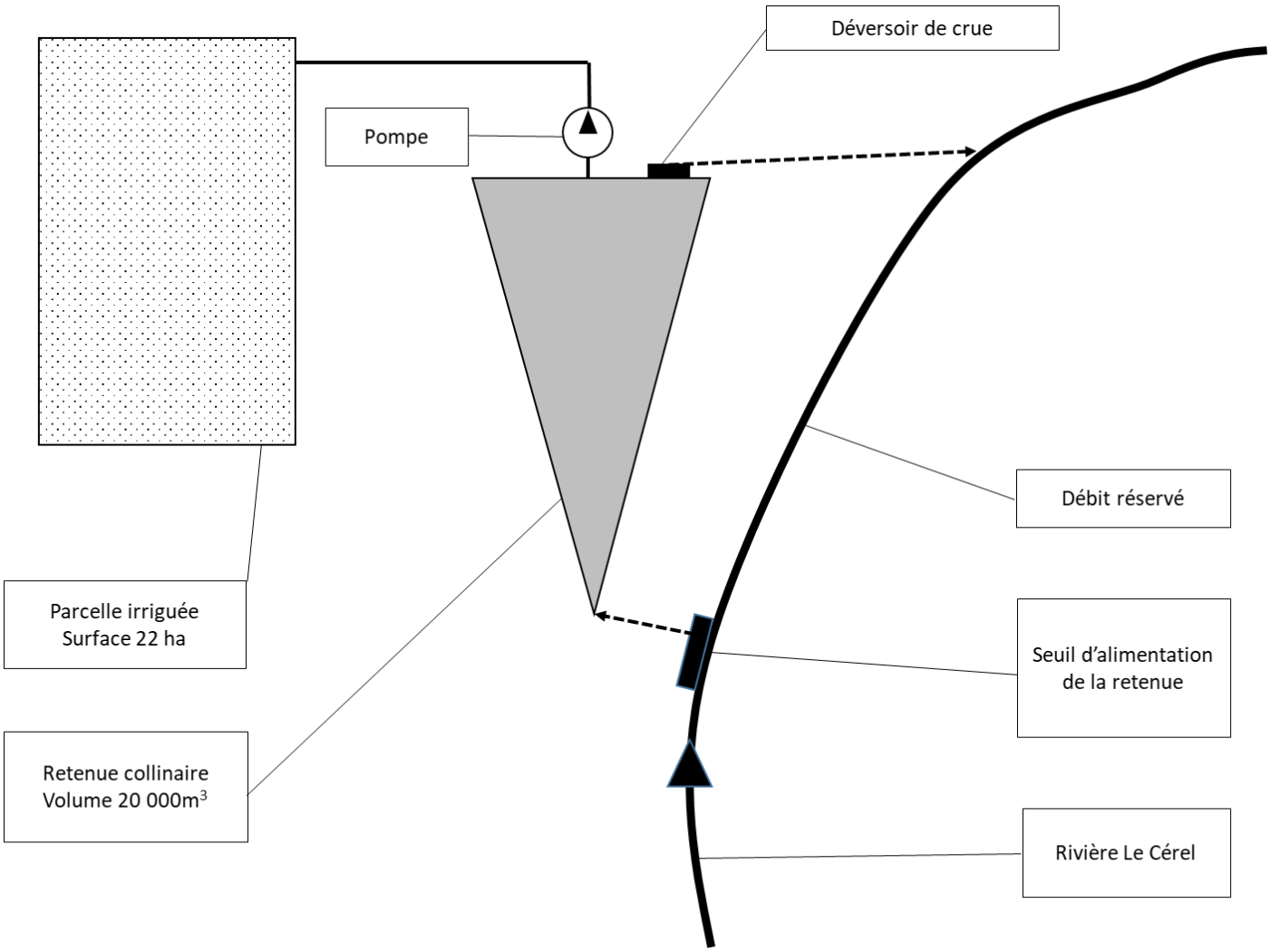
12. **Calculer** la valeur en tension du signal pour la valeur « seuil » permettant de déclencher l'irrigation.

Dans le cadre de la mission de conseil, vous sensibilisez l'agriculteur aux enjeux du changement climatique et à la nécessité d'adapter son mode d'irrigation à ce contexte.
Le magazine SCIENCES ET AVENIR, titrait dans son dossier spécial EAU (Juillet-Août 2023) :
« *Changer les techniques d'irrigation, la saison des semis, le choix des espèces cultivées : face à la pénurie de la ressource, les progrès de l'agronomie ne suffisent plus. Seule l'intégration des outils numériques permettra de maintenir les rendements avec toujours moins d'eau.* »
Le **document 12** présente un extrait de cet article.

13. **Proposer** à l'agriculteur un conseil sur les évolutions technologiques adaptées à son contexte lui permettant d'optimiser l'usage de l'eau d'irrigation sur son exploitation. Vous rédigerez votre proposition en 15 lignes au maximum.

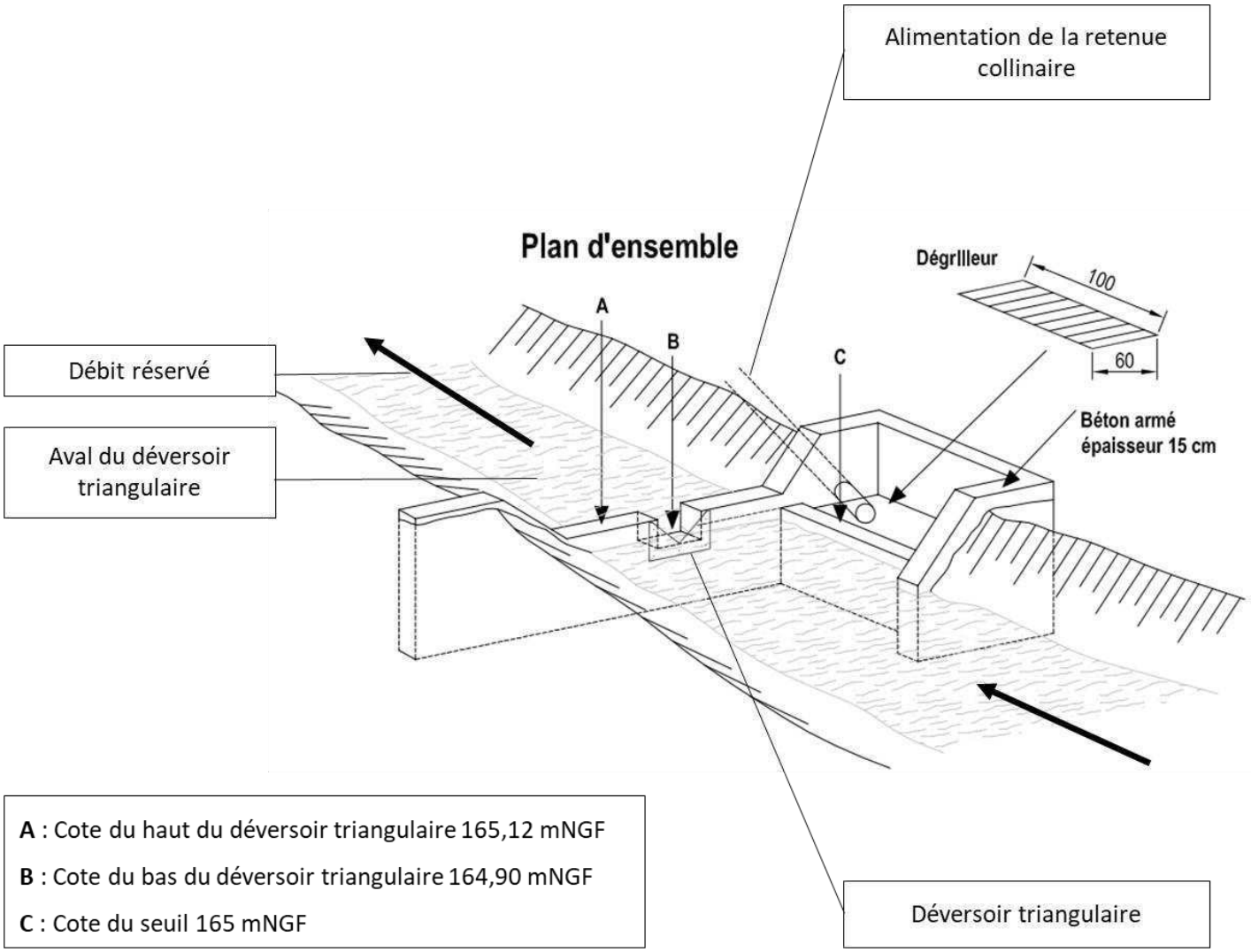
DOCUMENT 1

Schéma de l'alimentation en eau de la parcelle



DOCUMENT 2

Schéma du seuil d'alimentation de la retenue collinaire et du débit réservé du Cérel

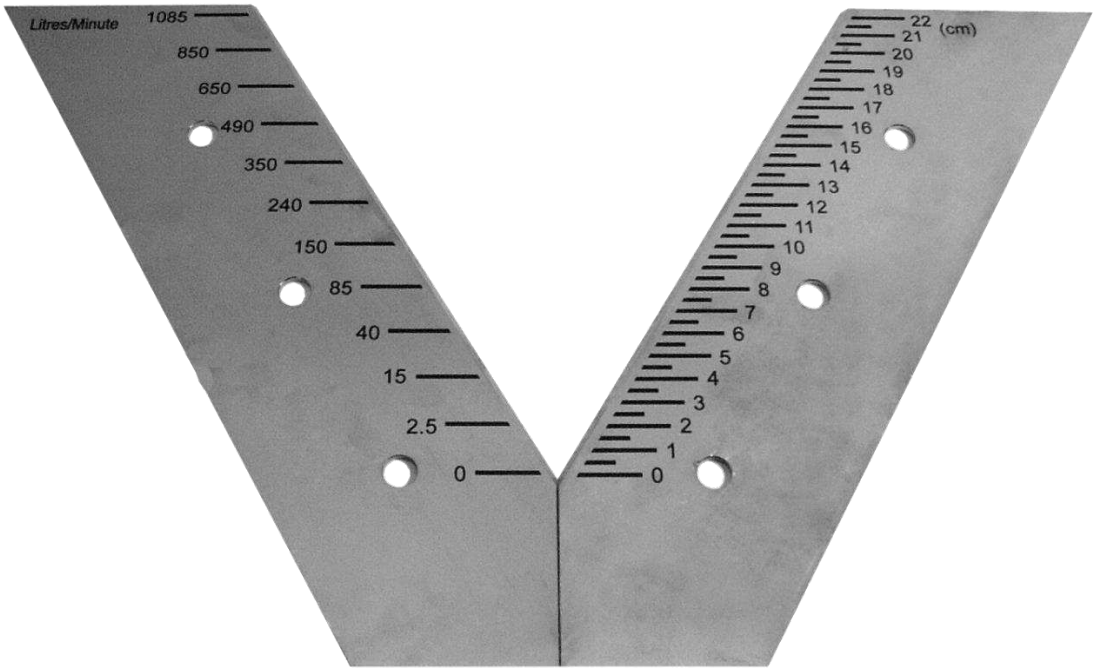


D'après un document de la DDT 81

DOCUMENT 3

Relation débit / hauteur du déversoir triangulaire

Débit en litres / minute **Hauteur en cm**



D'après un document V-NOTCH

DOCUMENT 4

Formules de dimensionnement hydraulique des déversoirs de crue

Formules du déversoir de crue :

$$H_0 = \left(\frac{Q^2}{m^2 . L^2 . 2g}\right)^{(\frac{1}{3})}$$

Avec Q = débit déversé (m^3/s) ;

m : coefficient du déversoir en fonction notamment du type d'ouvrage, ici l'ouvrage est en béton en paroi épaisse (m = 0,33) ;

L : longueur du seuil (en m) ;

H_0 : hauteur d'eau au-dessus du seuil (en m) ;

g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s^2).

DOCUMENT 5

Données pédoclimatiques pour la culture du maïs sur la parcelle et formule de calcul pour déterminer le débit d'équipement

Données :

- Coefficients culturaux (Kc) pour la culture du maïs

Mois	mai	juin	juillet	août	septembre
Kc du maïs	0,4	0,9	1,1	1	0,9

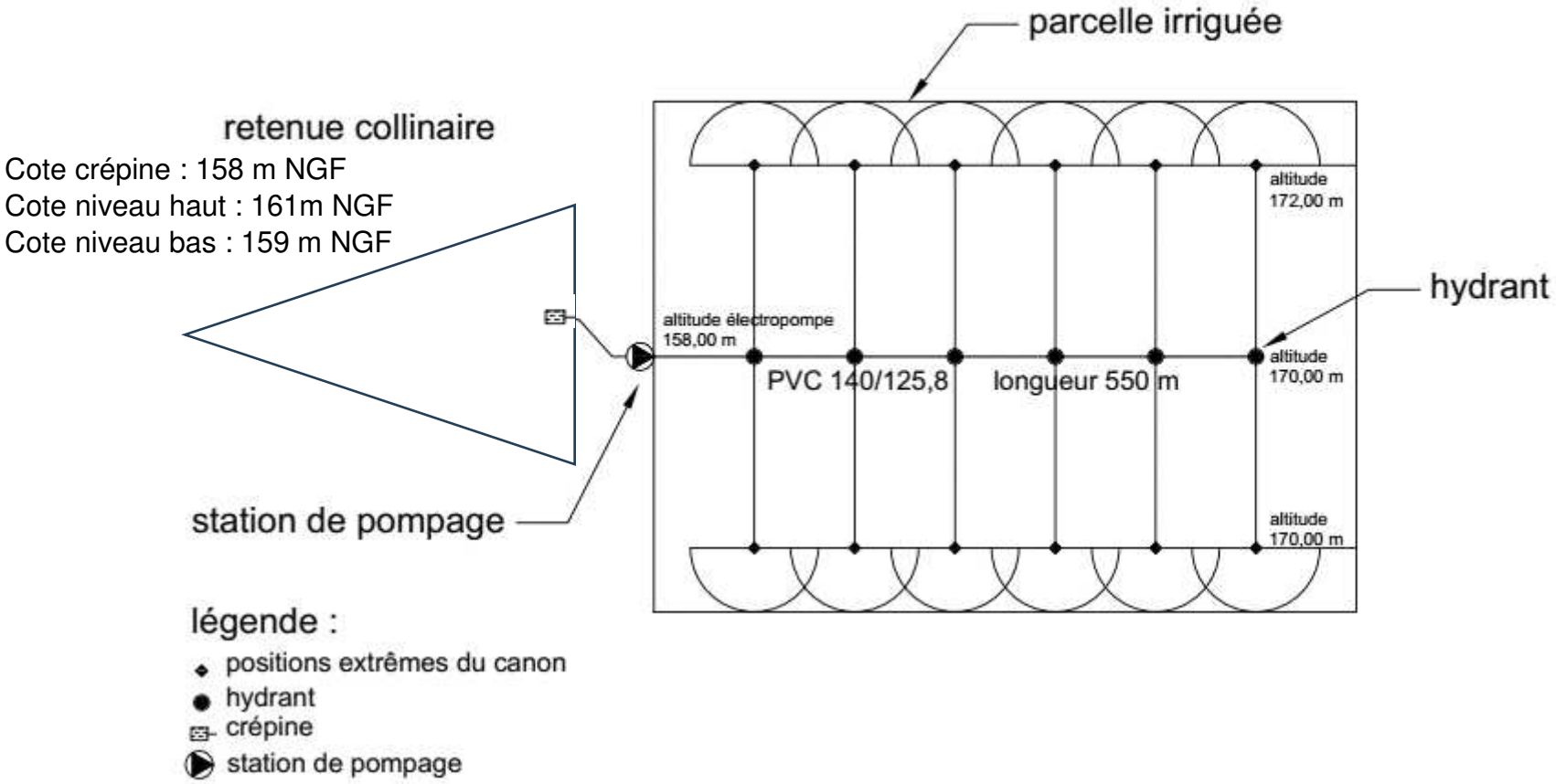
- Surface de la parcelle : 22 hectares
- ETP moyenne au mois de pointe : 130 mm
- Pluies au mois de pointe : 9 mm
- Contribution du sol : 42 mm
- Pertes : 15%
- Temps effectif d'irrigation : 16h par jour

Formule de calcul :

$$Q_{eq} = [\ B - P - S + \Delta\ ] / T$$

Q_{eq}	Débit d'équipement (m^3/h)
B	Besoin des cultures (m^3)
P	Pluie (m^3)
S	Contribution du sol (m^3)
Δ	Perte (m^3)
T	Temps effectif de l'irrigation (h)

<u>DOCUMENT 6</u> : Schéma et caractéristiques techniques du système d'irrigation



DOCUMENT 7

Données hydrauliques du système d'irrigation

L'agriculteur souhaite privilégier l'irrigation de nuit pour limiter les pertes d'eau par évaporation. Dans ces conditions, le débit nécessaire pour irriguer les 22 ha de cultures de sorgho est de 65 m^3/h.

Le canon d'arrosage nécessite une pression de 5 bar pour un fonctionnement optimal. Le polyéthylène de l'enrouleur et son moteur hydraulique positionnés en amont du canon induisent 3 bar de pertes de charge.

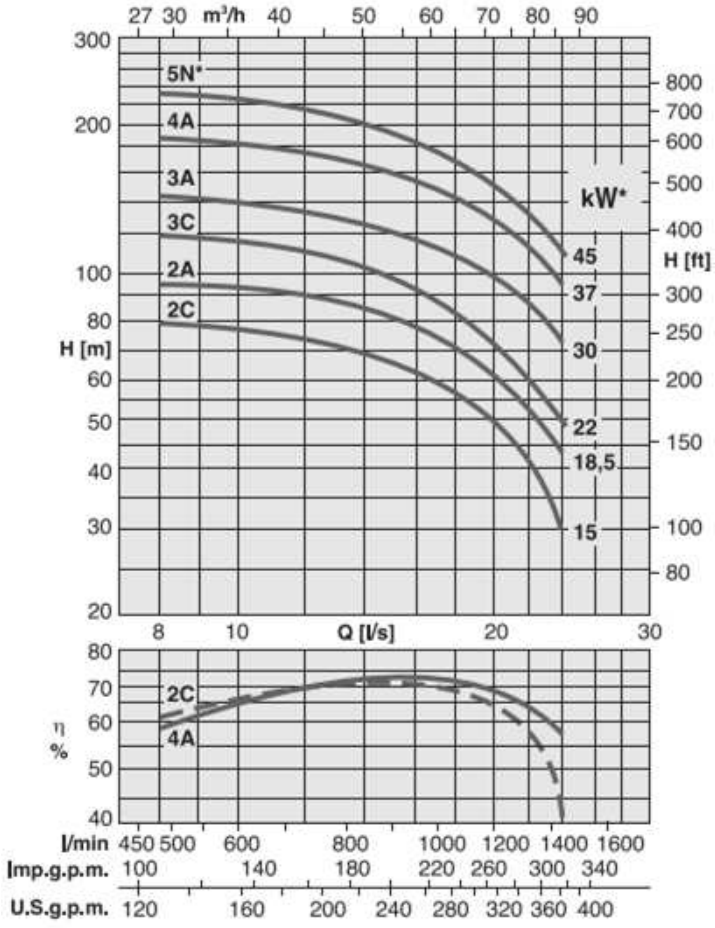
Les pertes de charge linéaires dans la canalisation de refoulement sont estimées à 1,5 mCE pour 100 m de longueur.

Les pertes de charge singulières dans la canalisation de refoulement sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires.

DOCUMENT 8

Courbes caractéristiques des pompes HVU 50

D'après le catalogue CAPRARI – 2006



DOCUMENT 9 : Comparaison des sondes tensiométriques et capacitives

Les sondes tensiométriques

La tensiométrie possède la particularité de ne pas mesurer directement la quantité d'eau présente dans le sol mais sa disponibilité pour la plante. Autrement dit, les sondes tensiométriques mesurent la force que la racine doit déployer pour extraire l'eau du sol. Cette mesure est exprimée en centibars (cbars).

Les sondes Watermark sont assurément le matériel de mesure le plus connu dans le monde agricole. Le principe de fonctionnement est simple : un morceau de gypse placé au bout de la sonde réagit aux différentes tensions de l'eau dans le sol. Les variations électriques occasionnées sur la pierre sont transmises à un boîtier qui traduit cet influx électrique en tensions. Les valeurs des tensions mesurées sont comprises entre 0 cbars lorsque le sol est saturé en eau à 200 cbars lorsque le sol est totale desséché.

La tensiométrie permet d'avoir une mesure rapide, mais ponctuelle et limitée en profondeur. L'association de plusieurs sondes à différentes profondeurs est souvent utilisée en réponse à ce problème. Généralement, 6 tensiomètres sont installés par parcelle suivie, à 2 profondeurs différentes (30 et 60 cm en grandes cultures). Les mesures peuvent être effectuées de 2 façons :

Manuellement, avec un boîtier de lecture portatif qui fournira une mesure instantanée. Aucun enregistrement des données possible et il donc nécessaire de se déplacer dans la parcelle tous les 2 à 3 jours pour suivre l'évolution des tensions	**Automatiquement**, avec un boîtier fixe qui enregistrera les données à intervalle de temps défini. Il est possible de mettre en place sur ces boîtiers, une télétransmission vers un ordinateur par système GPRS, ce qui permet de consulter en quasi temps réel les tensions mesurées. Sans cette télétransmission, il faut se rendre sur la parcelle avec un appareil type « tablette » prévu pour relever l'historique des enregistrements, puis les transférer sur ordinateur pour leur lecture.

Les sondes capacitives

Le principe des sondes capacitives est de mesurer via la « permittivité diélectrique du sol », une humidité du sol. Cela permet de connaître le stock d'eau (en mm) sur la profondeur explorée par la sonde.

Il existe 2 types de sondes capacitives : les fixes qui mesurent en continu l'humidité du sol dans un lieu donné de la parcelle et des sondes mobiles que l'on déplace à plusieurs endroits dans une ou plusieurs parcelles, où des tubes sont déjà implantés.

Chaque sonde est équipée de plusieurs capteurs disposés dans un tube, les uns en dessous des autres, tous les 10 cm. Ainsi, pour chaque horizon de 10 cm de sol, la sonde fournit un pourcentage d'humidité, convertissable en millimètres d'eau. Exemple : 30 % d'humidité pour l'horizon 0-10 cm signifie qu'il y a 30 mm d'eau dans cet horizon de 10 cm de profondeur.
Généralement, les données enregistrées sont transmises sur serveur par un modem GPRS. Elles sont ensuite compilées sous forme de graphiques.

D'après le document : Les outils d'aide au pilotage de l'irrigation Chambre d'Agriculture du Tarn

DOCUMENT 9 (suite et fin)

Comparatif sondes tensiométriques - capacitives

	Mesure de l'humidité volumique (%) ou mm d'eau	Mesure de la tension de l'eau dans le sol
	Sondes capacitives	Sondes Watermark ®
Les +	- capteurs de bonne qualité donnant des valeurs en % d'humidité volumique ou mm d'eau moyennant un étalonnage mesures précises ; - mesures en continu, enregistrement et télétransmission possible pour les sondes fixes ; - visualisation directe de l'enracinement efficient des plantes par zone de prélèvement et de son évolution dans le temps ; - permet d'apprécier la porosité ou la compaction du sol par horizon et éventuellement de diagnostiquer des problèmes agronomiques (croûte de battance, semelle de labour, ...).	- bon rapport qualité / prix - des méthodes avec seuils référencés IRRINOV® - mesures en continu, enregistrement et télétransmission possible pour les sondes fixes
Les -	- coût élevé - volume de sol mesuré faible (quelques centimètres autour du capteur) - pose minutieuse et délicate du tube d'accès ou du capteur - étalonnage nécessaire pour mesurer précisément l'humidité du sol - l'interprétation des mesures demande de la technicité	- volume de sol mesuré faible (quelques centimètres autour du capteur) - nécessité de poser plusieurs tensiomètres à différentes profondeurs - installation fastidieuse des tensiomètres - plages de mesures limitées et donc parfois peu adaptées aux conduites en irrigation restrictive à tension élevée - l'interprétation des mesures demande de la technicité - possibilité d'imprécisions (mauvais positionnement, usure prématurée de la sonde...)
Les aspects tech-niques	- 1 sonde par parcelle ou par type de sol - disposition du site de mesures en début de tours d'eau du bloc d'irrigation - positionnement à 20 cm du rang pour le maïs et le sorgho / dans le rang pour les céréales et les pois	- 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm pour chaque parcelle ou par type de sol - disposition du site de mesures en début de tours d'eau du bloc d'irrigation - positionnement à 20 cm du rang pour le maïs et le sorgho / dans le rang pour les céréales et les pois

DOCUMENT 10

Caractéristiques techniques des sondes installées

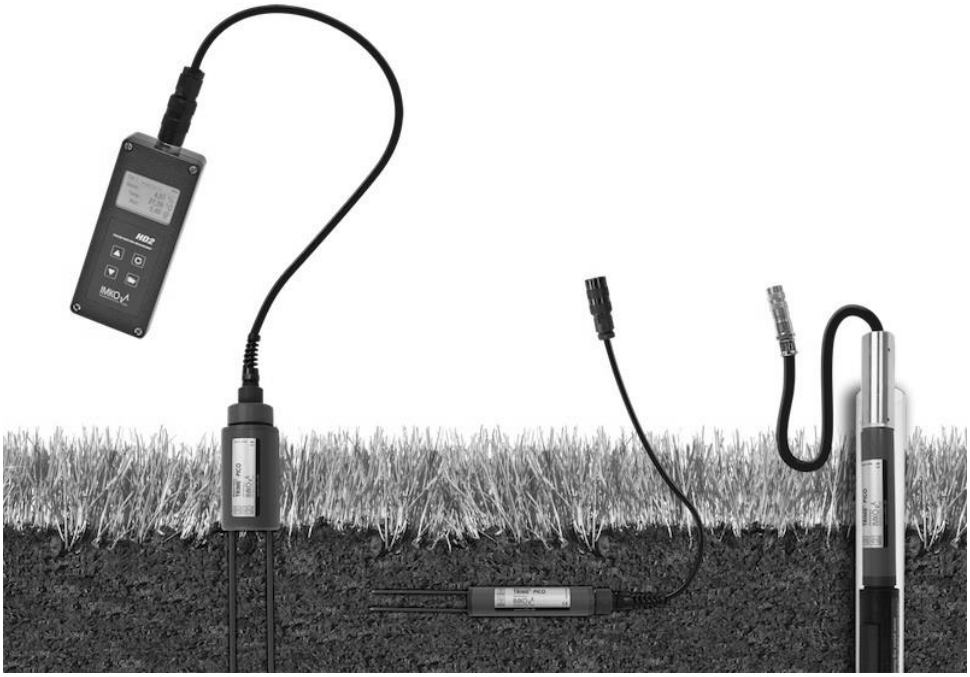
Extrait d'un document de SDEC

Caractéristiques :

- Unité de mesure : humidité volumique, ou teneur volumique en eau (Volume d'eau/Volume de sol, en %).
- Gamme de mesure : 0 % à la saturation (env.50 %).
- Alimentation électrique : 4 piles alcalines AAA.
- Dimensions des pointes : Longueur : 7,5 cm, 12 cm ou 20 cm (à commander séparément).
- Connectivité fiable et aisée (signal analogique 0 - 1V ou bus de données IMP 232).
- Aucun entretien.
- Utilisation aisée.

DOCUMENT 11

Boîtier de lecture Trime HD avec sondes TDR Pico et IPH



DOCUMENT 12

Extraits du dossier spéciale EAU du magazine SCIENCES ET AVENIR

Juillet-Août 2023 Loïc Chauveau

« Changer les techniques d'irrigation, la saison des semis, le choix des espèces cultivées : face à la pénurie de la ressource, les progrès de l'agronomie ne suffisent plus. Seule l'intégration des outils numériques permettra de maintenir les rendements avec toujours moins d'eau. ».

Des innovations pour cultiver mieux avec moins d'eau

« …Depuis les années 1980, de très nombreux travaux ont été menés pour améliorer les engins par aspersions, notamment en optimisant la dispersion des gouttelettes d'eau et orientant mieux les angles d'arrosage des canons. Mais ces progrès techniques plafonnent et, surtout, ne permettent plus de répondre aux enjeux du changement climatique. La hausse des températures, une pluviométrie plus erratique et des périodes de sécheresse plus longues bousculent les habitudes des irrigants. Si en France, la part des terres irriguées est de 12 % (contre 73 % au Portugal, 61 % en Espagne, et 24 % en moyenne en Europe), 90 % des prélèvements s'effectuent en fin de printemps et en été, lorsque les rivières sont à l'étiage et les nappes phréatiques au plus bas. Ainsi, le plan sécheresse 2023 du gouvernement interdit toute irrigation par aspersion entre 9 heures et 20 heures cet été en cas d'alerte renforcée. La situation est particulièrement dramatique en Nouvelle-Aquitaine où la hausse moyenne des températures est en train de « méditerranéiser » un climat auparavant océanique, ainsi que le décrit l'étude de l'agence de l'eau Adour-Garonne dans une prospective à 2050, avec des conséquences irréversibles sur la biodiversité et les cultures. »

[…]

Les satellites à la rescousse

Les satellites permettront-ils bientôt de fixer les besoins en eau des cultures et, surtout, les surfaces qui ont été irriguées ? « Les données satellitaires informent déjà de l'état général du couvert végétal, explique, Nicolas Baghdadi, chercheur à l'Inrae. Les satellites européens Sentinel du programme Copernicus nous donnent désormais accès à la teneur en humidité des sols. » l'idée est donc de coupler les données de télédétection obtenues conjointement par les imageries radar et optique. Les deux technologies associées effacent l'obstacle des nuages par exemple, ce qui permettra à terme de fournir des informations sur l'état d'humidité des sols, actuellement sur une fourchette de 5 jours. Ce laps de temps est aujourd'hui trop important puisqu'en été, un sol arrosé met moins de 3 jours à s'assécher. Mais les chercheurs estiment pouvoir très bientôt donner une idée très précise de l'usage de l'eau par l'agriculture.

Et dénoncer ainsi ceux qui ne respecteraient pas les règles du jeu des quotas, lesquels devraient se durcir au fur et à mesure que les températures grimperont.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.