



Version 8

Pompage

Mon premier projet



PVsyst SA
www.pvsyst.com

Sommaire

1	Approche de base - Mon premier projet	3
1.1	Premier contact avec PVsyst	3
1.2	Tests de Pompage	4
1.3	Systèmes de Pompage depuis un Lac ou une Rivière.....	7
2	Procédure pour le développement d'un système de pompage.	9
2.1	Création de la première variante pour votre projet	10
2.2	Définition des besoins en eau.....	12
2.3	Définition du système	16
2.4	La pompe.....	17
2.5	Le champ photovoltaïque	20
2.6	Contrôleur + Conditionnement de puissance	21
3	Exécution de la première simulation.....	22

1 Approche de base - Mon premier projet

1.1 Premier contact avec PVsyst

Les "Systèmes de pompage" dans PVsyst concernent exclusivement des systèmes de pompage **autonomes**, qui fonctionnent selon la disponibilité du soleil, sans utiliser de stockage électrique ni être connectés au réseau. Ces systèmes se composent généralement de :

- **Une ou plusieurs pompes,**
- **Un champ photovoltaïque,**
- **Un contrôleur ou une unité de conditionnement d'énergie,** parfois accompagné d'une petite batterie de secours (très rarement).

Pour bien mettre en œuvre de tels systèmes, il est essentiel de définir avec précision :

- **Le circuit hydraulique** (qu'il s'agisse de puits, de forages, de pompage dans un lac ou d'un système de pressurisation),
- **Les besoins en eau,**
- **La hauteur manométrique,** en fonction du débit et d'autres paramètres potentiels,
- **Un réservoir de stockage.**

D'autres contraintes peuvent également être prises en compte, comme le rabattement maximal dans un puits profond ou encore la gestion d'un réservoir plein.

Fonctionnement du système :

Le système fonctionne en ajustant la puissance de la pompe en fonction de la puissance disponible du générateur photovoltaïque à un moment donné. La hauteur de charge (ou de chute) est déterminée par des conditions externes telles que la différence de niveau, les pertes de charge dans les tuyaux ou le rabattement dans un puits profond. Par conséquent, le débit d'eau sera directement lié à la puissance instantanée fournie par le générateur PV.

Modélisation dans la simulation :

La simulation requiert un modèle complet de la pompe pour déterminer le débit en fonction des conditions de puissance et de hauteur. Comme la hauteur de chute totale varie en fonction du débit (notamment en raison des pertes de charge dans les canalisations ou du rabattement), le point de fonctionnement est évalué par approximations successives.

Avantages des systèmes autonomes :

L'un des principaux avantages de ces systèmes est l'absence de batterie, ce qui réduit les coûts de maintenance liés au remplacement des batteries. Le stockage se fait par accumulation d'eau dans un réservoir, ce qui permet d'éviter l'usage de batteries. Cependant, cela implique l'utilisation d'une pompe capable de fonctionner sur une large plage de puissances.

1.2 Tests de Pompage

Avant de forer un puits, il est essentiel de se poser quelques questions clés, telles que :
« **Quelle quantité d'eau pourrai-je pomper à court et moyen terme, et quelle sera sa qualité ?** »
Pour y répondre, un **test de pompage** doit être réalisé.

Qu'est-ce qu'un test de pompage ?

Le principe est simple : on extrait de l'eau d'un puits ou d'un forage, ce qui fait baisser le niveau d'eau.

Pendant cette opération, on mesure le niveau d'eau et le débit sur une période donnée, en observant également d'autres paramètres.

L'analyse des variations du niveau d'eau permet de déterminer les performances du forage et les propriétés hydrauliques de l'aquifère.

Il existe différents types de tests, qu'ils soient intermittents ou continus, de courte ou de longue durée, avec des débits faibles ou élevés.

Une des difficultés majeures de l'étude des eaux souterraines est que l'aquifère n'est pas visible directement.

On ne peut déduire les informations sur le forage et l'aquifère qu'en observant comment le niveau d'eau réagit au pompage.

Objectifs des tests de pompage

Les tests de pompage sont utilisés pour diverses raisons, notamment :

- **Évaluer la performance à long terme d'un forage :**
Cela permet de déterminer si le forage est efficace et combien de personnes il peut desservir.
- **Évaluer les performances hydrauliques du forage :**
On analyse les caractéristiques du débit et du rabattement pour mieux comprendre son fonctionnement.
- **Déterminer les propriétés hydrauliques de l'aquifère :**
Le test de pompage est la méthode principale pour évaluer la transmissivité et le coefficient de stockage de l'aquifère, ou pour détecter d'éventuelles limites hydrauliques.
- **Tester les équipements :**
On vérifie le bon fonctionnement du matériel de pompage et d'observation pour assurer une exploitation sûre et efficace.
- **Analyser les effets sur les forages voisins :**
Le test permet d'évaluer les impacts du pompage sur les autres forages, notamment les interférences possibles.
- **Évaluer l'impact de l'extraction sur l'environnement.**
- **Obtenir des informations sur la qualité de l'eau.**
- **Anticiper des problèmes potentiels**, comme le pompage d'eau salée ou polluée après des périodes prolongées.

- **Déterminer les conditions de fonctionnement optimales** : choisir la station de pompage la mieux adaptée pour une utilisation à long terme, et estimer les coûts potentiels de pompage ou de traitement.
- **Décider de la profondeur idéale pour installer la pompe** dans le forage.

Différents types de tests

- **Test par paliers** : Ce test vise à établir la relation à court terme entre le débit et le rabattement du forage. Il consiste à pomper par étapes successives, en augmentant progressivement le débit à chaque palier, jusqu'à atteindre le rendement maximal estimé du forage.
- **Test à débit constant** : Ce test consiste à pomper à un débit constant sur une durée plus longue que dans un test par paliers. Son objectif principal est de fournir des données sur les propriétés hydrauliques de l'aquifère. Les informations sur le coefficient de stockage ne peuvent être obtenues que si des forages appropriés sont utilisés pour les observations.
- **Test de remontée** : Après l'arrêt du pompage, ce test mesure la remontée des niveaux d'eau. Il est souvent réalisé après un test à débit constant ou par paliers et sert à valider les caractéristiques de l'aquifère observées. Toutefois, il n'est valable que si un clapet anti-retour est installé pour empêcher l'eau de revenir dans le forage.

Ces tests peuvent être réalisés séparément ou combinés. En général, une série complète commence par un test par paliers pour définir le débit du test à débit constant, et se termine par un test de remontée. Le processus peut être adapté en fonction de la taille des forages, avec des variations dans les débits de pompage, la durée des tests et la complexité des systèmes d'observation.

Dans PVsyst on prend la référence au niveau du sol, on a (cf fig) :

$$HT = HG + HS + HD + HF$$

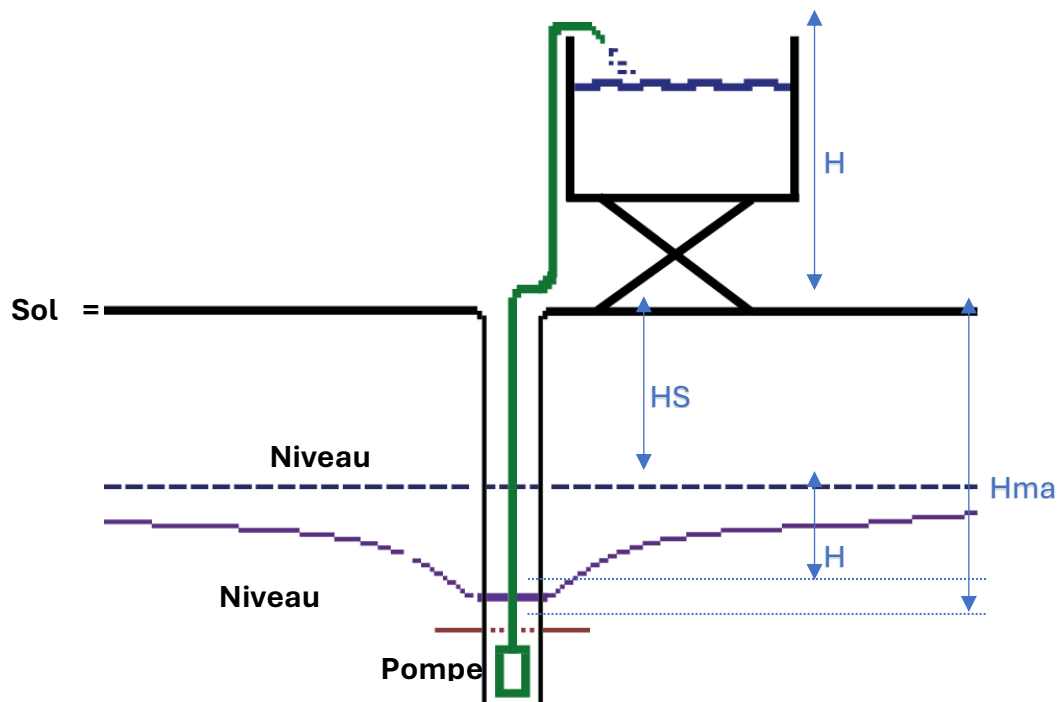
où :

HG = Hauteur de la colonne d'eau entre le sol et le remplissage du réservoir

HS = Hauteur de chute statique due à la profondeur du niveau d'eau dans le puits, en l'absence de tout pompage.

HD = Hauteur dynamique de "rabattement" : dans un forage, le niveau d'eau effectif est dynamiquement abaissé par l'extraction du débit d'eau (voir ci-dessous). Elle dépend du débit, à chaque instant.

HF = Pertes par frottement dans le circuit de tuyauterie, qui dépendent du débit.



1.3 Systèmes de Pompage depuis un Lac ou une Rivière

Les systèmes de pompage à partir d'un lac ou d'une rivière fonctionnent de manière similaire à ceux des forages ou puits, mais avec certaines simplifications techniques :

La pompe peut être installée près de la source, à une distance maximale de 5 m au-dessus de la surface de l'eau. Cette distance doit être encore plus réduite en altitude pour éviter les problèmes de cavitation.

Il n'est pas nécessaire d'utiliser une pompe submersible, ce qui rend le système moins coûteux et facilite l'entretien de la pompe.

Il est important de noter que la pression ou la hauteur manométrique dépend principalement de la différence entre les niveaux d'entrée et de sortie de l'eau. La pompe doit être capable de fournir une hauteur totale qui résulte de plusieurs facteurs combinés.

Dans PVsyst nous prenons la référence au niveau du sol, nous avons (cf fig) :

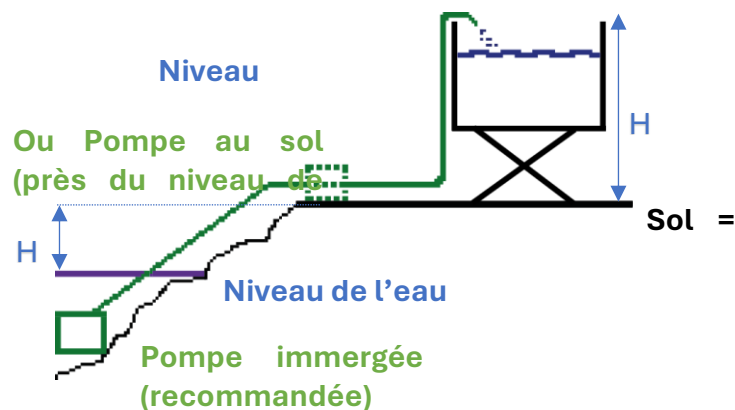
$$HT = HG + HS + HF$$

où :

HG = Hauteur manométrique due à la hauteur du tuyau de sortie au-dessus du sol (en supposant que la pression de sortie est négligeable).

HS = Hauteur de chute statique due à la profondeur du niveau d'eau, par rapport au sol.

HF = Pertes par frottement dans le circuit de tuyauterie, qui dépendent du débit.



Pour ce système, dans la boîte de dialogue « Définitions hydrauliques de pompage », il vous sera demandé de préciser :

- Le niveau du lac ou de la rivière, par rapport au niveau du sol. Il peut également être donné en valeurs saisonnières ou mensuelles, dans la boîte de dialogue « Besoins en eau ».
- La profondeur de la pompe. Elle doit être strictement inférieure à 5m au-dessus de la profondeur de la source, mais peut aussi être immergée.

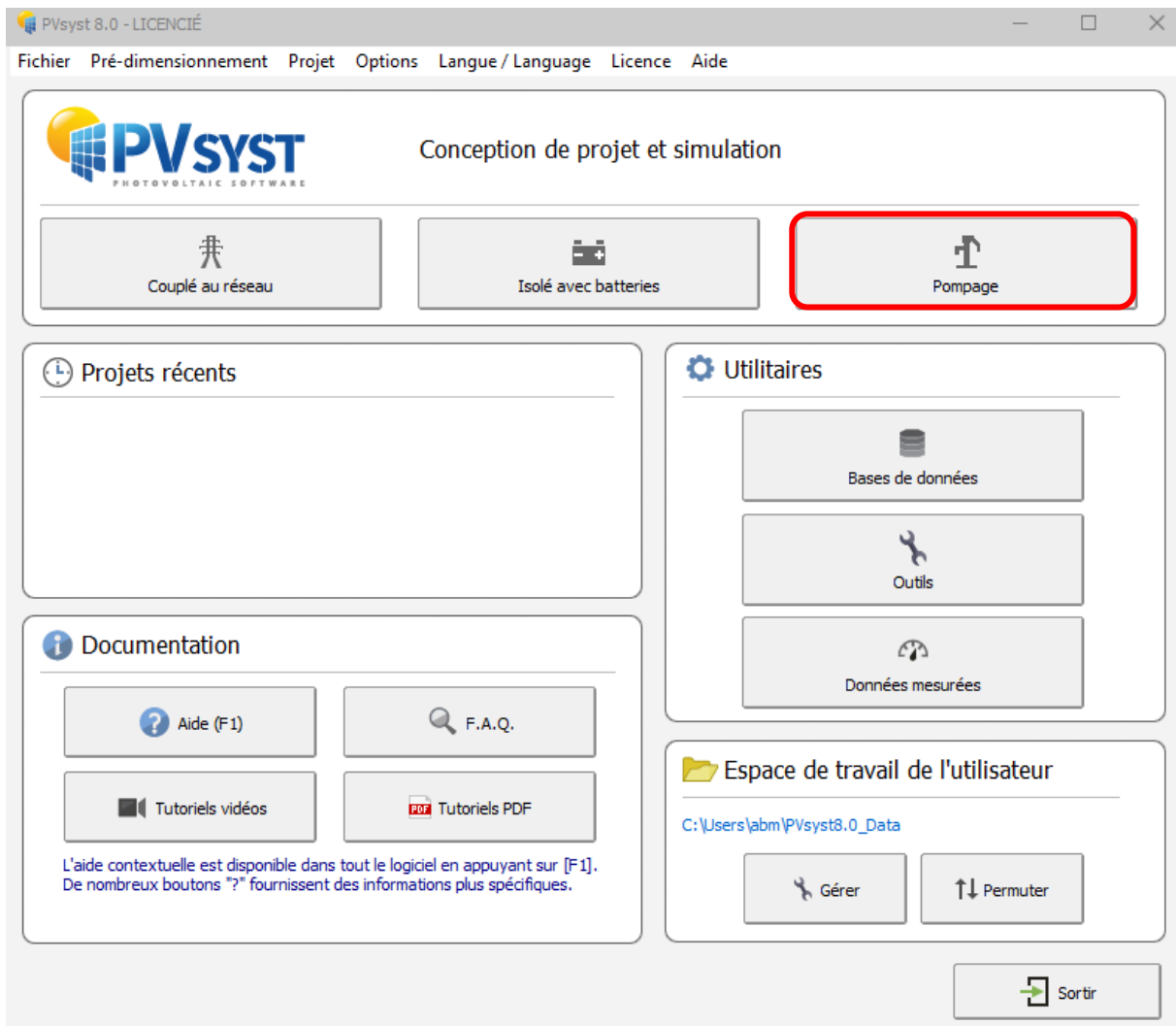
Systèmes de pompage conventionnels

Les systèmes de pompage conventionnels, alimentés par un réseau électrique (ou éventuellement par un système autonome plus grand, comme un mini-réseau de village), fonctionnent à la tension spécifiée du réseau. La puissance de fonctionnement est fixe et censée être disponible à tout moment. Le système s'opère en mode "**ON/OFF**", en fonction des besoins en eau et du système de contrôle. Une gestion énergétique intelligente peut encourager le pompage pendant les heures ensoleillées, lorsque l'énergie solaire est disponible.

Cependant, ces systèmes de pompage conventionnels ne sont pas explicitement implémentés dans PVsyst. Ils sont traités comme une charge, au même titre que toute autre consommation électrique.

Par conséquent, un système de pompage défini dans PVsyst ne peut pas être intégré à un autre système PV, même s'il est autonome. Il doit rester indépendant de tout autre système électrique.

2 Procédure pour le développement d'un système de pompage.



1. Orientation

Configurez l'orientation du champ de capteurs.

2. Circuit de pompage

Choisissez parmi trois systèmes :

- Pompage depuis un puits/forage vers un réservoir de stockage.
- Pompage depuis un lac ou une rivière vers un réservoir de stockage.

3. Besoins en eau

Indiquez les besoins en eau (en m³/jour), avec la possibilité de les définir de façon annuelle, saisonnière ou mensuelle. Spécifiez également la profondeur statique de pompage, si elle varie au cours de l'année.

4. Prédimensionnement

Consultez la page "Système" pour accéder aux "Suggestions de prédimensionnement",

qui estiment des paramètres comme le volume du réservoir, la puissance de la pompe et celle du générateur PV. Modifiez ces suggestions pour mieux ajuster la simulation.

5.Pompe

Choisissez un modèle de pompe sur la page "Définition de la pompe". Les pompes adaptées sont classées en vert, celles qui sont moins optimales en orange, et celles non adaptées en rouge. Vous pouvez également évaluer les capacités de la pompe sélectionnée.

6.Module PV

Sélectionnez un module PV et configurez le sous-champ en conséquence. Les modules sont également classés par couleurs (vert, orange, rouge) pour indiquer leur adéquation avec le système.

7.Stratégie de régulation

Définissez le mode de régulation. Les couleurs vertes, oranges, et rouges indiquent les choix les plus adaptés ou non, en fonction du type de système et du modèle de pompe choisi.

8.Contrôle

Paramétrez le dispositif de régulation, en ajustant les conditions limites de fonctionnement, comme le réservoir plein, le fonctionnement à sec ou les limites de puissance et de tension.

9.Conception du champ PV

Ajustez le nombre de modules en série et parallèle selon la puissance requise par la pompe et tenez compte des contraintes liées aux MPPT des contrôleurs.

10.Lancement de la simulation

Si aucune erreur n'apparaît en rouge, lancez la première simulation du système.

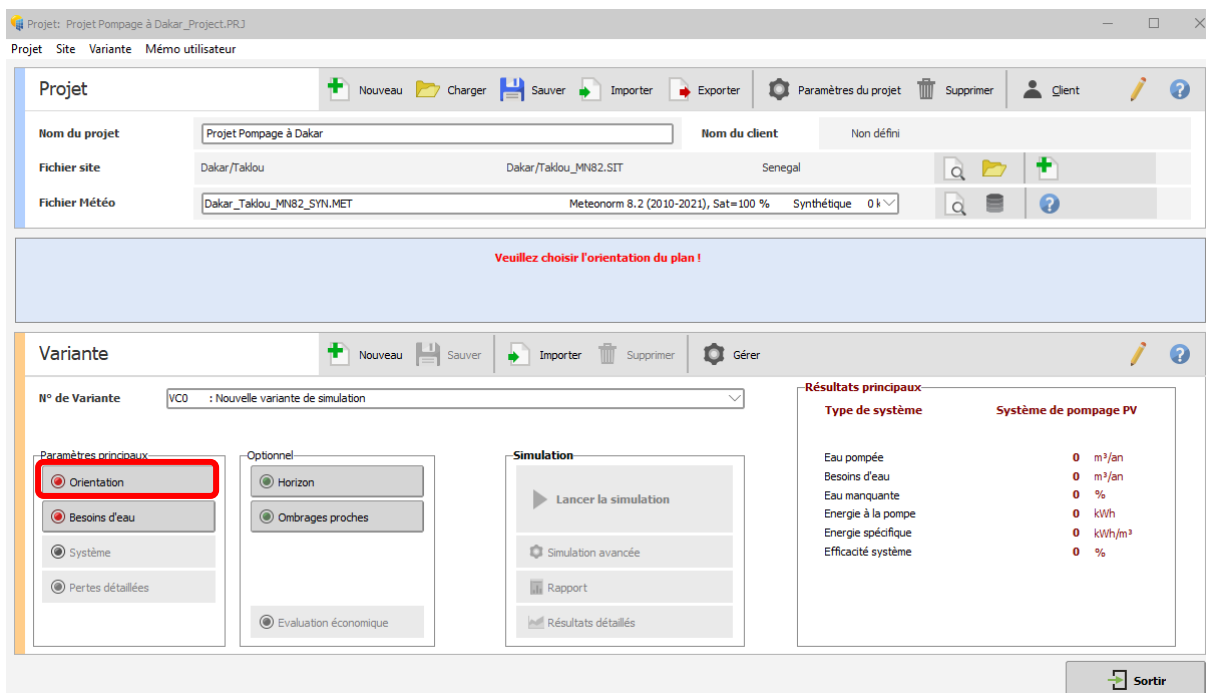
2.1 Création de la première variante pour votre projet

Après avoir défini le site et les données météorologiques du projet, vous pouvez passer à la création de la première variante. Dès le début, sur la gauche de l'interface, deux boutons apparaissent en rouge « **Orientation** » et « **Besoins d'eau** ». La couleur rouge indique que cette variante du projet n'est pas encore prête pour la simulation, et que des informations supplémentaires sont requises.

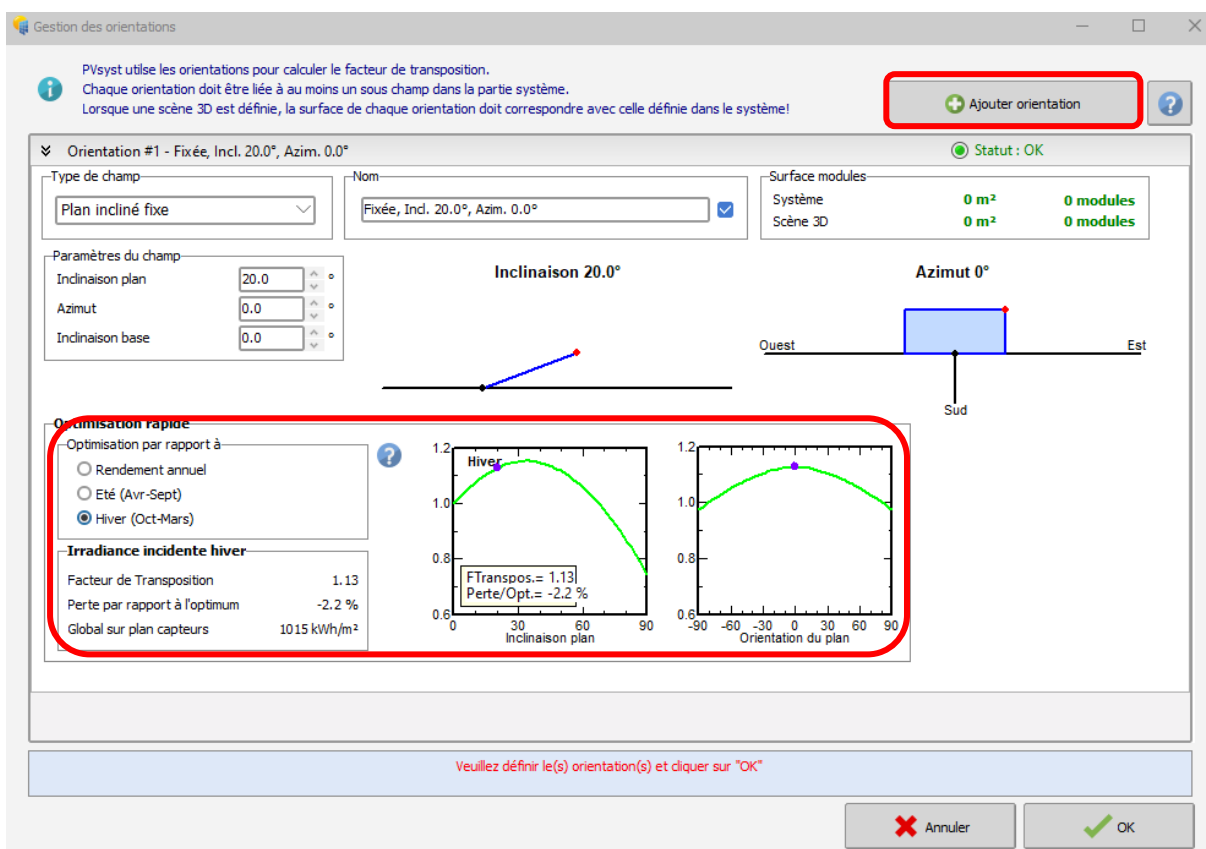
Les paramètres de base à définir pour toutes les variantes sont :

- L'orientation des panneaux solaires,
- Les besoins en eau,
- Le type et le nombre de modules PV,
- Le type et le nombre de pompes utilisées.

Ces étapes sont indispensables pour que le projet soit complet et prêt à être simulé correctement.



Définir l'orientation



Cet outil permet de déterminer l'orientation la plus adaptée pour un système photovoltaïque. Le facteur de transposition se définit comme le rapport entre l'irradiation

incidente sur le plan incliné et l'irradiation horizontale. En d'autres termes, il mesure ce que vous gagnez ou perdez en inclinant le plan du collecteur.

Dans la **version 8 de PVsyst**, une nouvelle fonctionnalité permet de définir **plusieurs orientations** pour un même projet. Cela offre une plus grande flexibilité pour modéliser des systèmes complexes avec différents angles d'inclinaison et orientations des champs photovoltaïques. Cette option permet d'optimiser la production énergétique pour des surfaces présentant des inclinaisons variées.

Cet outil propose également la possibilité de choisir la période d'optimisation : année, hiver, ou été. En outre, l'optimisation peut dépendre de conditions spécifiques liées à des obstacles distants comme des montagnes, qui créent des ombrages lointains. Dans ce cas, vous pouvez définir une ligne d'horizon, ce qui ajustera généralement l'azimut pour maximiser la production énergétique.

2.2 Définition des besoins en eau

Pour compléter les informations relatives à vos besoins en eau, il est nécessaire de cliquer sur l'onglet « Besoins en eau ».

The screenshot shows the PVsyst software interface. The 'Projet' tab is active, displaying project details for 'Projet Pompage à Dakar'. Below this, a red error message states: 'Erreur dans le besoins utilisateur, définition du circuit hydraulique: Veuillez définir le niveau statique nominal.' The 'Variante' tab is also visible, showing simulation parameters. In the 'Paramètres principaux' section, the 'Besoins d'eau' option is selected and highlighted with a red box. Other options include 'Orientation', 'Système', and 'Pertes détaillées'. The 'Optionnel' section includes 'Horizon', 'Ombrages proches', and 'Evaluation économique'. The 'Simulation' section contains buttons for 'Lancer la simulation', 'Simulation avancée', 'Rapport', and 'Résultats détaillés'. On the right, the 'Résultats principaux' section shows a table of system metrics for 'Type de système' and 'Système de pompage PV', with all values currently set to 0.

Type de système	Système de pompage PV
Eau pompée	0 m³/an
Besoins d'eau	0 m³/an
Eau manquante	0 %
Energie à la pompe	0 kWh
Energie spécifique	0 kWh/m³
Efficacité système	0 %

Une fois que vous avez ouvert le menu « Besoins en eau », vous devrez définir les éléments suivants :

- **Type de système de pompage :**

- Puits/forage vers réservoir de stockage,
- Lac ou rivière vers réservoir de stockage,
- Système de pressurisation.

- **Caractéristiques du puits/forage :**

- Niveau statique,
- Rabattement ou débit maximal (une seule de ces deux valeurs est requise, l'autre sera calculée automatiquement par le logiciel selon la formule suivante) :

-

$$\text{Rabattement} = \frac{\text{Niveau dynamique inférieur} - \text{Niveau statique}}{\text{Débit max}}$$

- Niveau dynamique minimum (calculé par le logiciel ; si vous modifiez cette valeur, cela ajustera automatiquement le rabattement ou le débit maximal. Le niveau dynamique minimum doit toujours être supérieur au niveau statique),

- Niveau de la pompe,
- Diamètre du forage (non utilisé dans les calculs ou simulations).

- **Réservoir :**

- Volume,
- Diamètre,
- Hauteur maximale (plein) : cette valeur est mesurée à partir du fond de la cuve et non du sol naturel,
- Altitude d'injection (particulièrement importante si le réservoir est élevé, car elle influence la pression pour la distribution).

- **Circuit hydraulique :**

- Choix du type de tuyauterie,
- Longueur de la tuyauterie,
- Nombre de coudes (peut être laissé à "0" pour la simulation),
- Autres pertes par frottement (peut également rester à "0" pour la simulation).

- **Besoins en eau** (fenêtre suivante).

Dans PVsyst, les niveaux et distances sont toujours indiqués par rapport au terrain naturel (TG).

Besoins d'eau et pression hydraulique, Variante: "Nouvelle variante de simulation"

Description: Nouveau Besoins de l'utilisateur

Circuit hydraulique de pompage Définition des besoins d'eau et pression

Type de système Forage vers réservoir

Caractéristiques du forage

Niveau statique: 0.0 m

Rabatement: 0.00 m³/h

Débit maximum: m³/h

Niveau dynamique minimum: -5.0 m

Niveau pompe: -10.0 m

Diamètre du forage: 0.0 cm

Réservoir

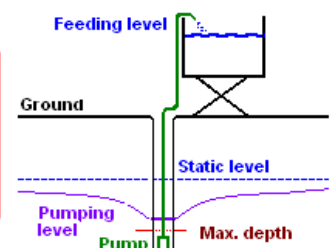
Volume: 0.0 m³

Diamètre: 0.00 m

Hauteur (plein): 0.00 m

Altitude d'injection: 0.00 m

Alimentation par le bas



Circuit hydraulique

Choix tuyau: [dropdown]

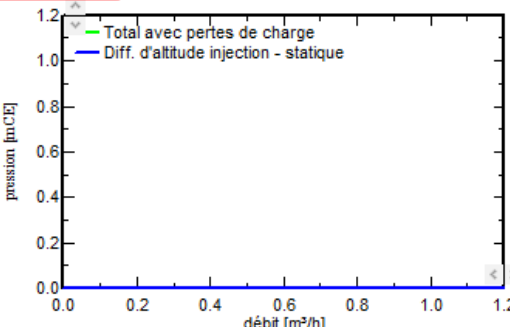
Tuyau personnalisé

Longueur de tuyaux: 0 m

Nombre de coudes: 0

Autres pertes de charge: 0.00

Veuillez définir le niveau statique nominal.



Fichier modèle

Charger Sauver Annuler OK

Maintenant, il faut définir les besoins en eau. Pour ce faire, cliquez sur l'onglet « Besoins en eau et pression ».

Les besoins en eau (volume d'eau pompée) peuvent être définis de manière annuelle (valeur constante) ou en fonction de valeurs mensuelles ou saisonnières. Il n'est pas pertinent de spécifier des besoins en termes horaires (répartition journalière), car le système de pompage inclut généralement un stockage suffisant pour au moins une journée de consommation.

Remarque : Le prédimensionnement ne peut pas tenir compte de ces variations et sera effectué sur la base de la moyenne annuelle.

Le niveau statique dans le forage peut être spécifié de différentes manières :

- Constant tout au long de l'année,
- Avec des valeurs saisonnières,
- Avec des valeurs mensuelles.

Tout ajustement de cette valeur dans la fenêtre influencera le calcul du rabatement et du niveau dynamique.

2.3 Définition du système

Vous pouvez maintenant cliquer sur l'onglet « Système » pour définir les éléments suivants :

- **La pompe** : sélectionnez la technologie, la marque et la référence.
- **Le champ photovoltaïque** : choisissez la technologie, la marque et la référence.
- **Le système de régulation du pompage** : sélectionnez la technologie, la marque et la référence.

The screenshot displays the PVsyst software interface. The top window is titled 'Projet: Projet Pompage à Dakar_Project.PRJ'. Below the title bar, there are tabs for 'Projet', 'Site', 'Variante', and 'Mémo utilisateur'. The 'Projet' tab is active, showing fields for 'Nom du projet' (Projet Pompage à Dakar), 'Nom du client' (Non défini), 'Fichier site' (Dakar/Taklou), and 'Fichier Météo' (Dakar_Taklou_MNB2_SYN.MET). A red message box says 'Veuillez définir le système !'. Below this, the 'Variante' tab is active, showing 'N° de Variante' (VCO) and 'Nouvelle variante de simulation'. The 'Paramètres principaux' section has 'Système' selected and highlighted with a red box. The 'Optionnel' section includes 'Horizon', 'Ombrages proches', and 'Evaluation économique'. The 'Simulation' section has buttons for 'Lancer la simulation', 'Simulation avancée', 'Rapport', and 'Résultats détaillés'. The 'Résultats principaux' section shows a table of results for 'Type de système' and 'Système de pompage PV'.

Type de système	Système de pompage PV
Eau pompée	0 m ³
Besoins d'eau	0 m ³
Eau manquante	0 %
Energie à la pompe	0 kWh
Energie spécifique	0 kWh/m ³
Efficacité système	0 %

2.4 La pompe

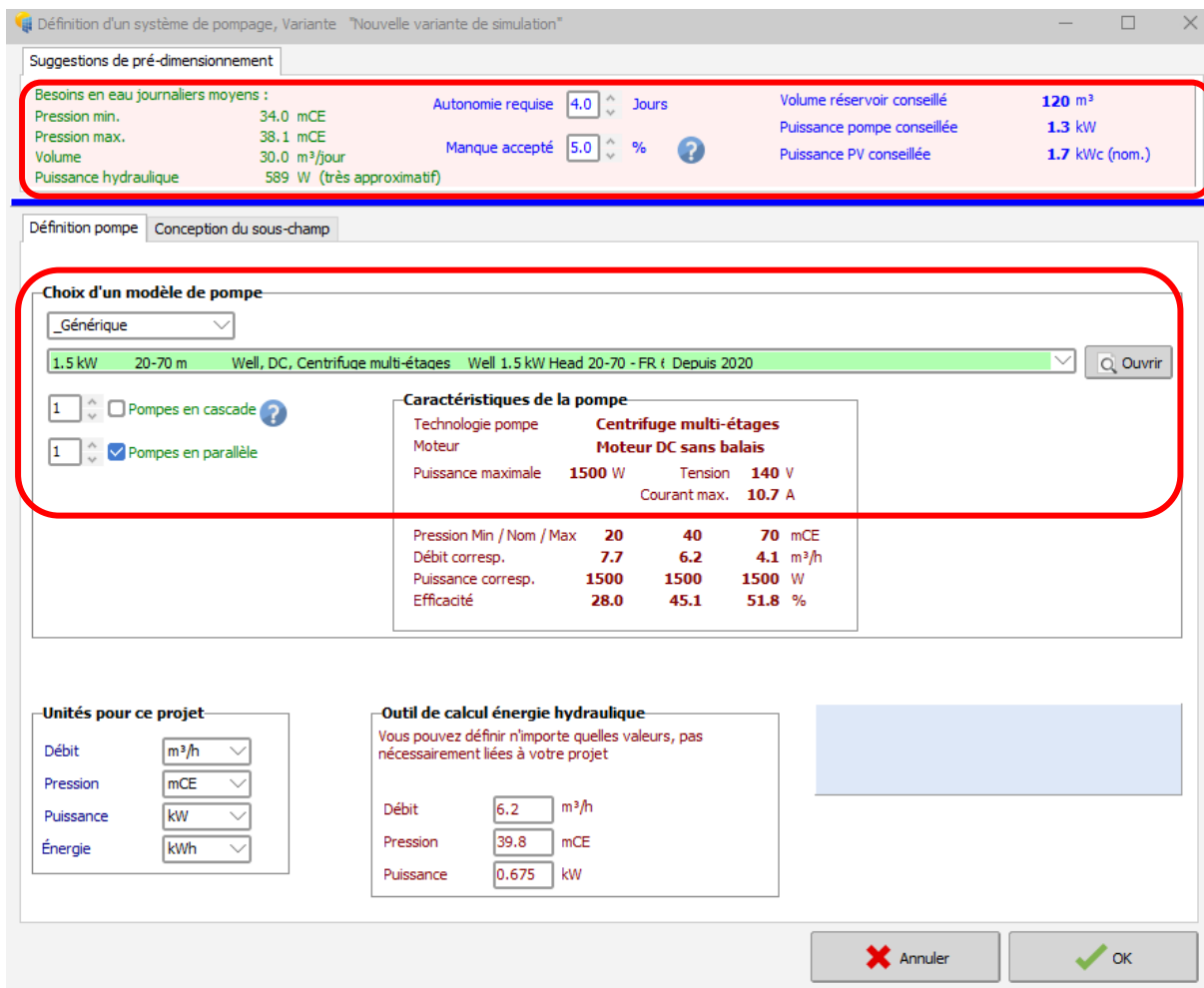
Dans cette première fenêtre, vous devrez sélectionner le modèle et le nombre de pompes pour votre circuit. Plusieurs fabricants de pompes sont déjà répertoriés, vous offrant un choix parmi :

- **Pompes de surface,**
- **Pompes immergées,**
- **Pompes à courant alternatif,**
- **Pompes à courant continu,**
- Etc.

L'outil de prédimensionnement vous fournit des recommandations basées sur vos choix. Toutefois, ses résultats ne sont pas automatiquement intégrés à la définition de votre système. Vous avez la possibilité de les modifier sans interférer avec la configuration de votre système. Il calcule trois informations clés :

1. **Volume de réservoir conseillé,** basé sur la consommation prévue et l'autonomie souhaitée,
2. **Puissance de la pompe conseillée,**
3. **Puissance PV conseillée.**

Vous pouvez ajuster l'autonomie ainsi que la valeur du « **Manque accepté** » en fonction des besoins de votre simulation. Toute modification de ces paramètres recalculera automatiquement les trois valeurs suggérées par le logiciel.



Pour sélectionner la pompe la plus adaptée aux caractéristiques de votre système, le logiciel réalise une présélection basée sur les critères suivants :

- **Hauteur manométrique totale (HMT)**, minimale et maximale,
- **Débit**,
- **Puissance**.

Comme pour d'autres éléments du système, le code couleur vert/orange/rouge est utilisé pour indiquer si la pompe est optimale (vert), compatible (orange), ou incompatible (rouge) avec votre configuration.

Pompes en parallèle et en série

Que ce soit pour la partie électrique ou hydraulique, il est recommandé de connecter toutes les pompes en parallèle. Actuellement, PVsyst n'accepte les connexions en série que pour les pompes centrifuges avec moteur à courant continu, car d'autres configurations ne sont pas pertinentes. Voici pourquoi :

- **Du point de vue électrique :**
Raccorder deux pompes volumétriques en série crée des problèmes lors du démarrage. Après le démarrage de la première pompe, lorsque le courant de

démarrage de pointe est dépassé, le courant chute brusquement à sa valeur de fonctionnement. Ce courant total peut alors être trop faible pour que la deuxième pompe atteigne son propre seuil de démarrage, empêchant ainsi son bon fonctionnement.

- **Du point de vue hydraulique :**

Il n'est pas recommandé de connecter deux pompes en cascade pour augmenter la hauteur de charge à débit constant. Les non-linéarités dans le comportement des pompes, ainsi que les éventuelles différences d'alimentation électrique, peuvent causer des déséquilibres importants dans la hauteur de charge, en particulier pour les pompes volumétriques.

Il est donc préférable de choisir une pompe qui supporte directement la pression nominale requise, plutôt que de combiner plusieurs pompes pour tenter d'atteindre cette pression.

2.5 Le champ photovoltaïque

Outil d'aide au dimensionnement du champ PV

Avec cet outil, vous avez la possibilité de définir soit une surface, soit une puissance maximale à installer. Une fois l'une de ces valeurs saisie, le logiciel propose une configuration de câblage à l'aide de l'outil de conception des panneaux photovoltaïques.

Définition d'un système de pompage, Variante "Nouvelle variante de simulation"

Suggestions de pré-dimensionnement

Besoins en eau journaliers moyens :	Autonomie requise	4.0	Jours	Volume réservoir conseillé	20 m ³
Pression min. 9.0 mCE	Manque accepté	5.0	%	Puissance pompe conseillée	30 W
Pression max. 10.0 mCE				Puissance PV conseillée	38 Wc (nom.)
Volume 5.0 m ³ /jour					
Puissance hydraulique 26 W (très approximatif)					

Définition pompe | **Conception du sous-champ**

Information système

Pompe choisie	Aqua King Premium	Pression	7.0 - 29.0 mCE
Technologie	Membrane/Diaphragme	Débit	0.69 - 0.23 m ³ /h
Puissance max.	70 W		

Aide au dimensionnement

Pas de prédim. Prnm désirée 0.0 kWc

ou surface disponible 0 m²

Sélection du module PV

Disponibles

Générique

70 Wp 14V	Si-poly	Poly 70 Wp 36 cells	Depuis 2020
-----------	---------	---------------------	-------------

Modules nécessaires approx. N/D

Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) 14.8 V, Vco (-10°C) 24.0 V

Choisissez le mode de régulation et le régulateur

Régulateur universel

mode de régulation Convertisseur DC-DC, tension fixe

Tous les fabricants

1000 W

Convertisseur DC-DC, tens Universal Fixed V DC - DC Converter Generic device

Adaptabl

Les paramètres de fonctionnement du régulateur universel seront automatiquement ajustés selon les propriétés du système.

Conception champ PV

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série 1

2

doit être:

nombre modules 2 Surface 1 m²

Cond. de fonctionnement

Vmpp (60°C)	15 V
Vmpp (20°C)	18 V
Vco (-10°C)	24 V

Irradiance plan 1000 kWh/m²

Imp	8.1 A	Puiss. max. en fonctionnement (à 1000 W/m ² et 50°C)	0.1 kW
Isc	8.6 A		
Isc (aux STC)	8.6 A	Puiss. nom. champ (STC)	0.1 kWc

Annuler OK

Configurations de systèmes et stratégies de couplage possibles :

Couplage direct

Entre le générateur PV et la ou les pompes, aucune conversion de puissance n'est utilisée. Ce type de configuration n'est possible qu'avec des pompes alimentées par un moteur à courant continu. Malgré sa simplicité, cette solution exige une optimisation électrique très précise et ne garantit pas un rendement optimal dans toutes les conditions de fonctionnement.

Le **mode de couplage direct** peut être optimisé grâce à plusieurs modes de régulation spécifiques, bien que rarement utilisés :

- **Booster** : Un dispositif électronique qui permet de surmonter le courant élevé nécessaire au démarrage, particulièrement important en raison des pertes par frottement.
- **Cascade pour plusieurs pompes** : Mode de fonctionnement en cascade lorsque plusieurs pompes sont utilisées.
- **Reconfiguration du champ PV** : Une méthode assez simple, bien que peu courante, qui utilise un dispositif de contrôle avec des relais pour modifier la configuration des panneaux.
- **Systèmes à batterie tampon** : Ces systèmes utilisent une batterie pour réguler le fonctionnement de la pompe sur une durée donnée. La batterie fonctionne comme dans un système autonome standard, permettant à la pompe de fonctionner toujours dans des conditions optimales à la tension nominale de la batterie.

Conditionnement de puissance

Il s'agit d'un appareil qui adapte les caractéristiques tension/courant du générateur PV aux besoins spécifiques des pompes. Ce type de conditionnement est essentiel, en particulier pour les pompes à courant alternatif, qui nécessitent l'utilisation d'un onduleur. Pour les moteurs à courant continu, le conditionnement de puissance permet de gérer plus précisément le courant, qui est un paramètre crucial de fonctionnement.

Il est possible de consulter les résultats de la simulation pour comparer les performances de ces différentes stratégies de régulation.

Pratique actuelle

Aujourd'hui, le mode de couplage direct est largement abandonné. Il est désormais courant d'utiliser un dispositif électronique pour adapter la puissance fournie par le champ photovoltaïque à la puissance requise par la pompe, qu'elle soit en courant alternatif (AC) ou en courant continu (DC).

2.6 Contrôleur + Conditionnement de puissance

Même pour les configurations les plus simples, comme le couplage direct, il est essentiel de disposer d'un dispositif de contrôle pour assurer les fonctions suivantes :

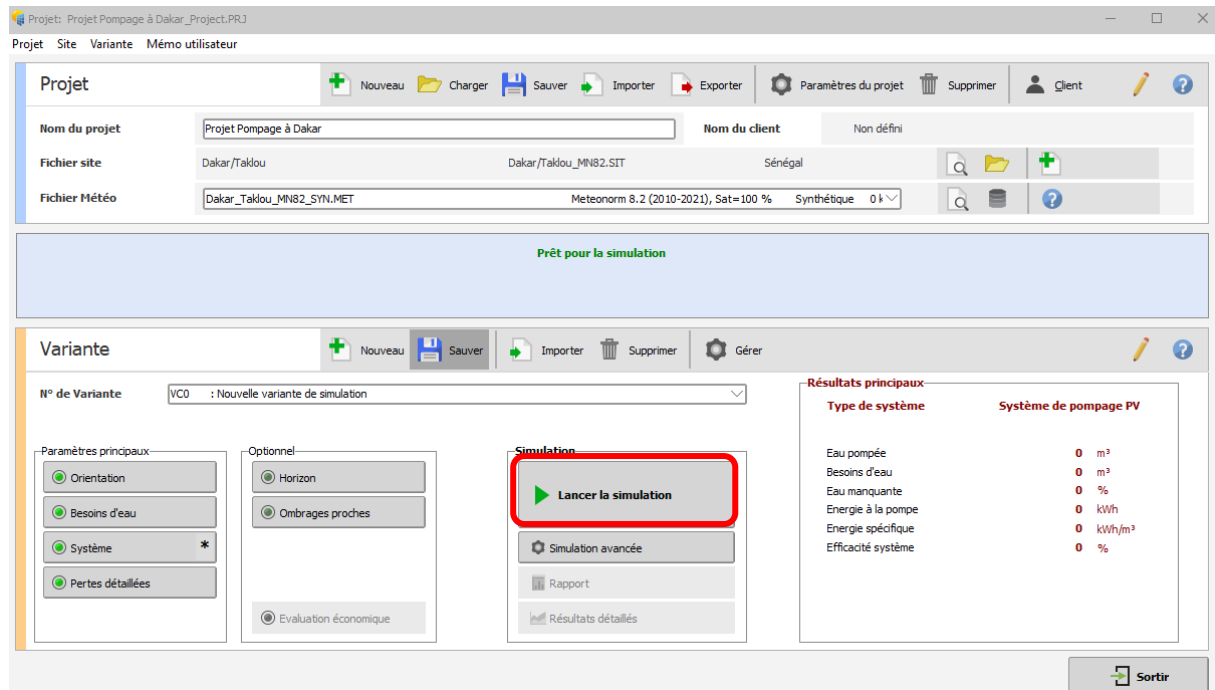
- **Marche/Arrêt manuel,**
- **Arrêt automatique de la pompe** lorsque le réservoir est plein,
- **Arrêt de la pompe** si le niveau d'eau descend sous le seuil d'aspiration (pour éviter le fonctionnement à sec),
- **Protection thermique du moteur** si la température dépasse les limites admissibles,
- **Protection contre les surcharges** de puissance, de courant, ou de tension dépassant les limites spécifiées pour la pompe.

Ces contraintes de dimensionnement sont étroitement liées à la configuration spécifique du système.

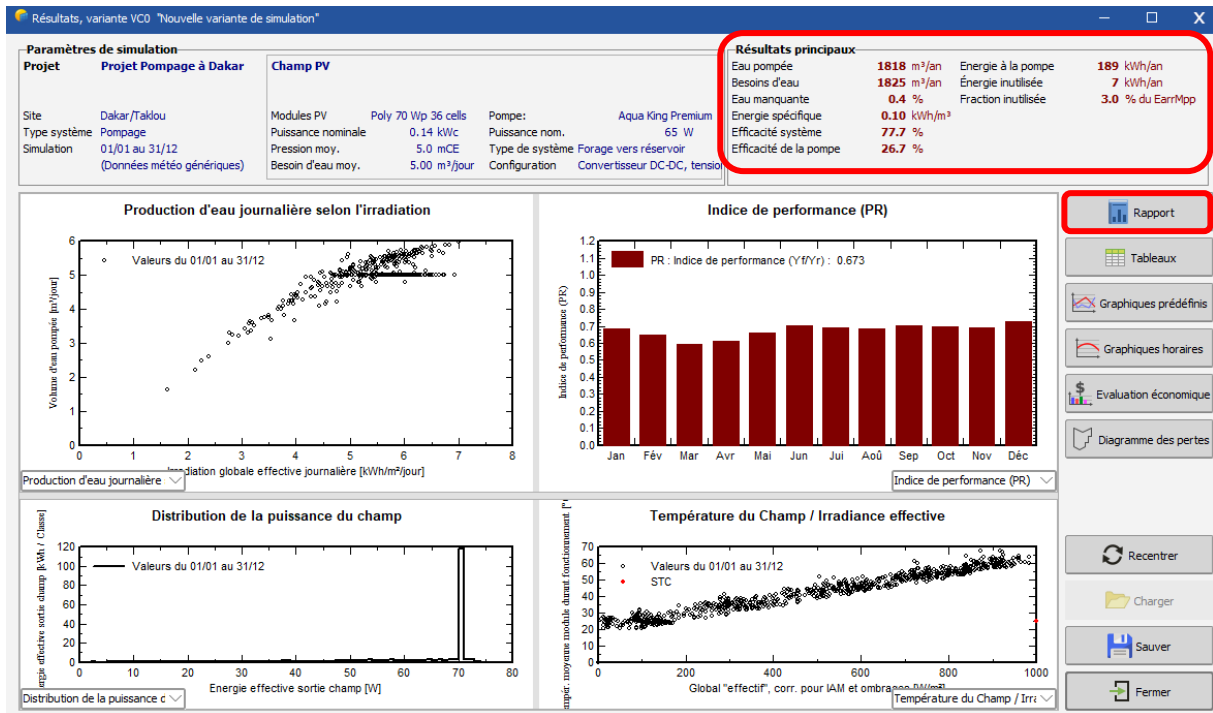
3 Exécution de la première simulation

Sur le tableau de bord du projet, tous les boutons sont maintenant verts (éventuellement oranges) ou éteints.

Le bouton « Simulation » est activé, et vous pouvez cliquer dessus.



Une **barre de progression** s'affiche pour indiquer la partie restante de la simulation à accomplir. Une fois la simulation terminée, le bouton « **OK** » devient actif. En cliquant dessus, vous êtes redirigé directement vers la boîte de dialogue « **Résultats** ».



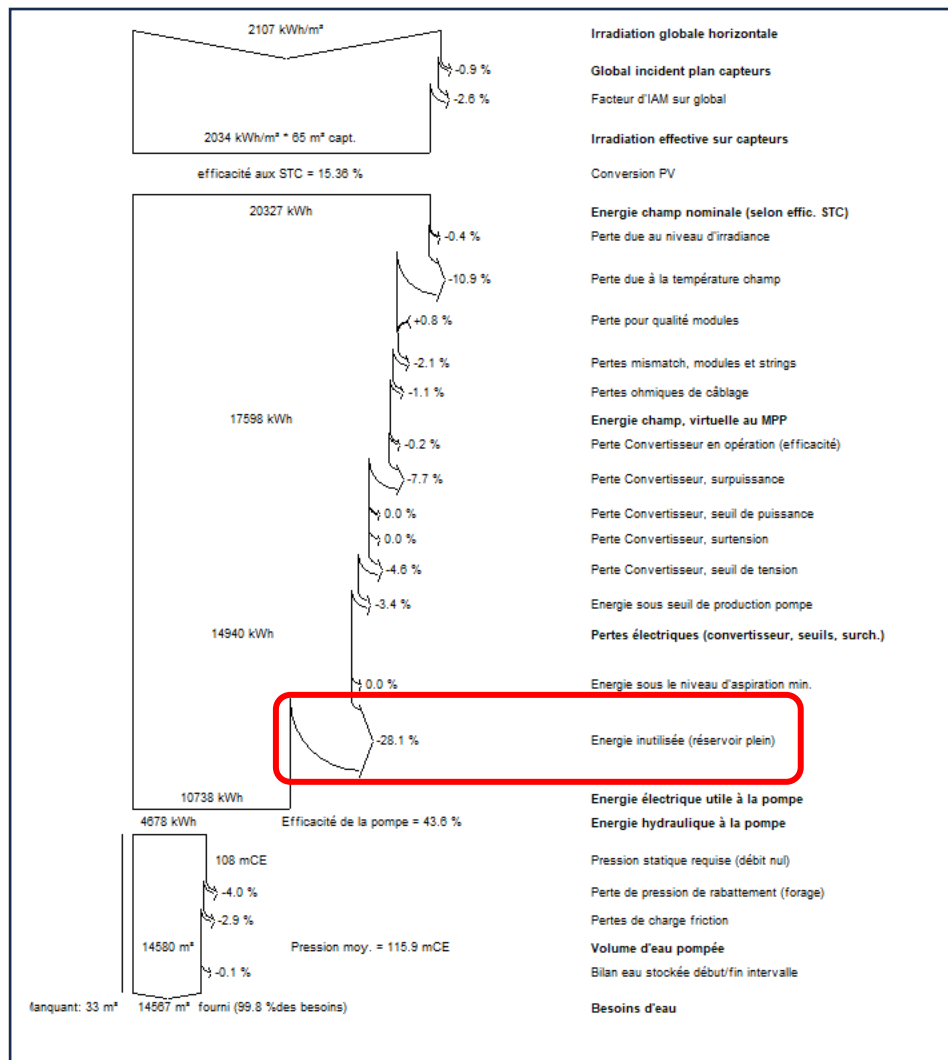
Cette boîte de dialogue présente, en haut à gauche, un résumé des principaux paramètres de simulation. Il est important de les vérifier pour s'assurer qu'aucune erreur ne s'est glissée dans les paramètres d'entrée.

En haut à droite, un encadré affiche neuf valeurs qui résument les principaux résultats de la simulation. Ces informations donnent une vue d'ensemble simplifiée et permettent de détecter rapidement des erreurs évidentes ou d'obtenir une première impression d'un changement ou d'une comparaison entre différentes variantes du projet.

Pour une description complète de votre système, incluant tous les paramètres utilisés et les résultats détaillés, vous pouvez consulter le rapport de simulation.

Le « **diagramme des pertes** » présenté à la fin du rapport offre une analyse détaillée du fonctionnement réel du système tout au long de l'année, et permet de vérifier en profondeur la pertinence de son dimensionnement.

Voici quelques exemples de diagrammes des pertes :

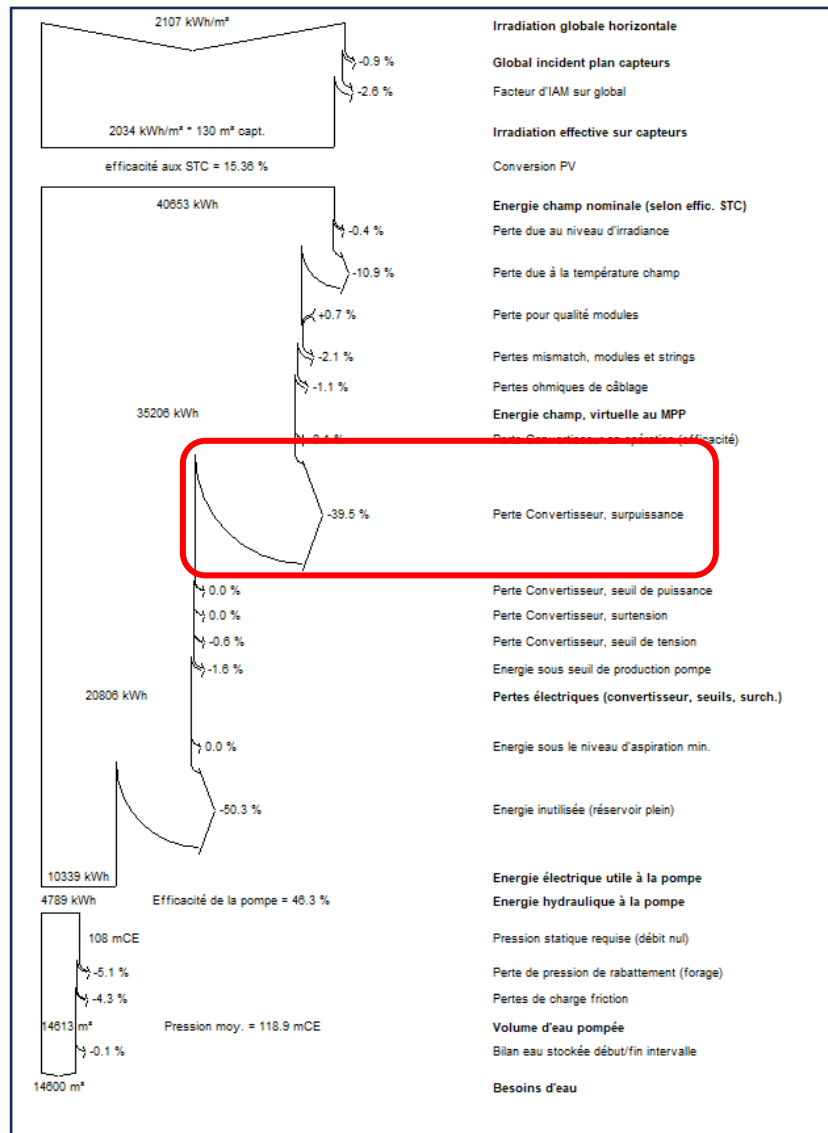


Dans ce diagramme des pertes, nous observons une perte d'énergie de **28,1 %**, étiquetée comme « **Énergie inutilisée (réservoir plein)** ».

Cette perte survient dans les cas suivants :

- Lorsque le **réservoir d'eau est sous-dimensionné**,
- Lorsque le **champ PV est surdimensionné**,
- Lorsque les **besoins en eau sont faibles** par rapport aux capacités du système simulé.

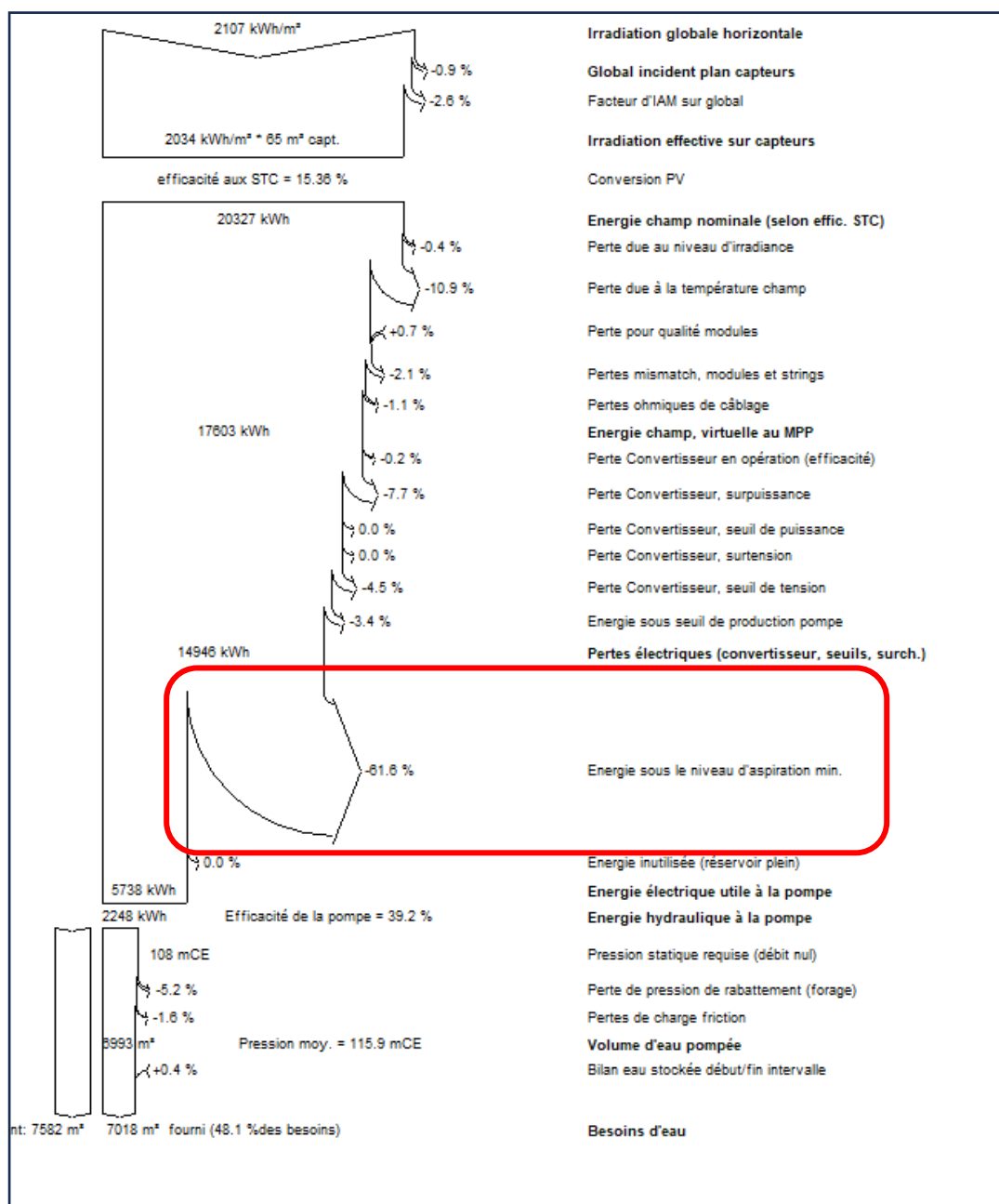
Cette perte est considérée comme normale, car les conditions d'ensoleillement ainsi que les besoins en eau peuvent varier tout au long de l'année. Pour satisfaire pleinement l'utilisateur, il est nécessaire de dimensionner le système pour des conditions moins favorables que celles sous plein soleil. Il y aura inévitablement des périodes dans l'année où la production excédera les besoins, ce qui entraînera une certaine énergie inutilisée.



Dans ce diagramme des pertes, nous constatons une perte d'énergie de **39,5 %**, identifiée sous l'appellation « **Perte Convertisseur, surpuissance** ».

Cette perte survient lorsque :

- La puissance du champ PV dépasse, à certains moments de la journée, la puissance maximale que le régulateur de pompage peut supporter. Cela se produit généralement lorsqu'un champ PV est surdimensionné par rapport aux capacités du convertisseur.



Dans ce diagramme des pertes, nous constatons une perte d'énergie de **61,6 %**, indiquée comme « **Énergie sous le niveau d'aspiration min** ».

Cette perte se produit lorsque :

- La **pompe a un débit trop élevé** par rapport à la capacité de rabattement du forage, ce qui fait que le niveau dynamique descend sous la crépine d'aspiration. Pour éviter d'endommager le système, la pompe s'arrête automatiquement grâce à la sonde de manque d'eau installée dans le forage.

Remarque : Pour une analyse plus détaillée, vous pouvez visualiser les diagrammes des pertes sous forme de valeurs mensuelles, ce qui permet de mieux comprendre les variations saisonnières.