



**PROPOSITION D'UN PROGRAMME INFORMATIQUE POUR LE
DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES D'IRRIGATION PAR
ASPERSION**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS
HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 17 Juillet 2024 par

Tounwendsida Florentin ZONGO (20200101)

Directeur de mémoire : Dr. Amadou KEITA. MSc, PhD, Enseignant-chercheur en Développement des Eaux, Terres et Forêts. Maître de Conférences (CAMES). Président de la Commission d'Ethique et de Déontologie de la Recherche de l'Institut 2iE.

Encadrant 2iE : Dr. Malicki ZOROM. Maître assistant (CAMES). Enseignant-chercheur en Mathématiques - Institut 2iE.

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Mahamadou KOITA

Membres et correcteurs : Dr Aly Ngoné NGOM
M. Cyrille BAKI

Promotion [2023/2024]

DEDICACES

A JESUS

A Ma Famille

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude :

Au Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), à tout le Personnel et le corps enseignant de 2iE pour la formation qui m'a été offerte et que je confirme être de très haute qualité ;

A la Banque Mondiale et au Coordonnateur du projet CEA-Impact, pour la bourse d'étude dont j'ai bénéficié pour réaliser mes études à 2iE ;

Au Pr. Amadou KEITA, mon Directeur de mémoire qui m'a enseigné, m'a accepté comme étudiant à encadrer, m'a encouragé et m'a fourni l'appui intellectuel nécessaire pour la réalisation de cette étude ;

Au Dr. Malicki ZOROM, qui m'a également enseigné, a accepté de m'encadrer, m'a encouragé et m'a prodigué les conseils et les éléments nécessaires pour pouvoir mener à bien cette étude ;

Au Responsable du laboratoire LEHSA de 2iE et à tout le Personnel pour nous avoir acceptés en tant que stagiaire dans le cadre de cette étude ;

A ma famille et à tous mes proches pour tous les soutiens dont j'ai été bénéficiaire ;

Au Dr. P. Etienne ZONGO et ses collaborateurs, et à tous les membres de la FATHHEAD ;

A tous ceux qui m'ont soutenu d'une manière ou d'une autre dans le cadre de ce mémoire.

RESUME

Cette étude, née de l'ambition de contribuer au développement de l'irrigation au Burkina Faso en lien avec les technologies de l'information, a été très bénéfique. En effet, elle a permis d'apporter une pierre pour le développement du numérique et de l'agriculture au Burkina Faso, en ce sens qu'il a été possible de proposer une solution informatique du type Software pour l'irrigation, notamment l'irrigation par aspersion. La solution qui a été proposée porte le nom de **DIA (Dimensionnement en Irrigation par Aspersion)** et permet un dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion ; et ce, à travers les étapes de dimensionnement suivantes :

- ✚ La détermination du tour d'eau et de la dose brute ;
- ✚ La sélection d'un asperseur adapté ;
- ✚ La détermination du débit total du système ;
- ✚ Le calcul, des diamètres des conduites, de la HMT et de la puissance de la pompe ;
- ✚ Le calcul du volume du réservoir ;
- ✚ Le calcul du nombre de batteries et du nombre de panneaux solaires.

DIA est une application qui a été conçu au travers de la programmation informatique en utilisant comme langage de programmation le VB.NET (.NET Framework 4.7.2) sous l'IDE Visual Studio 2022. DIA est appelée à être très usuelle dans les travaux de dimensionnement de systèmes d'irrigation par aspersion, menés par les techniciens et ingénieurs du domaine, leur facilitant grandement la tâche et leur permettant de gagner du temps très précieux à faire valoir dans d'autres défis. DIA dispose d'un guide ou tutoriel intégré à l'application pour faciliter sa prise en main. DIA est installable sur tout ordinateur ayant les configurations minimales suivantes :

- ✚ Système d'exploitation : Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows 11;
- ✚ Processeur : 1 GHz, 512 Mo de RAM et 2 Go d'espace disque disponible ;
- ✚ Framework .NET : 4.7.2.

Mots clefs :

- ✚ Application ;
- ✚ Irrigation par aspersion ;
- ✚ Programmation informatique ;
- ✚ Langage VB.NET.

ABSTRACT

This study, born from the ambition to contribute to the development of irrigation in Burkina Faso in connection with information technologies, was very beneficial. Indeed, it made it possible to make a contribution to the development of digital technologies and agriculture in Burkina Faso, in the sense that it was possible to create a Software for irrigation, particularly sprinkler irrigation. The solution that was proposed is called **SID** (Sprinkler Irrigation Designing) and allows the designing of sprinkler irrigation systems; and this, through the following designing steps :

- ✚ Determination of irrigation turn and gross application depth;
- ✚ Selection of a suitable sprinkler;
- ✚ Determination of the system total flow rate;
- ✚ Calculation of pipe diameters, Total Dynamic Head (TDH), and pump power;
- ✚ Calculation of the tank volume;
- ✚ Calculation of the number of batteries and the number of solar panels.

DIA is an application that was designed through computer programming using VB.NET (.NET Framework 4.7.2) as programming language under the Visual Studio 2022 IDE. DIA is expected to be very common in works of sprinkler irrigation systems designing, carried out by technicians and engineers in the field, greatly facilitating their tasks and allowing them to save very precious time to use in other challenges. To help in this, DIA includes a built-in guide or tutorial within the application to facilitate its usability. DIA can be installed on any computer with the following minimum specifications:

- ✚ Operating System: Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows 11;
- ✚ Processor: 1 GHz, 512 MB of RAM, and 2 GB of available disk space;
- ✚ .NET Framework : 4.7.2.

Keywords:

- ✚ Application,
- ✚ Sprinkler irrigation,
- ✚ Computer programming,
- ✚ VB.NET language.

LISTE DES ABBREVIATIONS

- DIA** : Dimensionnement en irrigation par aspersion ;

- ETM** : Evapotranspiration maximale ;

- GHz** : Gigahertz ;

- Go** : Gigaoctet ;

- HMT** : Hauteur Manométrique Totale ;

- IDE** : Integrated Development Environment (Environnement de Développement Intégré) ;

- Mo** : Mégaoctet ;

- POO** : Programmation Orientée Objet ;

- RAM** : Random Access Memory ;

- VB.NET** : Visual Basic.NET Framework.

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I : Matériels utilisés dans la réalisation de l'étude</i>	<i>5</i>
<i>Tableau II : Formules pour le tour d'eau et la dose brute</i>	<i>9</i>
<i>Tableau III : Formules utilisées pour la sélection d'un asperseur</i>	<i>10</i>
<i>Tableau IV : Formules pour déterminer le débit total du système</i>	<i>11</i>
<i>Tableau V : Formules pour les diamètres, la HMT et la puissance de la pompe</i>	<i>12</i>
<i>Tableau VI : Formules pour calculer le volume du réservoir</i>	<i>13</i>
<i>Tableau VII : Formules pour les panneaux solaires et les batteries</i>	<i>14</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Modèle conceptuel du programme DIA.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2 : Image représentant l'icône de l'application DIA</i>	<i>16</i>
<i>Figure 3 : Illustration de la fenêtre de Menu principal de l'application</i>	<i>17</i>
<i>Figure 4 : Fenêtre de renseignement des informations du projet : Onglet Projet.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 5 : Illustration de l'onglet RESULTATS pour Tour d'eau et dose brute</i>	<i>21</i>
<i>Figure 6 : Onglet DETAILS_ASPERSEUR de la fenêtre de sélection d'asperseur.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 7 : Onglet RESULTATS de la fenêtre réseau et débit total du système</i>	<i>25</i>
<i>Figure 8 : Onglet DONNEES_RAMPE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 9 : Onglet DONNEES_PUISSANCE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance</i>	<i>29</i>
<i>Figure 10 : Onglet RESULTATS_RAMPE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance</i>	<i>30</i>
<i>Figure 11 : Onglet RESULTATS_PUISSANCE - Fenêtre Diamètres, HMT, Puissance.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 12 : Onglet RESULTATS_RESERVOIR - Fenêtre Volume du réservoir</i>	<i>35</i>
<i>Figure 13 : Onglet RESULTATS_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 14 : Onglet Maître d'œuvre de la fenêtre Informations sur le projet.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 15 : Onglet Maître d'ouvrage de la fenêtre Informations sur le projet.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 16 : Onglet DONNEES de la fenêtre Tour d'eau et dose brute</i>	<i>43</i>
<i>Figure 17 : Onglet DONNEES de la fenêtre de sélection d'asperseur</i>	<i>44</i>
<i>Figure 18 : Onglet RESULTATS de la fenêtre de sélection d'asperseur</i>	<i>44</i>
<i>Figure 19 : : Onglet DONNEES de la fenêtre réseau et débit total du système</i>	<i>45</i>
<i>Figure 20 : Onglet DONNEES_PORTE-RAMPES - Fenêtre Diamètres, HMT</i>	<i>46</i>

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

<i>Figure 21 : Onglet DONNEES_SOUS-PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 22 : Onglet DONNEES_PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 23 : Onglet DONNEES_TRANSPORT - Fenêtre Diamètres, HMT.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 24 : Onglet RESULTATS_PORTE-RAMPES - Fenêtre Diamètres, HMT.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 25 : Onglet RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT</i>	<i>48</i>
<i>Figure 26 : Onglet RESULTATS_PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT</i>	<i>49</i>
<i>Figure 27 : Onglet RESULTATS_TRANSPORT - Fenêtre Diamètres, HMT</i>	<i>49</i>
<i>Figure 28 : Onglet DONNEES_RESERVOIR - Calcul du volume du réservoir</i>	<i>50</i>
<i>Figure 29 : Onglet DONNEES_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage</i>	<i>51</i>

Table des Matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
Table des Matières	ix
I. INTRODUCTION.....	1
II. OBJECTIFS DE TRAVAIL.....	2
II.1. Problématique	2
II.2. Questions de recherche	2
II.3. Objectif général	2
II.4. Objectifs spécifiques.....	2
II.5. Portée de l'étude	3
II.6. Analyse de l'existant	3
III. MATERIELS, METHODES ET FORMULATIONS	3
III.1. Matériels	4
III.2. Méthodes.....	5
III.2.1. Phase de recherche documentaire et de capitalisation des acquis	5
III.2.2. Phase de conception du programme informatique	5
III.2.3. Phase de validation	8
III.2.4. Phase de rédaction du mémoire	8
III.3. Formulations	8
III.3.1. Formules pour le tour d'eau et la dose brute	9
III.3.2. Formules pour sélectionner un asperseur adapté	9
III.3.3. Formules pour le calcul du débit total du système	10

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

III.3.4.	Formules pour les diamètres, la HMT et la puissance de la pompe	11
III.3.5.	Formules pour le calcul du volume de stockage d'eau.....	12
III.3.6.	Formules de calcul du nombre de panneaux solaires et de batteries	13
IV.	RESULTATS ET DISCUSSIONS	14
IV.1.	Le programme DIA dans sa globalité	15
IV.2.	Menu principal du programme DIA.....	16
IV.3.	Informations sur le projet de dimensionnement.....	18
IV.4.	Calcul de tour d'eau et de dose brute	19
IV.5.	Sélection d'un asperseur adapté	21
IV.6.	Réseau et débit total du système	24
IV.7.	Diamètres, HMT et puissance de la pompe	26
IV.8.	Volume de stockage d'eau dans le réservoir.....	34
IV.9.	Unité de pompage du système	35
V.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	38
VI.	RECOMMANDATIONS.....	38
VII.	BIBLIOGRAPHIE	39
VIII.	ANNEXES	41
	Annexe I : Autres onglets de la fenêtre Informations sur le projet	42
	Annexe II : Onglet DONNEES de la fenêtre Tour d'eau et dose brute	43
	Annexe III : Onglets DONNEES et RESULTATS de la fenêtre de sélection d'asperseur..	44
	Annexe IV : Onglet DONNEES de la fenêtre réseau et débit total du système.....	45
	Annexe V : Autres onglets de la fenêtre Diamètres, HMT et puissance de la pompe	46
	Annexe VI : Onglet DONNEES_RESERVOIR de la fenêtre volume du réservoir	50
	Annexe VII : Onglet RESULTATS_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage	51
	Annexe VIII : Manuel d'utilisation de l'application DIA.....	52

I. INTRODUCTION

Les technologies du numérique occupent de nos jours, une grande place dans le quotidien et les habitudes des Hommes, pour leur développement socio-économique et intellectuel. Le numérique est ainsi intégré de plus en plus, dans beaucoup de domaines d'étude pour, une amélioration de solutions ou la recherche de nouvelles solutions, une prise de décision rapide. Au nombre des domaines d'étude où le numérique est plus ou moins intégré, se compte celui de l'ingénierie, domaine dans lequel il est beaucoup utilisé pour la proposition, la simulation ou la conception de nombreux outils de dessin, de modélisation, de dimensionnement, d'évaluation, de projection, de décision, etc. Il est intéressant de noter que l'Afrique s'inscrit de plus en plus dans cette dynamique des technologies du numérique, étant consciente de leurs potentiels pour son développement. C'est ici donc un défi pour la classe intellectuelle africaine, d'améliorer la place de l'Afrique, et bien plus, d'accélérer son propre développement à bien de niveaux, à travers la production d'outils informatiques offrant plus d'alternatives, ou d'innovations dans des domaines à forts enjeux. L'agriculture étant d'un grand potentiel pour le développement en Afrique notamment au Burkina Faso, il est d'intérêt de penser à des initiatives de type numérique afin de booster d'avantage le développement du pays. Du désir d'être acteur de, l'expansion du numérique au Burkina Faso et par-dessus du développement socio-économique du pays au travers du numérique, il est apparu opportun de proposer à l'occasion de notre mémoire de fin de cycle, une solution informatique de dimensionnement dans le domaine de l'agriculture, notamment de l'irrigation par aspersion.

Il en est donc ressorti l'idée de concevoir un programme de dimensionnement en irrigation par aspersion sous le thème : **Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion**. Cette solution portera le nom **DIA** : Dimensionnement en Irrigation par Aspersion.

Il n'a pas encore été fait de programme du genre au Burkina Faso pour l'irrigation par aspersion. C'est alors une bonne opportunité de mener cette étude, permettant d'être des premiers à proposer une technologie numérique Burkinabè en irrigation par aspersion.

De cette opportunité, il faut alors se demander comment parvenir à mettre en place cette solution numérique ?

Cette inquiétude a permis de faire apparaître une piste intéressante pour la réalisation de cette solution : la programmation informatique notamment celle Orientée Objet au travers du langage VB.NET sous l'IDE Visual Studio 2022.

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Dans la suite de ces lignes il sera question, pour une bonne compréhension de cette étude de présenter, en premier lieu les objectifs et hypothèses de travail, en second lieu les matériels et méthodes utilisés pour la conduite de l'étude. Il sera également indiqué les différents résultats obtenus dans le cadre de cette étude, avant de décliner quelques recommandations.

II. OBJECTIFS DE TRAVAIL

II.1. Problématique

Dans le cadre du thème « **Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion** », la problématique centrale consiste à réussir la mise en place d'un programme informatique capable d'automatiser le dimensionnement de ces systèmes. Concrètement, il s'agit de concevoir des interfaces utilisateurs intuitives et des algorithmes robustes en arrière-plan, permettant à tout utilisateur du programme de dimensionner son système d'irrigation par aspersion.

II.2. Questions de recherche

L'analyse de ce thème de recherche a permis de faire ressortir quelques questions essentielles qui contribueront grandement à une meilleure approche de l'étude :

- ✚ Quel modèle conceptuel peut-on proposer ?
- ✚ Quelles sont les interfaces utilisateurs à mettre en place ?
- ✚ Quels sont les codes qui permettront de faire le dimensionnement ?

II.3. Objectif général

L'objectif visé par cette étude est **la conception d'un programme informatique qui permettra de faire des dimensionnements automatisés des systèmes d'irrigation par aspersion.**

II.4. Objectifs spécifiques

Une fois que l'objectif général est identifié, il est impérieux d'en faire une bonne analyse afin de déterminer des objectifs spécifiques qui seront très utiles et concourront à l'atteinte de l'objectif général. Les objectifs spécifiques qui suivent ont alors pu être dégagés :

- ✚ Elaborer un modèle conceptuel du programme ;

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ✚ Concevoir des interfaces utilisateurs adaptées ;
- ✚ Ecrire les codes nécessaires pour réaliser le programme.

II.5. Portée de l'étude

Cette étude est ciblée sur le Burkina Faso afin d'offrir aux techniciens et ingénieurs en irrigation, un outil numérique de dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion, outil qui leurs donnera de gagner du temps dans leur tâche, et de prendre des décisions rapides. Néanmoins, le résultat serait exploitable au-delà du Burkina Faso.

II.6. Analyse de l'existant

Des différentes recherches qui furent menées, aucune technologie informatique burkinabè, relative à l'irrigation par aspersion n'a été trouvée. Néanmoins, nous pouvons mentionner quelques technologies non-burkinabès qui traitent de l'irrigation :

- ✚ **IRRIS** : C'est une application accessible sur téléphone mobile et qui a été créée afin d'optimiser les investissements en équipements, de rationaliser l'utilisation des ressources en eau et d'adapter son système d'irrigation aux cultures ;
- ✚ **IRRICAD** : C'est un progiciel intégré développé spécifiquement pour concevoir un système d'alimentation en eau ou un système d'irrigation. C'est plus qu'un paquet de dessin car il combine les avantages du dessin CAO avec un fort format de tubes hydrauliques, une analyse de réseau et une gestion des coûts ;
- ✚ **RAINCAD** : RainCAD est une solution logicielle de conception paysagère de pointe, conçue pour répondre aux besoins des professionnels de l'aménagement paysager. Elle offre une gamme complète d'outils pour créer des plans détaillés et réalistes.

III. MATERIELS, METHODES ET FORMULATIONS

L'objectif général et les objectifs spécifiques de l'étude ayant pu être déclinés dans les lignes précédentes, il est commode comme suite de déterminer les matériels, les méthodes et les différentes formules qui sont nécessaires pour conduire à termes cette étude.

III.1. Matériels

Les différents matériels nécessaires à la réalisation de l'étude sont essentiellement des matériels de type électronique et sont les suivants :

- ✚ **Un ordinateur portable** : Parmi le lot de matériels concerné dans cette étude, c'est bien l'ordinateur portable seul, qui constitue du matériel physique (Hardware). Les autres matériels qui sont du type Software doivent être installés sur l'ordinateur portable avant de pouvoir servir. C'est dire donc que l'ordinateur portable est le principal matériel pour la réalisation de l'étude, puisque sans ordinateur, il est impossible d'avoir à sa disposition et rendre fonctionnels, les différents outils nécessaires à la réalisation du programme informatique.
- ✚ **Un Environnement de Développement Intégré (IDE)** : C'est un matériel du type Software qui est également incontournable dans la conception du programme informatique. Il permet d'écrire les lignes de code qui permettront d'exécuter les différentes tâches que le programme devra être capable de faire, de compiler ces codes, de voir le résultat que cela donnerait une fois le programme terminé, de faire éventuellement des modifications appropriées pour obtenir le résultat souhaité.
- ✚ **Un langage de programmation** : C'est un outil intégré à l'IDE qui permet de gérer la compréhension entre l'homme et la machine. Il est donc acceptable d'admettre que c'est un alphabet à vocation double, en ce sens qu'il permet à l'homme de comprendre la machine et à la machine de comprendre l'homme. Ainsi, au travers de ce langage, l'homme exprime sa volonté à la machine et la machine qui comprend ce langage réussit alors à exécuter les actions commandées par l'homme.
- ✚ **Le pack Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)** : C'est un ensemble d'outils de type logiciel fournis par Microsoft et qui sont compatibles avec toutes les machines fonctionnant sous un système d'exploitation Windows. Ces outils seront d'un grand apport, dans la réalisation proprement dite de l'application notamment par des sauvegardes de données, dans la rédaction du mémoire de fin de cycle et dans la réalisation des supports de présentation.

Les matériels utilisés sont résumés dans le *Tableau I* ci-dessous.

Tableau I : Matériels utilisés dans la réalisation de l'étude

Spécifications techniques	Description	Quantité
Ordinateur portable	Outil principal de travail	01
Visual Studio 2022	Environnement de développement	01
VB.NET	Langage de programmation	01
Pack Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)	Outils de rédaction, de calcul et de présentation	01

III.2. Méthodes

La méthodologie utilisée pour conduire cette étude avec succès est constituée de quatre (04) principales phases. Ce sont notamment :

- ✚ La phase de recherche documentaire et de capitalisation des acquis ;
- ✚ La phase de conception du programme informatique ;
- ✚ La phase de validation ;
- ✚ La phase de rédaction du mémoire.

III.2.1. Phase de recherche documentaire et de capitalisation des acquis

Cette étape a consisté essentiellement à éplucher judicieusement des cours, des documents, des articles, des mémoires, des tutoriels, etc., afin d'en savoir plus sur l'irrigation par aspersion et surtout la programmation informatique avec le langage VB.NET notamment. Il s'est donc plus agi de télécharger des tutoriels, notamment sur la programmation en VB.NET, de s'en imprégner fortement afin de mieux cerner le sujet de la programmation informatique et du langage VB.NET, et pouvoir adopter une excellente démarche pour la réalisation de l'étude. Cette phase a aussi été utile pour faire l'inventaire et l'examen de l'existant c'est-à-dire, des solutions informatiques (applications, logiciels, etc.) déjà faites au Burkina Faso sur l'irrigation par aspersion.

III.2.2. Phase de conception du programme informatique

Il faut dire que cette phase constitue la phase la plus complexe en ce qu'elle est elle-même constituée de sous-phases d'importance grande pour l'atteinte des objectifs de l'étude. Et pour

une meilleure conduite de l'étude, aucune de ces sous-phases n'a été négligée. Ces sous-phases en question sont l'analyse du problème, l'esquisse de la solution et la programmation.

III.2.2.1. Analyse du problème

Cette phase est celle qui a permis de faire une mise en commun des connaissances précédentes et de celles acquises dans la phase de recherche documentaire, puis de les mettre en jeu judicieusement afin de mieux comprendre le problème, le décortiquer et ainsi entrevoir plus aisément une solution à adopter. De cette analyse, sont ressortis les éléments suivants :

- ✚ La mise en place d'un modèle conceptuel ;
- ✚ La création d'interfaces utilisateurs ;
- ✚ L'écriture des codes nécessaires à la résolution du problème.

III.2.2.2. Esquisse de la solution

La suite à l'analyse du problème est l'esquisse de la solution. Rien de ce qui a été fait pour l'esquisse de la solution n'a été fait sans elle (l'analyse du problème). Dans cette phase, l'exercice a été essentiellement de pister les possibles chemins de résolution du problème, et plus particulièrement des sous-problèmes évoqués précédemment dans la sous-phase Analyse du problème. De toutes les pistes qui ont émergé, il a été fait une analyse sérieuse afin de retenir la meilleure piste de résolution du problème. Ainsi, la piste retenue tire pleinement son existence de la méthode manuelle usuelle de dimensionnement et rappelle les étapes de cette dernière notamment :

- ✚ La détermination du tour d'eau et de la dose brute ;
- ✚ La sélection d'un asperseur adapté ;
- ✚ L'évaluation du débit total du système ;
- ✚ Le calcul des diamètres des conduites, de la HMT et de la puissance de la pompe ;
- ✚ La détermination du volume de stockage d'eau ;
- ✚ Le calcul du nombre de batteries et du nombre de panneaux solaires.

La piste de résolution du problème ayant pu de la sorte être segmentée, il a été possible de la formaliser sur papiers, à travers des illustrations d'interfaces correspondant à chacune des étapes précédentes. Ainsi par cette démarche, il a été possible de réaliser un véritable aperçu ou

autrement un prototype sur supports papiers, du futur programme informatique attendu au couronnement de cette étude.

III.2.2.3. Programmation

Avec l'esquisse de la solution informatique souhaitée, obtenue dans la phase précédente, il devient aisé de passer à la sous-phase de programmation. C'est dans cette sous-phase que la solution (le programme informatique) voit réellement le jour. L'esquisse précédemment obtenue sert de véritable base dans cette phase ; c'est en effet ce qu'il faudra rendre réelle. Et pour la rendre réelle, le langage de programmation **VB.NET** a été utilisé, et cela sous l'Environnement de Développement Intégré **Visual Studio 2022**. Une fois ces matériels installés sur l'ordinateur, la programmation proprement dite pouvait donc commencer. Sous Visual Studio, le type d'application choisi pour notre solution est le **Windows Form Application** qui offre des facilités pour la conception des interfaces du programme. Il a donc été conçu des interfaces pour la saisie des données ainsi que pour la présentation ou l'affichage des résultats. A l'arrière-plan de ces différentes interfaces, des codes ont été saisis suivant le langage VB.NET, mettant en jeu les différentes formules et autres éléments de calcul de la méthode manuelle de dimensionnement, afin de permettre à la machine d'opérer et de livrer les résultats attendus. Le dimensionnement est alors automatisé et l'on gagne un précieux temps. Plus concrètement, pour chacune des étapes de dimensionnement qui a été identifiée, le travail a consisté à mettre en place une fenêtre qui gère la saisie des données par l'utilisateur, les calculs en arrière-plan et l'affichage des résultats. En rappel, les étapes de dimensionnement à implémenter sont les suivantes :

- ✚ La détermination du tour d'eau et de la dose brute ;
- ✚ La sélection d'un asperseur adapté ;
- ✚ L'évaluation du débit total du système ;
- ✚ Le calcul des diamètres des conduites, de la HMT et de la puissance de la pompe ;
- ✚ La détermination du volume de stockage d'eau ;
- ✚ Le calcul du nombre de batteries et du nombre de panneaux solaires.

Il était d'usage, pendant la programmation d'une fenêtre et aussi une fois que celle-ci est finalisée, de faire régulièrement des compilations pour voir si le rendu correspondait aux attentes avant de passer à la mise en place de l'étape (fenêtre) suivante ; cela permettant d'éviter

une grande accumulation d'erreurs, et de rendre les corrections moins complexes et donc d'apprécier la progression du travail dans sa globalité et d'en tirer des conclusions idoines.

III.2.3. Phase de validation

Cette phase représente l'étape où il est possible d'avoir un véritable avant-goût de la solution informatique (l'application) qui a été implémentée pour résoudre le problème. Il s'est agi exactement de faire des essais de dimensionnement de systèmes d'irrigation avec l'application DIA et de recueillir les avis des premiers utilisateurs tests du programme. Ces avis ont permis de porter des modifications sur le programme afin de l'améliorer et d'en proposer une version améliorée, meilleure que celle qui a été testée les fois précédentes. De façon plus concrète, nous avons utilisé un cas pratique de problème de dimensionnement, particulièrement dans notre processus de mise en place du programme DIA. La résolution de ce cas pratique de problème est illustrée dans les pages 104 à 127 du livre intitulé "*Micro-aspersion par pompage photovoltaïque*". *Les manuels pratiques du développement durable. Ouagadougou, Burkina Faso*, de l'auteur **Keïta, A, 2020** et des éditions QAF 2020. Les différents résultats consignés dans ce livre dans le cadre de ce cas pratique ont servi de base de contrôle de la viabilité des différentes étapes du programme DIA tout au long de sa conception. Mais une fois l'entièreté du programme mis en place, plusieurs dimensionnements ont été faits avec le programme pour la validation.

III.2.4. Phase de rédaction du mémoire

Comme son nom l'indique clairement, c'est cette phase qui a permis de mettre sur écrit les différents éléments nécessaires à une compréhension véritable de l'étude qui a été menée. Cette phase va permettre de mieux comprendre la quintessence de l'étude réalisée ou plus concrètement de connaître le contexte de l'étude, d'en saisir la problématique, d'indiquer les objectifs visés, de faire ressortir les matériels et méthodes utilisés pour mener l'étude, de présenter et discuter les résultats obtenus, de donner quelques recommandations, etc.

III.3. Formulations

Pour rendre possible l'automatisation des calculs, il a fallu intégrer au travers du langage de programmation, les différentes formules de calcul, connues et utilisées, de la méthode manuelle

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

de dimensionnement. Ces formules peuvent être résumées selon les différentes étapes de dimensionnement dans les lignes qui suivent.

III.3.1. Formules pour le tour d'eau et la dose brute

La première étape de dimensionnement est le calcul du tour d'eau et de la dose brute. Les formules essentielles utilisées pour rendre possible la détermination du tour d'eau et de la dose brute dans le programme informatique sont entre autres indiquées dans le **Tableau II** ci-dessous.

Tableau II : Formules pour le tour d'eau et la dose brute

Formules	Détails
$RU = (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \times Z_r$	RU (mm) : Réserve utile du sol ; θ_{FC} : Humidité volumétrique à la capacité au champ ; θ_{WP} : Humidité volumétrique au point de flétrissement ; Z_r (mm) : Profondeur racinaire.
$RFU = p \times RU$	RFU (mm) : Réserve facilement utilisable du sol ; p : Facteur de tarissement ; RU (mm) : Réserve utile du sol.
$F = \frac{RFU}{BMP_{pointe}}$	F (j) : Fréquence des arrosages ; RFU (mm) : Réserve facilement utilisable du sol ; BMP_{pointe} (mm/j) : Besoin maximum de pointe de la plante.
$T \leq F$	T (j) : Tour d'eau ; F (j) : Fréquence des arrosages.
$D_b = \frac{BMP_{pointe} \times T}{E_a}$	D_b (mm) : Dose brute ; BMP_{pointe} (mm/j) : Besoin maximum de pointe de la plante ; T (j) : Tour d'eau ; E_a : Efficacité d'application.

Source : Keïta A. 2020

III.3.2. Formules pour sélectionner un asperseur adapté

Les formules mises en jeu pour obtenir les résultats de la seconde étape de dimensionnement à savoir la sélection d'un asperseur se résument dans le **Tableau III** ci-contre :

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Tableau III : Formules utilisées pour la sélection d'un asperseur

Formules	Détails
$P_{nom} \geq 5 \times (\Delta E_{tot} + \Delta H_{tot})$	P_{nom} (m) : Pression nominale ; ΔE_{tot} (m) : Dénivelée topographique totale ; ΔH_{tot} (m) : Perte de charge totale (friction et locale).
$N_{rp,init} = \frac{L_{perim}}{e_{rp}} \quad \text{ou} \quad \frac{l_{perm}}{e_{rp}}$	$N_{rp,init}$: Nombre initial de rampe ; L_{perim} (m) : Longueur du périmètre ; l_{perm} (m) : Largeur du périmètre ; e_{rp} (m) : Ecartement des rampes.
$N_{rp,sim,init} = \frac{T_{post} \times N_{rp,init}}{T \times T_{irrig}}$	$N_{rp,sim,init}$: Nombre initial de rampes en fonctionnement simultané ; T_{post} (h) : Temps par poste d'arrosage ; $N_{rp,init}$: Nombre initial de rampe ; T (j) : Tour d'eau ; T_{irrig} (h/j) : Temps journalier d'irrigation.
$N_{post/j} = \frac{T_{irrig}}{T_{post}}$	$N_{post/j}$: Nombre de poste d'arrosage par jour ; T_{irrig} (h/j) : Temps journalier d'irrigation ; T_{post} (h) : Temps par poste d'arrosage ;
$P_{asp} = \frac{D_b}{T_{post}} \quad \text{et} \quad P_{asp} \leq K_{sat}$	P_{asp} (mm/h) : Pluviométrie de l'asperseur ; D_b (mm) : Dose brute ; T_{post} (h) : Temps par poste d'arrosage ; K_{sat} (mm/h) : Perméabilité du sol.
$Q_{asp} = P_{asp} \times e_{asp} \times e_{rp}$	Q_{asp} (l/h) : Débit nominal de l'asperseur ; P_{asp} (mm/h) : Pluviométrie de l'asperseur ; e_{asp} (m) : Ecartement des asperseurs ; e_{rp} (m) : Ecartement des rampes.

Source : Keïta A. 2020

III.3.3. Formules pour le calcul du débit total du système

La prochaine étape à la suite de la sélection d'un asperseur est la détermination du débit total du système. Pour déterminer ce débit total du système d'irrigation, les opérations se font avec l'application des formules indiquées dans le **Tableau IV** suivant.

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Tableau IV : Formules pour déterminer le débit total du système

Formules	Détails
$Q_{rp} = N_{asp/rp} \times Q_{asp}$	Q_{rp} (l/h) : Débit d'une rampe ; $N_{asp/rp}$: Nombre d'asperseurs par rampe ; Q_{asp} (l/h) : Débit d'un asperseur.
$Q_{prp} = N_{rp/prp} \times Q_{rp}$	Q_{prp} (l/h) : Débit d'un porte-rampes ; $N_{rp/prp}$: Nombre de rampes par porte-rampes ; Q_{rp} (l/h) : Débit d'une rampe.
$Q_{sous-prim} = N_{prp_sim/sous-prim} \times Q_{prp}$	$Q_{sous-prim}$ (l/h) : Débit d'un sous-primaire ; $N_{prp_sim/sous-prim}$: Nombre de porte-rampes en fonctionnement simultané par sous-primaire ; Q_{prp} (l/h) : Débit d'un porte-rampes.
$Q_e = \frac{N_{sous-prim} \times Q_{sous-prim}}{(L_perim \times l_perm) \times 0,36}$ Ou $Q_e = \frac{N_{sous-prim} \times Q_{sous-prim}}{A \times 3600}$	Q_e (l/s/ha) : Débit d'équipement du système ; $N_{sous-prim}$: Nombre de sous-primaires ; $Q_{sous-prim}$ (l/h) : Débit d'un sous-primaire ; L_perim (m) : Longueur du périmètre ; l_perm (m) : Largeur du périmètre ; A (ha) : Superficie du périmètre.
$Q_{syst} = Q_e \times A \times 3,6$	Q_{syst} (m ³ /h) : Débit total du système ; Q_e (l/s/ha) : Débit d'équipement du système ; A (ha) : Superficie du périmètre.

Source : Keïta A. 2020

III.3.4. Formules pour les diamètres, la HMT et la puissance de la pompe

Connaissant les différents débits qui traversent les différentes conduites du réseau, il est possible de faire le calcul des diamètres que doivent avoir ces conduites, de déterminer la HMT et évaluer la puissance de la pompe. Pour ces différents calculs, les formules suivantes sont nécessaires (Voir *Tableau V*).

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Tableau V : Formules pour les diamètres, la HMT et la puissance de la pompe

Formules	Détails
$D_{init} = \sqrt{\frac{Q}{V}} \times 18,811 \text{ et } D_{com} \geq D_{init}$	<p>D_{init} (mm) : Diamètre théorique initial ou calculé d'un tube ; Q (m³/s) : Débit transporté par le tube ; V (m/s) : Vitesse limite de l'eau dans le tube D_{com} (mm) : Diamètre commercial retenu.</p>
$\Delta H = a \times \frac{\left[\frac{Q}{3600}\right]^N}{(D \cdot 10^{-3})^M} \times F \times L$	<p>ΔH (m) : Perte de charge par friction dans le tube ; Q (m³/h) : Débit circulant dans le tube ; D (mm) : Diamètre du tube ; a, M, N : Coefficient de Calmon-Lechapt F : Coefficient fonction du nombre d'orifices ; L (m) : Longueur du tube avec service en route.</p>
$\Delta H_{adm} = 20\% \times P_{nom}$ $\Delta P = P_{max} - P_{min} \text{ et } \Delta P \leq \Delta H_{adm}$	<p>ΔH_{adm} (m) : Variable de pression admissible le long d'un tube ou entre deux points du réseau ; P_{nom} (m) : Pression nominale de l'asperseur ; ΔP (m) : Variation totale de pression par friction et par topographie ; P_{max} (m) : Pression maximale le long du tube ; P_{min} (m) : Pression minimale le long du tube.</p>
$HMT = \Delta H_{frict_tot} + \Delta H_{geom} + \Delta H_{pièces} + \Delta H_{filtres}$	<p>HMT (m) : Hauteur Manométrique Totale ; ΔH_{frict_tot} : Perte de charge totale par friction ; ΔH_{geom} : Perte de charge liée à la dénivelée topographique totale ; $\Delta H_{pièces}$: Perte de charge dans les pièces de connexion ; $\Delta H_{filtres}$: Perte de charge dans les filtres.</p>
$P_{out_bat} = \frac{Q_{syst} \times HMT}{360 \times \eta}$	<p>P_{out_bat} (kW) : Puissance sortant des batteries vers la pompe ; $Q_{syst} = Q_{pmp}$ (m³/h) : Débit de pompage ; HMT (m) : Hauteur Manométrique Totale ; η : Rendement de la motopompe.</p>

Source : Keïta A. 2020

III.3.5. Formules pour le calcul du volume de stockage d'eau

Il est très utile de prévoir un ouvrage de stockage d'eau (château d'eau) car cela offre de la sécurité vis-à-vis du système d'irrigation. Pour évaluer la capacité de ce château d'eau, des formules ont été intégrées aux lignes de codes du programme. Ces formules se résument dans le **Tableau VI** en dessous.

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Tableau VI : Formules pour calculer le volume du réservoir

Formules	Détails
$Q_{syst} = Q_e \times A \times 3,6$	Q_{syst} (m^3/h) : Débit total du système (débit sortant) ; Q_e (l/s/ha) : Débit d'équipement du système ; A (ha) : Superficie du périmètre.
$Q_{pmp} = Q_{syst} \times \left(\frac{T_{wmax}}{T_{pmp}} \right)$	Q_{pmp} (m^3/h) : Débit moyen nécessaire au pompage ; Q_{syst} (m^3/h) : Débit total du système ; T_{wmax} (h) : Temps d'arrosage journalier ; T_{pmp} (h) : Temps nécessaire au pompage.
$\Delta Q_{cum,i} = Q_{pmp,cum,i} - Q_{syst,cum,i}$	$\Delta Q_{cum,i}$ (m^3) : Variation de volume cumulé ; $Q_{pmp,cum,i}$ (m^3) : Volume entrant cumulé ; $Q_{syst,cum,i}$ (m^3) : Volume sortant cumulé ;
$V = MAX(\Delta Q_{cum,i}) + ABS[MIN(\Delta Q_{cum,i})]$	V (m^3) : Volume du réservoir ; $MAX(\Delta Q_{cum,i})$ (m^3) : Maximum des variations de volume cumulé ; $ABS[MIN(\Delta Q_{cum,i})]$ (m^3) : Valeur absolue du Minimum des variations de volume cumulé.

Source : Keïta A. 2020

III.3.6. Formules de calcul du nombre de panneaux solaires et de batteries

La dernière étape de dimensionnement du système d'irrigation consiste à la détermination du nombre de panneaux solaires et du nombre de batteries qu'il faut, afin de permettre l'alimentation en énergie du système. Pour cela, il a fallu intégrer les formules suivantes (**Tableau VII**) dans les lignes de code du programme.

Tableau VII : Formules pour les panneaux solaires et les batteries

Formules	Détails
$P_{in_bat} = P_{out_bat} \times \left(\frac{T_{pmp}}{T_{ens}} \right)$	<p>P_{in_bat} (kW) : Puissance fournie par les panneaux solaires aux batteries ; P_{out_bat} (kW) : Puissance sortant des batteries vers la pompe ; T_{pmp} (h) : Temps nécessaire au pompage ; T_{ens} (h) : Temps d'ensoleillement des panneaux solaires.</p>
$E_{bat_pmp} = MAX(\Delta E_i) + ABS[MIN(\Delta E_i)]$	<p>E_{bat_pmp} (kWh) : Volume d'énergie nécessaire au pompage ; $MAX(\Delta E_i)$ (kWh) : Maximum des variations d'énergie cumulée ; $ABS[MIN(\Delta E_i)]$ (kWh) : Valeur absolue du Minimum des variations d'énergie cumulée.</p>
$E_{stock_bat} = \frac{E_{bat_pmp}}{\mu \cdot (1 - \delta) \cdot (1 - \theta)}$	<p>E_{stock_bat} (kWh) : Energie totale stock batteries ; E_{bat_pmp} (kWh) : Volume d'énergie nécessaire au pompage ; μ (%) : Taux admissible de décharge batterie ; δ (%) : Pertes dans les batteries ; θ (%) : Pertes dans les convertisseurs.</p>
$E_{bat} = \frac{U_{bat} \times IT_{bat}}{1000}$	<p>E_{bat} (kWh) : Energie unité batterie ; U_{bat} (V) : Voltage unité batterie ; IT_{bat} (Ah) : Ampérage unité batterie.</p>
$N_{bat} = \frac{E_{stock_bat}}{E_{bat}}$	<p>N_{bat} : Nombre total de batterie ; E_{stock_bat} (kWh) : Energie totale stock batteries ; E_{bat} (kWh) : Energie unité batterie.</p>
$P_{out_pan} = \frac{P_{in_bat}}{\rho \cdot (1 - \delta) \cdot (1 - \theta)}$	<p>P_{out_pan} (kW) : Puissance totale des panneaux ; P_{in_bat} (kW) : Puissance de charge des batteries ; ρ (%) : Rendement des panneaux solaires ; δ (%) : Pertes dans les batteries ; θ (%) : Pertes dans les convertisseurs.</p>
$N_{pan} = \frac{P_{out_pan}}{P_{pan_mod}} \times 1000$	<p>N_{pan} : Nombre total de panneaux solaires ; P_{out_pan} (kW) : Puissance totale des panneaux ; P_{pan_mod} (W) : Module d'un panneau solaire.</p>

Source : Keïta A. 2020

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les matériels et les méthodes explicités précédemment ont permis de conduire l'étude et d'obtenir les résultats suivants, selon les objectifs fixés dans le cadre de cette étude. Il s'agira

donc dans les lignes qui suivent de faire l'économie des différents résultats qui ont été obtenus dans la conduite de cette étude.

IV.1. Le programme DIA dans sa globalité

Avec le langage VB.NET (.NET Framework 4.7.2) sous Visual Studio 2022, il a été possible de concevoir un programme répondant aux différentes attentes. Comme dit précédemment, le VB.NET est basé sur le concept de la Programmation Orientée Objet. Ainsi, il a été conçu un modèle conceptuel (*Figure 1* ci-dessous) et des interfaces (traduisant les différentes étapes du dimensionnement) qui seront explicitées plus bas. Il y a des fenêtres principales qui représentent chacune une étape du dimensionnement ; et des fenêtres secondaires qui sont utilisés pour afficher certaines données ou informations dans l'application. Le programme DIA est un programme installable sur une machine qui dispose des configurations minimales suivantes :

- ✚ Système d'exploitation : Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows 11;
- ✚ Processeur : 1 GHz, 512 Mo de RAM et 2 Go d'espace disque disponible ;
- ✚ Framework .NET : 4.7.2.

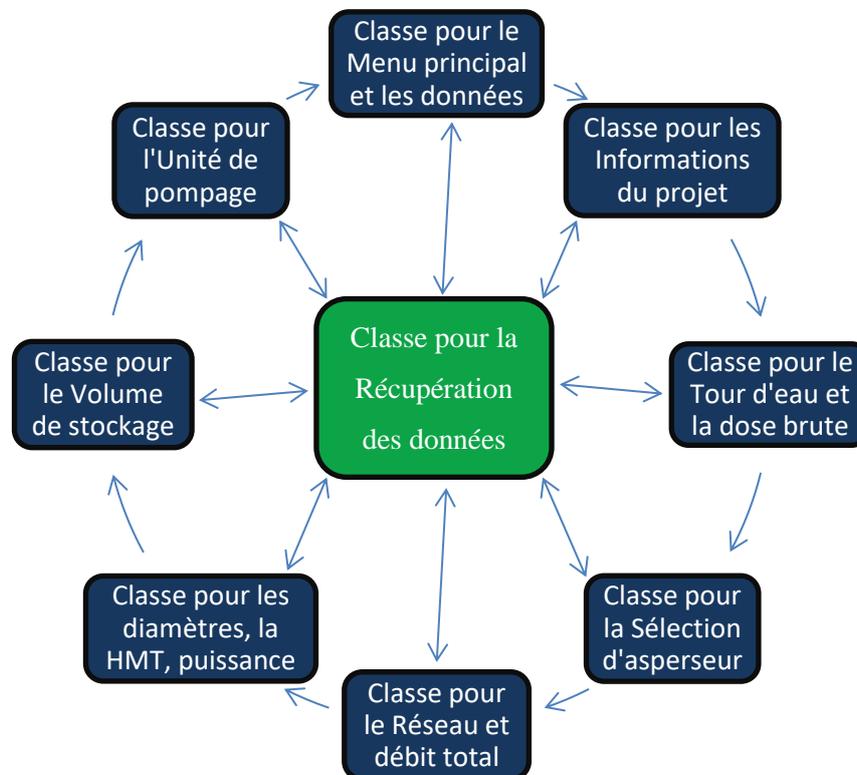


Figure 1 : Modèle conceptuel du programme DIA

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

La **Figure 2** suivante représente l'icône d'affichage de l'application DIA dans l'ordinateur de l'utilisateur.



Figure 2 : Image représentant l'icône de l'application DIA

Cette image représente aussi l'icône qui sera toujours visible lorsque l'application s'exécutera sur la machine de l'utilisateur.

Comme dit plus haut, il a été créé des fenêtres ou interfaces qui permettent de gérer plus facilement la communication avec l'utilisateur pour lui indiquer les actions attendues, afin que le programme puisse faire ses traitements et lui renvoyer des résultats lisibles au mieux sur des fenêtres. Il y a au total dix-sept (17) fenêtres qui matérialisent les fonctionnalités du programme pour un dimensionnement efficace. Parmi ces fenêtres, il y a celles qui peuvent être qualifiées de majeures en raison de ce qu'elles représentent les étapes de dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion. Cela procure un avantage pédagogique à DIA en ce sens que lorsque l'on effectue le dimensionnement avec DIA, il y a une sensation d'être en train de réaliser un TP (Travail Pratique). Ces fenêtres seront mieux illustrées dans les lignes qui suivent. Aussi, un manuel d'utilisation de l'application a été conçu pour aider tout utilisateur de l'application à le prendre en main. Ce manuel est associé à ce document dans l'**Annexe VIII**.

IV.2. Menu principal du programme DIA

Comme son nom l'indique, cette fenêtre sert d'interface principale pour l'application DIA. C'est la fenêtre qui contrôle le chargement de l'application ainsi que la fermeture de l'application. Selon le langage de la programmation, cette fenêtre est ce qu'on appelle une

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

fenêtre Parente dans ce sens que c'est une fenêtre dans laquelle d'autres fenêtres s'affichent à leur chargement. Elle présente deux onglets à savoir l'onglet **Fichier** et l'onglet **Aide**.

L'onglet **Fichier** comporte les sous-menus suivants :

- ✚ **Nouveau projet** : Ce sous-menu est le seul chemin par lequel il est possible de lancer un nouveau projet de dimensionnement de système d'irrigation ;
- ✚ **Résultats** : Pour ouvrir une boîte de dialogue et extraire dans un répertoire au choix de l'utilisateur les différents résultats de dimensionnement ;
- ✚ **Quitter** : Par ce sous-menu, l'utilisateur a un moyen de quitter (fermer) l'application DIA.

L'onglet **Aide** quant à lui comporte trois sous-onglets ou sous-menus qui sont : **Tutoriel**, **A propos de DIA** et **Dépannage** :

- ✚ **Tutoriel** : Il donne la possibilité d'avoir accès à un manuel utilisateur qui permettra d'avoir un aperçu global sur le fonctionnement de l'application DIA ;
- ✚ **A propos de DIA** : Ce sous-menu ouvre une fenêtre qui donne des informations essentielles sur l'application DIA ;
- ✚ **Dépannage** : Dépannage permet à l'utilisateur de pouvoir ouvrir une fenêtre dans l'application ; fenêtre qui lui fournit une réponse aux éventuelles situations inattendues pendant l'utilisation de l'application DIA.

La **Figure 3** qui suit présente cette fenêtre en question ainsi que tous les différents menus ou onglets précédemment mentionnés.

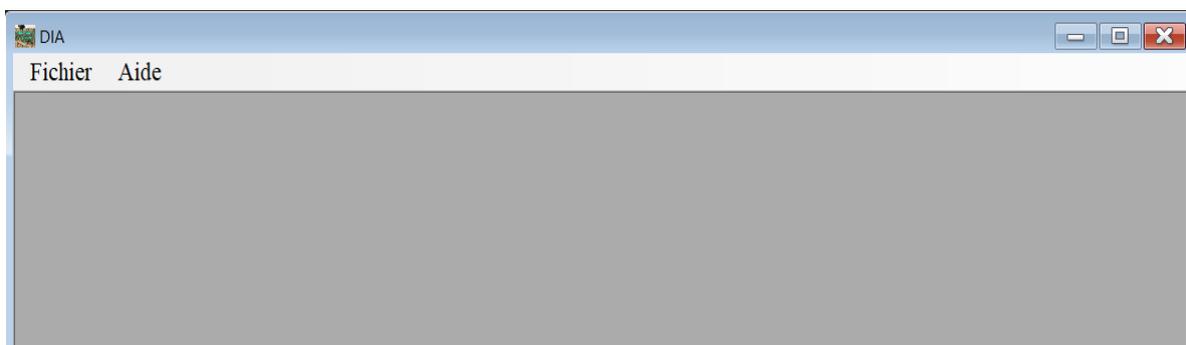


Figure 3 : Illustration de la fenêtre de Menu principal de l'application

Il est utile de faire ici une mention spéciale sur le sous-menu **Résultats** de cette fenêtre principale. En effet, alors que dans le cadre d'un dimensionnement manuel, le technicien qui

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

fait son dimensionnement devra faire ses calculs sur un support, obtenir ses résultats et les mettre au propre sur un autre support pour l'exploitation, ce sous-menu **Résultats**, a l'intérêt de faire ce travail de mise au propre automatiquement pendant le processus de dimensionnement à travers **DIA**. En effet, pendant que le dimensionnement se fait sur **DIA**, chaque étape de dimensionnement une fois finalisée, voit ses résultats automatiquement sauvegardés en arrière-plan du programme dans un fichier Excel. Ainsi, il suffira pour le technicien ou l'utilisateur une fois son dimensionnement terminé, d'extraire ses résultats par un clic sur le sous-menu **Résultats** de l'onglet **Fichier**. Cela lui procure gain de temps précieux.

IV.3. Informations sur le projet de dimensionnement

C'est une fenêtre très capitale pour en connaître davantage sur le projet de dimensionnement en cours, lancé par l'utilisateur. Cette fenêtre qui s'intitule **INFORMATIONS SUR LE PROJET**, comporte trois onglets :

- ✚ L'onglet **Projet** : Cet onglet permet de renseigner des informations essentielles sur le projet de dimensionnement à effectuer. Ces informations sont entre autres :
 - ❖ Le numéro du projet,
 - ❖ Le nom du projet,
 - ❖ La date du projet,
 - ❖ Le site du projet,
 - ❖ La plante à cultiver,
 - ❖ Des commentaires : Il s'agit de renseigner toute information utile sur le projet qui n'a pas été précédemment pris en compte dans les données à compléter sur l'onglet.

- ✚ L'onglet **Maître d'œuvre** : Le maître d'œuvre représente celui qui est chargé de l'étude du projet, celui qui effectue le dimensionnement du système d'irrigation. C'est le technicien ou l'ingénieur en la matière. Les informations à y renseigner sont les suivantes :
 - ❖ Le NOM du maître d'œuvre,
 - ❖ Le ou les Prénom(s) du maître d'œuvre,
 - ❖ Le titre du maître d'œuvre c'est-à-dire technicien, ingénieur ou autre,
 - ❖ L'adresse du maître d'œuvre,
 - ❖ Le téléphone du maître d'œuvre,

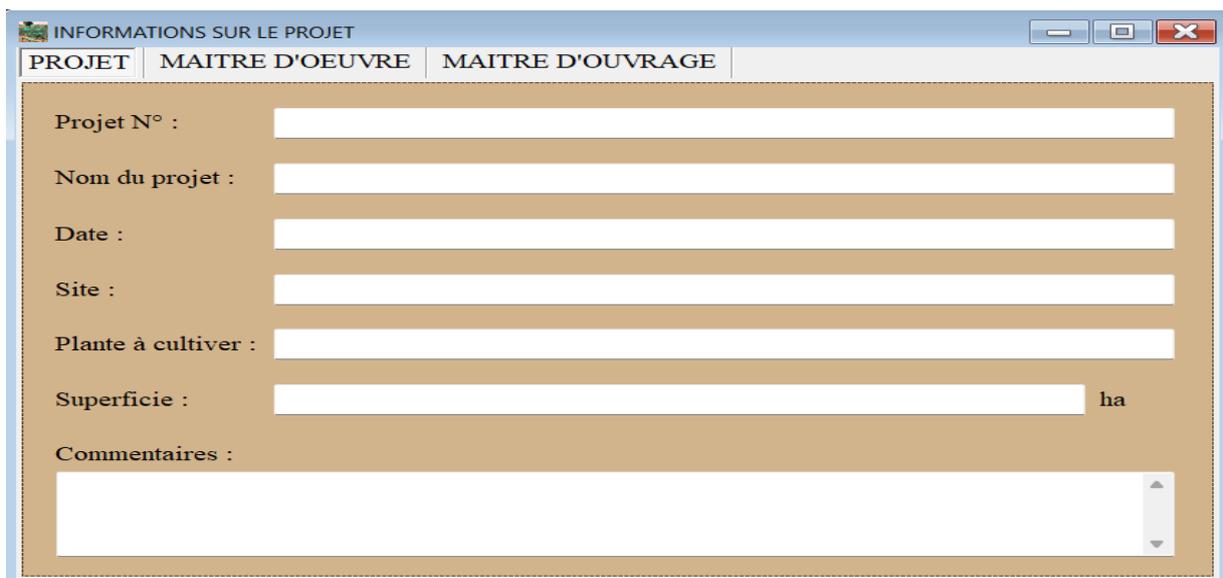
Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

❖ L'email du maître d'œuvre.

✚ L'onglet **Maître d'ouvrage** : Le maître d'ouvrage indique celui pour qui le système d'irrigation doit être étudié, le propriétaire, le client. Les informations contenues sur cet onglet sont celles-ci :

- ❖ Le NOM du maître d'ouvrage,
- ❖ Le ou les Prénom(s) maître d'ouvrage,
- ❖ Le titre du maître d'ouvrage c'est-à-dire technicien, ingénieur ou autre,
- ❖ L'adresse du maître d'ouvrage,
- ❖ Le téléphone du maître d'ouvrage,
- ❖ L'email du maître d'ouvrage.

La **Figure 4** ci-dessous présente uniquement les informations contenues dans le premier onglet Projet. Les onglets **Maître d'œuvre** et **Maître d'ouvrage** sont eux illustrés respectivement par les **Figures 14** et **15** en **Annexe I**.



The screenshot shows a software window titled "INFORMATIONS SUR LE PROJET" with three tabs: "PROJET", "MAITRE D'OEUVRE", and "MAITRE D'OUVRAGE". The "PROJET" tab is active. The form contains the following fields:

- Projet N° : [text input]
- Nom du projet : [text input]
- Date : [text input]
- Site : [text input]
- Plante à cultiver : [text input]
- Superficie : [text input] ha
- Commentaires : [text area]

Figure 4 : Fenêtre de renseignement des informations du projet : Onglet Projet

IV.4. Calcul de tour d'eau et de dose brute

C'est la première fenêtre dans laquelle des calculs vont se faire, et bien sûr en arrière-plan. La fenêtre TOUR D'EAU ET DOSE BRUTE comporte deux onglets : l'onglet DONNEES et l'onglet RESULTATS. Dans l'onglet DONNEES, il s'agit pour l'utilisateur de saisir les données qui seront utilisées en arrière-plan pour effectuer les calculs nécessaires à l'obtention

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

du tour d'eau et de la dose brute. Une fois les calculs terminés en arrière-plan, les résultats sont affichés dans l'onglet RESULTATS dès que l'utilisateur le sélectionne. Les données à saisir dans l'onglet DONNEES sont visibles sur la **Figure 16** en **Annexe II** et sont notamment :

- ✚ L'humidité à la capacité au champ (θ_{FC}),
- ✚ L'humidité au point de flétrissement (θ_{WP}),
- ✚ La réserve utile (RU_{th}),
- ✚ La profondeur racinaire (Z_r),
- ✚ Le facteur de tarissement (p),
- ✚ Le besoin maximum de pointe de la plante (BMP),
- ✚ L'efficience d'application (E_a).

L'onglet RESULTATS quant à lui possède les éléments suivants et cela se voit sur la **Figure 5** ci-dessous :

- ✚ La réserve utile du sol (RU),
- ✚ La réserve facilement utilisable du sol (RFU),
- ✚ La fréquence d'irrigation ou des arrosages (F),
- ✚ Le tour d'eau (T),
- ✚ La dose réelle (D_r),
- ✚ La dose brute (D_b).

Par ailleurs, cette fenêtre comporte également des boutons qui sont d'une grande utilité puisqu'ils offrent une alternative précieuse à l'utilisateur lorsque ce dernier ne dispose pas de certaines données. Autrement dit, ces boutons lorsqu'ils reçoivent des clics de l'utilisateur, permettent de faire apparaître des fenêtres comportant des valeurs standards ou des aperçus de schémas à l'écran, permettant à l'utilisateur de se faire une idée et de renseigner convenablement les valeurs attendues dans les zones de saisie. Il y a notamment les éléments suivants qui sont affichés par bouton :

- ✚ Un schéma indiquant le modèle de réseau d'irrigation,
- ✚ Des valeurs standards de réserve utile (RU) en fonction du type de sol et selon différents auteurs,
- ✚ Des valeurs de facteur de tarissement (p) fonction du type de groupe de culture et de la valeur de l'ETM,
- ✚ Des valeurs de profondeur racinaire (Z_r) en fonction du type de plante à cultiver sur le périmètre à irriguer.

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

TOUR D'EAU ET DOSE BRUTE

DONNEES | RESULTATS

Réserve utile du sol (RU) : mm

Réserve facilement utilisable du sol (RFU) : mm

Fréquence d'irrigation ou des arrosages (F) : j

Tour d'eau (T) : j

Dose réelle (Dr) : mm

Dose brute (Db) : mm

Figure 5 : Illustration de l'onglet RESULTATS pour Tour d'eau et dose brute

En intégrant les données du problème-cas, cité dans la phase de validation, il ressort que les différents résultats obtenus d'une part par dimensionnement manuel, et d'autre part par dimensionnement via DIA sont identiques. La différence entre les deux méthodes réside donc dans le fait que DIA apporte un précieux plus, en termes de gain de temps. En effet, alors que pour le dimensionnement manuel il aurait fallu au technicien **dix (10) minutes** pour calculer tous ces résultats (*Figure 5*) un à un et l'un à la suite de l'autre, l'application DIA gère tous ces calculs en même temps et les renvoie à l'utilisateur dès qu'il a correctement renseigné toutes les données et dès le clic sur l'onglet RESULTATS, le tout en **une (01) minute**. C'est donc très rapide et efficace de passer par l'application DIA puisque DIA en termes de temps mis effectués tous ces calculs pour la durée d'un seul calcul. Ce qui est aussi intéressant avec DIA c'est que dès que les résultats sont disponibles, et qu'il décide de passer à l'étape suivante, les résultats sont automatiquement sauvegardés dans un fichier rapport en arrière-plan, ce qui va lui permettre d'extraire et d'exploiter les résultats une fois son dimensionnement terminé.

IV.5. Sélection d'un asperseur adapté

Cette fenêtre est l'une des plus complexes en ce sens qu'elle fait le lien entre plusieurs types de données et entre plusieurs emplacements de ces données. En effet, elle dispose de trois onglets dont les contenus ont des interliens forts. Les éléments de l'onglet DETAILS_ASPERSEUR sont liés aux éléments sur l'onglet RESULTATS dont les éléments sont eux-mêmes liés à ceux de l'onglet DONNEES. Concrètement, l'utilisateur saisit les données dans l'onglet DONNEES comme son nom l'indique et ces données vont être analysées, traitées et utilisées en arrière-plan

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

par l'application pour produire des résultats et les afficher dans l'onglet suivant (RESULTATS). Les données dernièrement collectées sur l'onglet RESULTATS vont elles aussi être analysées, traitées et utilisées par le technicien pour la recherche de résultats définitifs de sélection d'asperseur dans un catalogue donné. Lorsqu'il a sélectionné un asperseur, le technicien indique les caractéristiques de cet asperseur dans l'onglet DETAILS_ASPERSEUR et ces éléments seront utilisés dans les étapes suivantes pour effectuer d'autres calculs.

Il est intéressant de préciser que les calculs de sélection d'asperseur dans un catalogue fait appel à un fichier PDF, contenant les données de caractéristiques d'asperseurs selon le catalogue choisi par l'utilisateur et que ce fichier s'ouvre automatiquement quand l'utilisateur clique sur le bouton **SELECTION D'UN ASPERSEUR** sur l'onglet RESULTATS. A l'ouverture du catalogue, s'affiche également une fenêtre rappelant les paramètres nécessaires à la recherche d'un asperseur adapté, notamment le débit et la pression nominale.

✚ L'onglet DONNEES dispose des éléments suivants :

- ❖ Le type de disposition des rampes (suivant longueur ou suivant largeur),
- ❖ La dose brute (Db),
- ❖ Le tour d'eau (T),
- ❖ La dénivelée topographique totale (ΔE_{tot}),
- ❖ La perte de charge totale (friction et locale) (ΔH_{tot}),
- ❖ La longueur du périmètre (L_{perim}),
- ❖ La largeur du périmètre (l_{perm}),
- ❖ L'écartement des asperseurs (e_{asp}),
- ❖ L'écartement des rampes d'aspersion (e_{rp}),
- ❖ Le temps journalier d'irrigation (T_{irrig}),
- ❖ La perméabilité du sol (K_{sat}),
- ❖ La sélection de catalogue pour la recherche de l'asperseur.

✚ Les éléments de l'onglet RESULTATS sont les suivants :

- ❖ Le nombre de rampe initial ($N_{rp,init}$),
- ❖ Le temps par poste d'arrosage (T_{post}),
- ❖ Le nombre de poste d'arrosage par jour ($N_{post/j}$),
- ❖ Le nombre initial de rampes en fonctionnement simultané ($N_{rp,sim,init}$),
- ❖ La pluviométrie de l'asperseur (P_{asp}),
- ❖ Le débit nominal d'un asperseur (Q_{asp}),

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ❖ La pression nominale de l'asperseur (P_{nom}),
- ❖ Le diamètre mouillé de l'asperseur (D_m),
- ❖ L'écartement des asperseurs et des rampes ($e_{asp_e_rp}$).

✚ L'onglet DETAILS_ASPERSEUR, quant à lui est constitué des éléments qui suivent :

- ❖ Le nom de l'asperseur dans le catalogue choisi,
- ❖ La hauteur du piquet support élévatoire de l'asperseur (H_{sup_asp}),
- ❖ La pression nominale de l'asperseur dans le catalogue (P_{nom_cat}),
- ❖ Le débit nominal de l'asperseur dans le catalogue (Q_{asp_cat}),
- ❖ Le diamètre mouillé de l'asperseur dans le catalogue (D_{m_cat}).

La **Figure 6** qui suit illustre bien les différents éléments de l'onglet DETAILS_ASPERSEUR et les **Figures 17** et **18** en **Annexe III** illustrent respectivement les éléments situés respectivement sur les onglets DONNEES et RESULTATS.

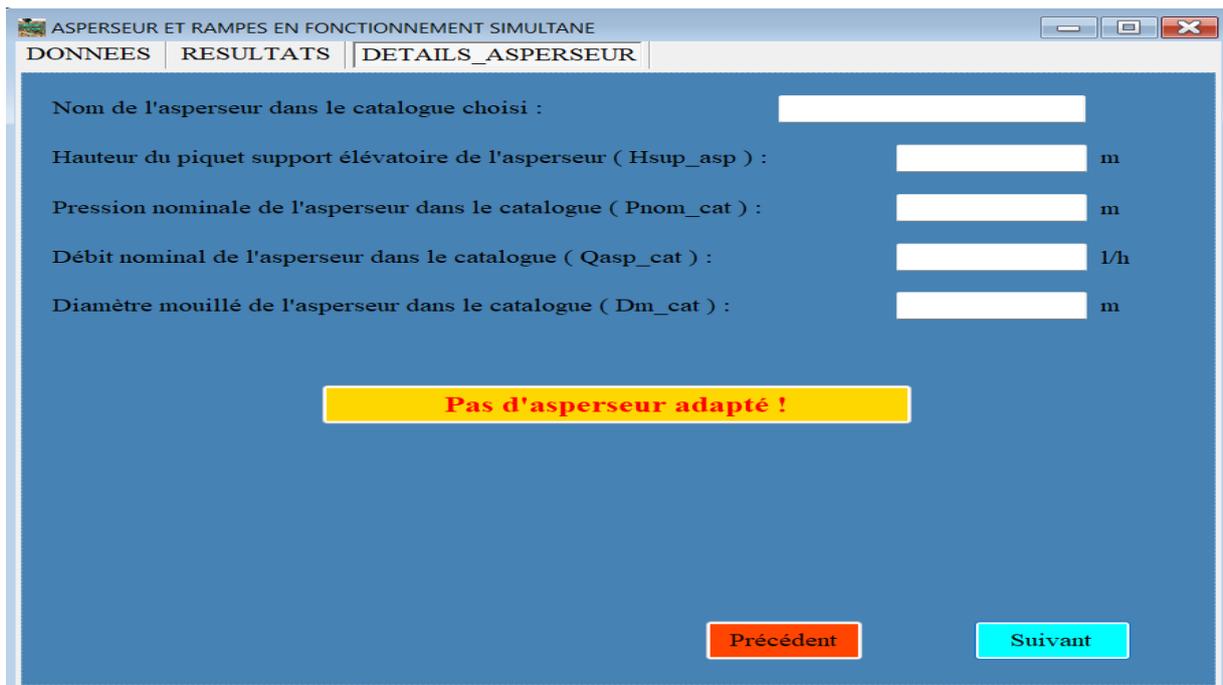


Figure 6 : Onglet DETAILS_ASPERSEUR de la fenêtre de sélection d'asperseur

Tous ces éléments de cette fenêtre rendent la tâche moins ardue au technicien en lui procurant un calcul simultané des différents résultats attendus pour la sélection d'un asperseur. Le technicien ne perd plus de temps à faire tant de calculs consécutifs avant de pouvoir obtenir tout ce qui est attendu comme résultat exploitable. Alors que par la méthode de dimensionnement manuelle il aurait fallu qu'il passe au minimum **vingt-cinq (25) minutes** ;

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

avec DIA, il lui suffit de **quatre (04) minutes** pour saisir les différentes données nécessaires aux calculs et en un clic, l'application DIA lui fournit tous les résultats attendus à cette étape de dimensionnement. De même, les résultats sont automatiquement sauvegardés dans un fichier Excel dès que l'utilisateur en finit avec cette étape, ce qui lui enlève le fardeau de devoir, dans le cas d'un dimensionnement manuel, faire un second travail de récapitulatif des résultats pour l'exploitation.

Aussi, avec le problème-cas utilisé pour la validation, il ressort que tous les résultats (méthode manuelle comme méthode numérique par DIA) sont identiques, ce qui démontre une excellente fiabilité de l'application DIA.

IV.6. Réseau et débit total du système

Cette fenêtre représente l'étape de calcul du débit total du système. Pour y parvenir, deux onglets ont été créés : l'onglet DONNEES et l'onglet RESULTATS. Comme dans les cas précédents, l'onglet DONNEES permet au chargé de dimensionnement de saisir les différentes valeurs indispensables pour le calcul des éléments nécessaires qui permettront d'aboutir à la connaissance du débit total du système.

✚ L'onglet DONNEES comportent entre autres les paramètres suivants et est illustré sur la **Figure 19** en **Annexe IV** :

- ❖ Le nombre de rampe initial ($N_{rp,init}$),
- ❖ Le nombre initial de rampes en fonctionnement simultané ($N_{rp,sim,init}$),
- ❖ L'écartement des rampes d'aspersion (e_{rp}),
- ❖ La longueur du périmètre ($L_{périm}$),
- ❖ La largeur du périmètre ($l_{périm}$),
- ❖ Le débit nominal d'un asperseur (Q_{asp}),
- ❖ La longueur d'un sous-primaire (L_{s_prim}),
- ❖ Le nombre de sous-primaire (N_{s_prim}).

✚ L'onglet RESULTATS pour ce qui le concerne compte les paramètres suivants ; paramètres qui sont obtenus après calcul avec les paramètres précédemment inscrits dans l'onglet DONNEES :

- ❖ La longueur d'une rampe (L_{rp}),
- ❖ Le nombre d'asperseurs par rampe ($N_{asp/rp}$),

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ❖ Le débit d'une rampe (Q_{rp}),
- ❖ La longueur de porte-rampes (L_{prp}),
- ❖ Le nombre de porte-rampes par sous-primaire (N_{prp/s_prim})
- ❖ Le nombre de porte-rampes final (N_{prp_final}),
- ❖ Le nombre de rampes par porte-rampes (N_{rp_prp}),
- ❖ Le nombre de rampes final (N_{rp_final}),
- ❖ Le nombre de rampes en fonctionnement simultané (N_{rp_sim}),
- ❖ Le débit d'un porte-rampes (Q_{prp}),
- ❖ Le nombre d'asperseurs final (N_{asp_final}),
- ❖ Le nombre de porte-rampes en fonctionnement simultané par sous-primaire ($N_{prp_sim_s_prim}$),
- ❖ Le débit d'un sous-primaire (Q_{s_prim}),
- ❖ Le débit d'équipement du système (Q_e),
- ❖ Le débit total du système (Q_{syst}).

La **Figure 7** ci-dessous permet de visualiser l'onglet RESULTATS de la fenêtre réseau et débit total du système.



Paramètre	Unité
Longueur d'une rampe (L_{rp}) :	m
Nombre d'asperseurs par rampe ($N_{asp/rp}$) :	asp/rp
Débit d'une rampe (Q_{rp}) :	l/h
Longueur de porte-rampes (L_{prp}) :	m
Nombre de porte-rampes par sous-primaire (N_{prp/s_prim}) :	prp/s_prim
Nombre de porte-rampes final (N_{prp_final}) :	prp
Nombre de rampes par porte-rampes (N_{rp_prp}) :	rp/prp
Nombre de rampes final (N_{rp_final}) :	rp
Nombre de rampes en fonctionnement simultané (N_{rp_sim}) :	rp.sim
Débit d'un porte-rampes (Q_{prp}) :	l/h
Nombre d'asperseurs final (N_{asp_final}) :	asp
Nombre de porte-rampes en fonctionnement simultané par sous-primaire ($N_{prp_sim_s_prim}$) :	prp.sim/s_prim
Débit d'un sous-primaire (Q_{s_prim}) :	l/h

Figure 7 : Onglet RESULTATS de la fenêtre réseau et débit total du système

Une fois les valeurs saisies, l'application fera l'analyse, le traitement et l'utilisation des données

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

afin d'effectuer des calculs et de faire ressortir les valeurs recherchées sur l'onglet RESULTATS.

Comme illustré précédemment, il y a au moins quinze (15) valeurs à calculer dans cette étape de dimensionnement. S'il faut procéder à ces calculs par la méthode manuelle de dimensionnement, il est clair qu'il faudra le faire un à un et l'un à la suite de l'autre. Dans un tel scénario, si nous comparons la méthode manuelle de calcul à la méthode de calcul par l'application DIA, il ressort évident que la méthode manuelle peut être qualifiée de fastidieuse. En effet, avec l'application DIA, les mêmes résultats sont obtenus comme dans la méthode manuelle quand les mêmes données (par exemple le problème-cas) sont mises en jeu, seulement qu'avec DIA, il y a un très grand avantage qui est l'obtention de tous les résultats de l'étape en un clic, accélérant donc et facilitant grandement la tâche de l'utilisateur ; sans oublier qu'en même temps, un rapport est automatiquement disponible en arrière-plan. Plus concrètement, il faut compter **vingt-cinq (25) minutes** pour les calculs avec la méthode manuelle alors qu'il n'en faut qu'**une (01)** avec le programme DIA.

IV.7. Diamètres, HMT et puissance de la pompe

Cette étape est la plus grande ou plus longue du point de vue de la quantité de données à y renseigner, à analyser, à traiter et à exploiter afin de produire des résultats très attendus pour la suite de l'étude. La fenêtre représentant cette étape de calcul peut être qualifiée comme étant la plus complexe des fenêtres de l'application DIA, puisque c'est une fenêtre qui ne compte pas moins de douze (12) onglets. Les six (06) premiers onglets sont destinés à la saisie des données par l'utilisateur et les six (06) onglets suivants sont destinés à l'affichage des résultats de calcul.

Tous les onglets de saisie de données doivent voir tous leurs paramètres complétés par l'utilisateur afin que les différents calculs soient possibles. Il faut préciser que pour chaque onglet DONNEES, correspond un onglet RESULTATS ; c'est par exemple le cas de l'onglet DONNEES_RAMPES et de l'onglet RESULTATS_RAMPES. Ainsi, une fois que toutes les zones de saisie d'un onglet DONNEES sont renseignées, les calculs sont exécutés en arrière-plan et les résultats se rapportant à cet onglet sont alors disponibles dans son onglet RESULTATS_ correspondant. Il est donc très capital pour l'utilisateur de renseigner correctement les valeurs sur les onglets DONNEES.

Pour plusieurs des onglets DONNEES, il y a des paramètres à compléter qui sont communs à eux, notamment : la nature des conduites (plastiques ou métalliques), les coefficients de

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Calmon-Lechapt (a, N, M), la vitesse limite de l'eau dans le tube. En dehors de ces paramètres, des paramètres distinguent chaque onglet DONNEES, comme il est indiqué dans les lignes qui suivent.

✚ L'onglet DONNEES_RAMPE est illustré par la *Figure 8* suivante et comporte les paramètres suivants :

- ❖ Longueur de la rampe avec service en route (L_{rp}),
- ❖ Débit circulant dans la rampe (Q_{rp}),
- ❖ Côte amont de la rampe (E_{amt_rp}),
- ❖ Côte aval de la rampe (E_{avl_rp}),
- ❖ Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur la rampe (CO_{rp}),
- ❖ Pression nominale de l'asperseur issue du catalogue ($Pnom_cat$).

Paramètre	Unité
Nature des conduites :	Plastiques
Coefficient de Calmon-Lechapt : a	
Coefficient de Calmon-Lechapt : N	
Coefficient de Calmon-Lechapt : M	
Vitesse limite de l'eau dans la rampe (V_{rp}) :	m/s
Longueur de la rampe avec service en route (L_{rp}) :	m
Débit circulant dans la rampe (Q_{rp}) :	l/h
Côte amont de la rampe (E_{amt_rp}) :	m
Côte aval de la rampe (E_{avl_rp}) :	m
Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur la rampe (CO_{rp}) :	
Pression nominale de l'asperseur issue du catalogue ($Pnom_cat$) :	m

Figure 8 : Onglet DONNEES_RAMPE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance

✚ L'onglet DONNEES_PORTE-RAMPE (*Figure 20* en **Annexe V**) regorge en son sein des paramètres comme :

- ❖ Longueur du porte-rampes avec service en route (L_{prp}),
- ❖ Débit circulant dans le porte-rampes (Q_{prp}),
- ❖ Côte amont du porte-rampes (E_{amt_prp}),
- ❖ Côte aval du porte-rampes (E_{avl_prp}),

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ❖ Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le porte-rampes (CO_{prp}).
- ✚ L'onglet **DONNEES_SOUS-PRIMAIRES** (*Figure 21* en **Annexe V**) dispose des éléments qui suivent :
- ❖ Longueur du sous-primaire avec service en route (Ls_{prim}),
 - ❖ Débit circulant dans le sous-primaire (Qs_{prim}),
 - ❖ Côte amont du sous-primaire ($E_{amt_s_prim}$),
 - ❖ Côte aval du sous-primaire ($E_{avl_s_prim}$),
 - ❖ Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le tube (CO_{s_prim}).
- ✚ L'onglet **DONNEES_PRIMAIRES** (*Figure 22* en **Annexe V**) est lui composé des paramètres ci-dessous mentionnés :
- ❖ Longueur du primaire avec service en route (L_{prim}),
 - ❖ Débit circulant dans le primaire (Q_{prim}),
 - ❖ Côte amont du primaire (E_{amt_prim}),
 - ❖ Côte aval du primaire (E_{avl_prim}),
 - ❖ Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le primaire (CO_{prim}).
- ✚ L'onglet **DONNEES_TRANSPORT** (*Figure 23* en **Annexe V**) se constitue lui-même des paramètres qui suivent :
- ❖ Longueur du tube de transport avec service en route (L_{trans}),
 - ❖ Débit circulant dans le tube de transport (Q_{trans}),
 - ❖ Côte amont du tube de transport (E_{amt_trans}),
 - ❖ Côte aval du tube de transport (E_{avl_trans}),
 - ❖ Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le tube de transport (CO_{trans}).
- ✚ L'onglet **DONNEES_PUISSANCE** (*Voir Figure 9*) concerne les données relatives à la puissance de la pompe à utiliser pour le système d'irrigation par aspersion. Ainsi, cet onglet dispose entre autres :
- ❖ Efficacité de la pompe ($e1$),
 - ❖ Efficacité du moteur électrique ($e2$),
 - ❖ Accélération de la pesanteur (g),
 - ❖ Vitesse dans le tuyau d'aspiration (V_{aspir}),

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ❖ Hauteur du piquet support élévatoire de l'asperseur (H_{sup_asp}),
- ❖ Côte minimum du plan d'eau de la ressource (Z_{min_eau}),
- ❖ Côte maximum du périmètre où l'eau doit être distribuée (Z_{max_topo}),
- ❖ Débit de pompage ($Q_{pmp} = Q_{syst}$),
- ❖ Pression nominale de l'asperseur issue du catalogue (P_{nom_cat}),
- ❖ Perte de charges dans les filtres ($\Delta H_{filtres}$),
- ❖ Perte de charges dans le périmètre (ΔH_{perim}),
- ❖ Perte de charges du tube de transport (ΔH_{trans}).

Paramètre	Unité
Efficiéce de la pompe (e_1) :	
Efficiéce du moteur éleétrique (e_2) :	
Accéleération de la pesanteur (g) :	m/s ²
Vitesse dans le tuyau d'aspiration (V_{aspir}) :	m/s
Hauteur du piquet support élévatoire de l'asperseur (H_{sup_asp}) :	m
Côte minimum du plan d'eau de la ressource (Z_{min_eau}) :	m
Côte maximum du périmètre où l'eau doit étre distribuée (Z_{max_topo}) :	m
Débit de pompage ($Q_{pmp} = Q_{syst}$) :	m ³ /h
Pression nominale de l'asperseur issue du catalogue (P_{nom_cat}) :	m
Perte de charges dans les filtres ($\Delta H_{filtres}$) :	m

Figure 9 : Onglet DONNEES_PUISSANCE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance

Comme expliqué précédemment, il est utile de préciser encore que les divers onglets DONNEES interagissent chacun directement par correspondance avec un onglet RESULTATS bien précis. Tous les onglets s'affichant en même temps sur la fenêtre, l'utilisateur doit parcourir onglet par onglet la fenêtre pour insérer les valeurs de paramètres et visualiser les résultats correspondants à chacun.

✚ L'onglet RESULTATS_RAMPES qui s'illustre par la **Figure 10** ci-dessous, tire sa viabilité des données contenues dans l'onglet DONNEES_RAMPES et des calculs y afférents. Il contient les éléments suivants :

- ❖ Diamètre théorique initial ou calculé de la rampe (D_{init_rp}),
- ❖ Diamètre commercial de la rampe (Drp),

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ❖ Perte de charges par friction de la rampe (ΔH_{rp}),
- ❖ Pression maximum le long de la rampe (P_{max_rp}),
- ❖ Pression minimum le long de la rampe (P_{min_rp}),
- ❖ Variation totale de pression par friction et par topographie le long de la rampe (ΔP_{rp}),
- ❖ Variation de pression admissible le long d'une rampe (ΔH_{adm_rp}),
- ❖ Est-ce que $\Delta P_{rp} \leq \Delta H_{adm_rp}$?

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_PRIMAIRES | DONNEES_TRANSPORT | DONNEES_PUISSANCE | RESULTATS_RAMPES | RESULTATS_PORTE-RAMPES

Diamètre théorique initial ou calculé de la rampe (Dinit_rp) : mm

Diamètre commercial de la rampe (Drp) : mm

Perte de charges par friction de la rampe (ΔH_rp) : m

Pression maximum le long de la rampe (Pmax_rp) : m

Pression minimum le long de la rampe (Pmin_rp) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long de la rampe (ΔP_rp) : m

Variation de pression admissible le long d'une rampe (ΔHadm_rp) : m

Est-ce que $\Delta P_{rp} \leq \Delta H_{adm_rp}$?

Figure 10 : Onglet RESULTATS_RAMPE - Fenêtre Diamètres, HMT et Puissance

✚ L'onglet RESULTATS_PORTE-RAMPES (**Figure 24** en **Annexe V**) découle des calculs effectués avec les différents paramètres saisis dans l'onglet DONNEES_PORTE-RAMPES et renvoie comme résultats les éléments suivants :

- ❖ Diamètre théorique initial ou calculé du porte-rampes (D_{init_prp}),
- ❖ Diamètre commercial du porte-rampes (D_{prp}),
- ❖ Perte de charges par friction du porte-rampes (ΔH_{prp}),
- ❖ Pression maximum le long du porte-rampes (P_{max_prp}),
- ❖ Pression minimum le long du porte-rampes (P_{min_prp}),
- ❖ Variation totale de pression par friction et par topographie le long du porte-rampes (ΔP_{prp}),
- ❖ Variation de pression admissible le long d'un porte-rampes (ΔH_{adm_prp}),
- ❖ Est-ce que $\Delta P_{prp} \leq \Delta H_{adm_prp}$?

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

- ✚ L'onglet RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES (*Figure 25* en **Annexe V**) interagit avec les paramètres de calcul inscrits dans l'onglet DONNEES_SOUS-PRIMAIRES pour effectuer des opérations et en afficher les valeurs. Les valeurs des calculs à récupérer sur cet onglet de résultat sont entre autres :
 - ❖ Diamètre théorique initial ou calculé d'un sous-primaire (Dinit_s_prim),
 - ❖ Diamètre commercial du sous-primaire (Ds_prim),
 - ❖ Perte de charges par friction du sous-primaire (ΔH_s_{prim}),
 - ❖ Pression maximum le long du sous-primaire (Pmax_s_prim),
 - ❖ Pression minimum le long du sous-primaire (Pmin_s_prim),
 - ❖ Variation totale de pression par friction et par topographie le long du sous-primaire (ΔP_s_{prim}),
 - ❖ Variation de pression admissible le long d'un sous-primaire ($\Delta H_{adm_s_prim}$),
 - ❖ Est-ce que $\Delta P_s_{prim} \leq \Delta H_{adm_s_prim}$?

- ✚ Les données renseignées dans l'onglet DONNEES_PRIMAIRES par le chargé du dimensionnement sont exploités en arrière-plan pour réaliser des opérations et permettre d'obtenir les valeurs des paramètres qui sont indiqués sur l'onglet RESULTATS_PRIMAIRES (*Figure 26* en **Annexe V**). L'ensemble des paramètres indiqués sur l'onglet RESULTATS_PRIMAIRES sont ceux qui suivent :
 - ❖ Diamètre théorique initial ou calculé d'un primaire (Dinit_prim),
 - ❖ Diamètre commercial du primaire (D_prim),
 - ❖ Perte de charges par friction du primaire (ΔH_{prim}),
 - ❖ Pression maximum le long du primaire (Pmax_prim),
 - ❖ Pression minimum le long du primaire (Pmin_prim),
 - ❖ Variation totale de pression par friction et par topographie le long du primaire (ΔP_{prim}),
 - ❖ Variation de pression admissible le long d'un primaire (ΔH_{adm_prim}),
 - ❖ Est-ce que $\Delta P_{prim} \leq \Delta H_{adm_prim}$?

- ✚ Pour obtenir les valeurs des paramètres situés sur l'onglet RESULTATS_TRANSPORT (*Figure 27* en **Annexe V**), le même principe est appliqué. Les valeurs saisies au niveau de l'onglet DONNEES_TRANSPORT sont collectées en arrière-plan et des formules de calcul sont appliquées afin de retourner des valeurs à stocker dans les paramètres de l'onglet RESULTATS_TRANSPORT. Ces paramètres qui sont de la même catégorie

que les paramètres résultats du paragraphe précédent sont ceux qui suivent :

- ❖ Diamètre théorique initial ou calculé d'un tube de transport (Dinit_trans),
- ❖ Diamètre commercial du tube de transport (D_trans),
- ❖ Perte de charges par friction du tube de transport (ΔH_{trans}),
- ❖ Pression maximum le long du tube de transport (Pmax_trans),
- ❖ Pression minimum le long du tube de transport (Pmin_trans),
- ❖ Variation totale de pression par friction et par topographie le long du tube de transport (ΔP_{trans}),
- ❖ Variation de pression admissible le long d'un tube de transport (ΔH_{adm_trans}),
- ❖ Est-ce que $\Delta P_{trans} \leq \Delta H_{adm_trans}$?

✚ Le dernier onglet du groupe des onglets RESULTATS est l'onglet RESULTATS_PUISSANCE (*Figure 11*) qui restitue dans ses paramètres des valeurs obtenues après des opérations mathématiques effectuées à partir des valeurs collectées depuis l'onglet DONNEES_PUISSANCE. L'ensemble des paramètres de l'onglet RESULTATS_PUISSANCE à afficher à la suite des opérations sont :

- ❖ Perte de charges à l'aspiration (ΔH_{aspir}),
- ❖ Perte de charges relative à l'élévation de l'asperseur (ΔH_{sup_asp}),
- ❖ Perte de charges cumulée par friction dans tout le réseau (ΔH_{frict_tot}),
- ❖ Perte de charges dans les pièces de connexion (tés, coudes, vannes, etc.) (ΔH_{pieces}),
- ❖ Perte de charges liée à la dénivelée topographique totale (ΔH_{geom}),
- ❖ Hauteur Manométrique Totale (HMT),
- ❖ Puissance sortant des batteries vers la pompe (P_out_bat).

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.



Paramètre	Unité
Perte de charges à l'aspiration (ΔH_{aspir}) :	m
Perte de charges relative à l'élévation de l'asperseur ($\Delta H_{\text{sup_asp}}$) :	m
Perte de charges dans le périmètre (ΔH_{perim}) :	m
Perte de charges du tube de transport (ΔH_{trans}) :	m
Perte de charges cumulée par friction dans tout le réseau ($\Delta H_{\text{friect_tot}}$) :	m
Perte de charges dans les pièces de connexion (tés, coudes, vannes, etc.) (ΔH_{pieces}) :	m
Perte de charges liée à la dénivelée topographique totale (ΔH_{geom}) :	m
Hauteur Manométrique Totale (HMT) :	m
Puissance sortant des batteries vers la pompe ($P_{\text{out_bat}}$) :	kW

Figure 11 : Onglet RESULTATS_PUISSANCE - Fenêtre Diamètres, HMT, Puissance

Cette étape de calcul permet de mieux percevoir que du point de vue des avantages, le dimensionnement par l'application DIA l'emporte largement sur le dimensionnement par la méthode manuelle. En effet lorsque l'on sait à quel point le calcul des diamètres est ardu par la méthode manuelle, on peut l'accepter. Par la méthode manuelle, il faut appliquer des formules pour calculer un diamètre théorique, ensuite choisir un diamètre commercial et refaire des calculs de vérification pour confirmer la validité du diamètre commercial choisi. C'est donc dire que tant que le diamètre commercial choisi ne marche pas, il faut faire de nouveaux choix et recommencer encore aux calculs de vérification jusqu'à ce que ça marche. Trouver un diamètre commercial adapté peut donc s'avérer être un travail récalcitrant. A la différence de cela, avec l'application DIA, le travail devient moins fastidieux puisque le diamètre théorique est calculé automatiquement une fois que les données sont saisies et les vérifications se font également automatiquement dès que l'utilisateur indique le diamètre choisi. Quand le diamètre choisi est inadapté, l'application DIA le signale à l'utilisateur qui n'a plus qu'à changer le diamètre commercial ; et si ce n'est toujours pas correct, DIA le signale toujours (les vérifications étant faites automatiquement en arrière-plan) jusqu'à ce que le technicien choisisse une valeur de diamètre commercial qui marche. Aussi, un résumé des résultats de calcul sont automatiquement enregistrés en arrière-plan dans un fichier pour faciliter le besoin de rapport du technicien. Cette étape est gérée en seulement **sept (07) minutes** avec DIA alors qu'il en

faut **soixante (60)** avec le dimensionnement manuel.

IV.8. Volume de stockage d'eau dans le réservoir

Pour cette étape de dimensionnement, une fenêtre à deux (02) onglets a été mise en place. Il y a l'onglet DONNEES_RESERVOIR et l'onglet RESULTATS_RESERVOIR. Comme dans les cas précédents, l'onglet DONNEES_RESERVOIR (Voir **Figure 28** en **Annexe VI**), servira à la saisie des valeurs des paramètres nécessaires aux calculs ; et l'onglet RESULTATS_RESERVOIR servira à l'affichage des résultats de cette étape. L'illustration de la fenêtre, notamment de son onglet RESULTATS_RESERVOIR se voit sur la **Figure 12** ci-dessous.

- ✚ Sur l'onglet DONNEES_RESERVOIR, sont indiqués les paramètres suivants :
 - ❖ Temps nécessaire au pompage (T_{pmp}),
 - ❖ Débit d'irrigation (sortant du réservoir) (Q_{syst}),
 - ❖ Temps d'arrosage journalier (T_{wmax}),
 - ❖ Débit moyen nécessaire au pompage (Q_{pmp}).

- ✚ L'onglet RESULTATS présente quant à lui un certain nombre de valeurs à afficher comme :
 - ❖ Débit sortant (Q_{syst}),
 - ❖ Volume sortant cumulé (V_{syst_cum}),
 - ❖ Débit entrant (Q_{pmp}),
 - ❖ Volume entrant cumulé (V_{pmp_cum}),
 - ❖ Variation de volume cumulé (ΔV),
 - ❖ Volume (V),
 - ❖ Volume forfait de sécurité (V_s),
 - ❖ Volume total nécessaire au stockage (V_{total}).

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

DETERMINATION DU VOLUME NECESSAIRE AU STOCKAGE							Durée de travail
Incrément chronologique :	Δt1	Δt2	Δt3	Δt4	Δt5	Δt6	
Frange horaire :	4h - 8h	8h - 12h	12h - 16h	16h - 20h	20h - 24h	0h - 4h	
Variation de temps Δti (h) :	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Temps cumulé ti (h) :	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00	
Débit sortant Qsyst (m3/h) :			0,00			0,00	16h
Volume sortant cumulé Vsyst_cum (m3) :							
Débit entrant Q_pmp (m3/h) :			0,00	0,00			16h
Volume entrant cumulé V_pmp_cum (m3) :							
Variation de volume cumulé ΔV (m3) :							
Volume V :							m3
Volume forfait de sécurité Vs :							m3
Volume total nécessaire au stockage V_total :							m3

Figure 12 : Onglet RESULTATS_RESERVOIR - Fenêtre Volume du réservoir

Avec l'application DIA, le calcul du volume du réservoir se résume en une affaire d'un simple clic une fois que toutes les données sont renseignées par l'utilisateur. En effet, quand le chargé du dimensionnement finit de renseigner toutes les données de calcul sur l'onglet approprié, il lui suffit de faire un clic sur l'onglet RESULTATS_RESERVOIR et les résultats vont apparaître à l'écran. Cela est un véritable bénéfice vis-à-vis de la méthode de dimensionnement manuelle qui aurait imposé au technicien un long cheminement de calcul pour trouver le volume du réservoir. Avec DIA, cette étape se gère en **une (01) minute** alors qu'avec la méthode manuelle, il faut **vingt (20) minutes** pour en finir avec cette étape de dimensionnement.

IV.9. Unité de pompage du système

Cette fenêtre est la matérialisation de l'étape de recherche d'une source d'énergie pour alimenter la pompe. La source d'énergie considérée dans cette étude étant l'énergie solaire. Cette fenêtre vient avec deux onglets : un onglet DONNEES_POMPAGE qui permettra de saisir des valeurs des variables mis en jeu dans les calculs pour la source d'énergie, et un onglet RESULTATS_POMPAGE qui permettra de présenter les résultats des calculs.

Les paramètres attendus dans l'onglet DONNEES_POMPAGE sont à compléter entièrement avant qu'un clic de l'utilisateur sur l'onglet RESULTATS_POMPAGE ne donne accès aux

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

paramètres de sortie attendus (les résultats attendus).

✚ Les paramètres d'entrée suivants sont indiqués sur l'onglet `DONNEES_POMPAGE` (Voir *Figure 29* en **Annexe VII**) :

- ❖ Puissance sortant des batteries vers la pompe (P_{out_bat}),
- ❖ Temps nécessaire au pompage (T_{pmp}),
- ❖ Temps d'ensoleillement des panneaux solaires (T_{ens}),
- ❖ Voltage unité batterie (U_{bat}),
- ❖ Ampérage unité batterie (IT_{bat}),
- ❖ Taux admissible de décharge batterie (μ),
- ❖ Pertes dans les batteries (δ),
- ❖ Pertes dans les convertisseurs (Θ),
- ❖ Rendement des panneaux solaires (ρ),
- ❖ Module d'un panneau solaire (P_{pan_mod}),
- ❖ Débit d'irrigation (sortant du réservoir) (Q_{syst}),
- ❖ Temps d'arrosage journalier (T_{wmax}),
- ❖ Superficie irriguée (A).

✚ Les variables de sortie qui tirent leurs valeurs des calculs faits en arrière-plan, pour être ensuite affichées dans les zones d'affichage dédiées de l'onglet `RESULTATS_POMPAGE`, sont celles qui mettent fin aux calculs puisque c'est la dernière étape du dimensionnement. Ces variables sont les suivantes et elles sont illustrées sur la *Figure 13* ci-dessous :

- ❖ Puissance fournie par les panneaux solaires aux batteries (P_{in_bat}),
- ❖ Volume d'énergie nécessaire au pompage (E_{bat_pmp}),
- ❖ Energie totale stock batteries (E_{stock_bat}),
- ❖ Energie Unité batterie (E_{bat}),
- ❖ Nombre total de batteries (N_{bat}),
- ❖ Taux d'énergie utilisée par le pompage (Tx_{engie}),
- ❖ Puissance totale des panneaux (P_{out_pan}),
- ❖ Nombre total de panneaux solaires (N_{pan}),
- ❖ Dose brute journalière (Dbj).

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

UNITE DE POMPAGE | DONNEES_POMPAGE | RESULTATS_POMPAGE

DETERMINATION DU STOCK D'ENERGIE NECESSAIRE AU POMPAGE

	$\Delta t1$	$\Delta t2$	$\Delta t3$	$\Delta t4$	$\Delta t5$	$\Delta t6$	Durée de travail
Incrément chronologique :							
Frange horaire :	4h - 8h	8h -	12h -	16h -	20h -	0h - 4h	
Variation de temps Δt_i (h) :	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Temps cumulé t_i (h) :	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00	
Puissance sortante des batteries vers la pompe P_{out_bat} :							16h
Energie sortante cumulée E_{out_bat} (kWh) :							
Puissance fournie par les panneaux solaires aux batteries P :	0,00			0,00	0,00	0,00	8h
Energie entrante cumulée E_{in_bat} (kWh) :	0,00						
Variation de volume énergie cumulée ΔE_{bat} (kWh) :							
Volume d'énergie nécessaire au pompage (E_{bat_pmp}) :							kWh

DETERMINATION DU NOMBRE DE BATTERIES

Energie totale stock batteries (E_{stock_bat}) : kWh

Energie de l'unité batterie (E_{bat}) : kWh

Nombre total de batteries (N_{bat}) : batt

Taux d'énergie utilisée par le pompage (Tx_{engie}) : %

CALCUL DU NOMBRE DE PANNEAUX SOLAIRES

Puissance totale des panneaux (P_{out_pan}) : kW

Nombre total de panneaux solaires (N_{pan}) : pan

Simulation sur la dose brute journalière (Dbj) : mm

Précédent Suivant

Figure 13 : Onglet RESULTATS_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage

Comme dans le cas de l'étape précédente, l'application DIA accélère le dimensionnement et fournit des résultats identiques à ceux du calcul manuel dans le cadre du problème-cas. DIA permet d'épargner l'utilisateur d'une longue série de calculs qu'il doit impérativement faire avant d'aboutir aux résultats s'il était dans le cas d'un dimensionnement manuel. DIA est donc une aubaine, d'autant plus qu'elle permet au technicien de sauvegarder automatiquement les données dans un fichier Excel pour d'éventuelles utilisations. Pour être précis, cette étape de calcul coûtera au technicien pas moins de **trente-cinq (35) minutes** s'il procède par dimensionnement manuel alors qu'il lui suffira de **deux (02) minutes** par le programme DIA.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude a permis effectivement de proposer une solution informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion en passant notamment par des interfaces gérant les différentes étapes : le calcul du tour d'eau et de la dose brute ; la sélection d'un asperseur adapté ; la détermination du débit total du système ; le calcul, des diamètres des conduites, de la HMT et de la puissance de la pompe ; le calcul du nombre de batteries et du nombre de panneaux solaires. La solution informatique trouvée porte le nom DIA (Dimensionnement en Irrigation par Aspersion) et prêt pour apporter sa part à l'accélération du numérique dans le secteur agricole notamment de l'irrigation au Burkina Faso.

L'application DIA sera d'un grand apport pour les techniciens et ingénieurs du domaine de l'irrigation au Burkina Faso, et une des perspectives est qu'elle en appelle à plus d'intéressement de la part de la classe intellectuelle afin de produire de plus en plus des outils numériques puissants et performant afin de booster l'expansion numérique du Burkina Faso. Par ailleurs, l'application DIA demeure perfectible et pourrait servir de base pour la création d'une application pour l'irrigation goutte à goutte.

VI. RECOMMANDATIONS

Au sortir de cette étude, les recommandations suivantes peuvent être émises :

- ✚ Il serait intéressant de penser à développer l'application DIA pour qu'elle soit utilisable sur d'autres supports comme les téléphones Android afin de permettre une meilleure expansion et une grande utilisation par les acteurs concernés.
- ✚ Il serait d'avantage complet, si l'application DIA est capable de manipuler des éléments cartographiques et de collecter automatiquement certaines informations sur les sites à irriguer et de les intégrer dans ces procédures de calcul. Cela est donc un axe d'amélioration de DIA qu'il serait judicieux de considérer dans l'avenir.
- ✚ Ce serait une bonne opportunité de penser également à étendre l'application DIA pour prendre en compte le dimensionnement d'autres types de systèmes d'irrigation comme, l'irrigation goutte à goutte.

VII. BIBLIOGRAPHIE

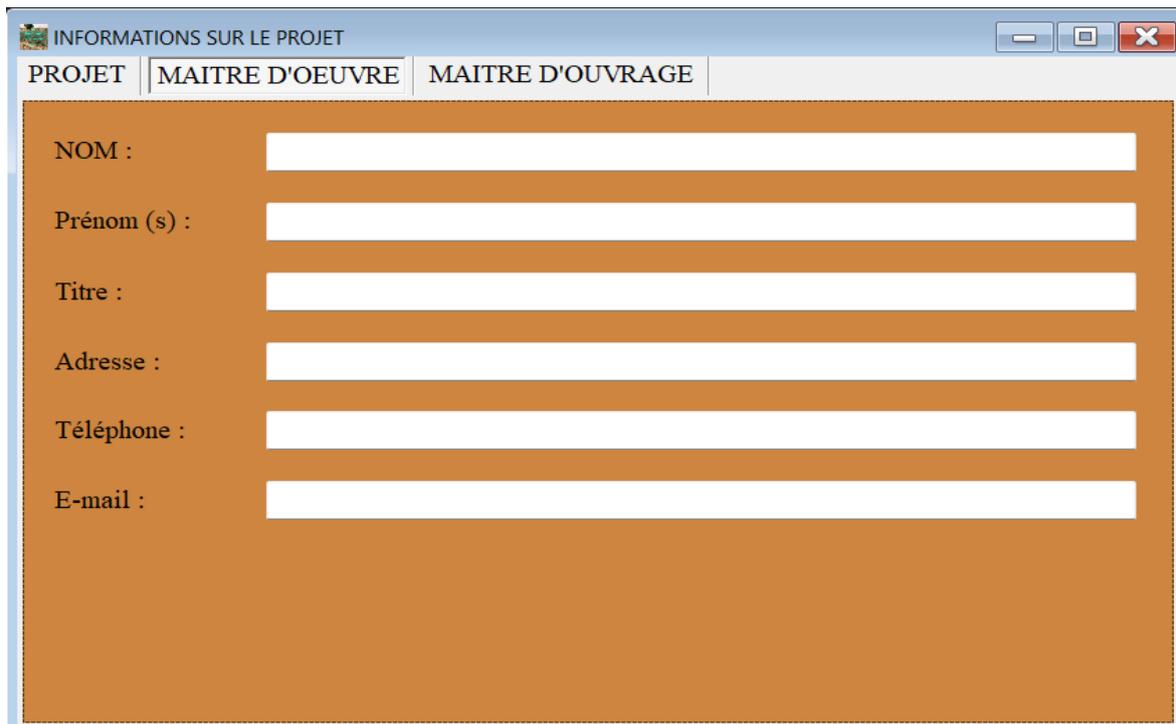
- Barnaby, T. (2002).** *Distributed .NET Programming in VB .NET* (Softcover reprint of the original 1st ed. édition). Apress.
- Baurand, F. (2014).** *Visual Basic .NET : Cours et exercices corrigés*. ELLIPSES.
- Blair, R., Crossland, J., Reynolds, M., & Willis, T. (2004).** *Beginning VB.NET*. John Wiley & Sons.
- Che, H. (2005).** Review of « Object-Oriented Programming with Visual Basic.NET by Michael McMillan »; Cambridge University Press : Cambridge, ©2004, 0-521-53983-8. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 30(2), 29-30. <https://doi.org/10.1145/1050849.1050870>
- CIRAD. (2022, novembre 16).** *IRRIS, une application mobile sous Android pour concevoir son système d'irrigation*. CIRAD. <https://www.cirad.fr/dans-le-monde/nos-directions-regionales/afrique-de-l-ouest-zone-seche/actualites/irris-une-application-mobile-sous-android-pour-concevoir-son-systeme-d-irrigation>
- Clark, T. (2008).** *Excel in VB.NET Programming Interview Questions : Advanced Excel Programming Interview Questions, Answers, and Explanations in Vb.net*. Equity Press.
- Crouch, M. J. (2002).** *ASP.NET and VB.NET Web Programming* (1er édition). Addison-Wesley Professional.
- Cuenca, R. H. (1989).** *Irrigation system design : An engineering approach*. Prentice Hall.
- Depeweg, H. W. T. (1998).** *Field irrigation and drainage : Surface irrigation methods*. IHE.
- Dorseuil, A. (2002).** *VB.Net* (1er édition). Micro application.
- Groussard, T. (2002).** *VB.NET*. Editions ENI.
- Gundekar, H. G., Khodke, U. M., Sarkar, S., & Rai, R. K. (2008).** Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrigation Science*, 26(2), 169-175. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0083-y>
- IRRICAD** by Nelson Irrigation. (s. d.). Consulté 27 juillet 2024, à l'adresse <https://nelsonirrigation.com/fr/products/software/irricad>
- Keïta, A. (2020).** *Micro-aspersion par pompage photovoltaïque : Les manuels pratiques du développement durable*. Ouagadougou, Burkina Faso. Ed. QAF. 2020. 172 pp. ISBN 978-2-9574983-0-7.
- Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990).** *Sprinkler and trickle irrigation*. Van Nostrand Reinhold.
- Lasserre, P. (2011).** *Cours VB. NET*. Developpez. com. <https://www.academia.edu/download/51109660/plasserre-vb-net2.pdf>

- LEGHDAICH, M. (2016).** *LE VRAIS DEBUTANT dans la Programmation VB.Net : Formation en Programmation avec VB.net.* Mohammad LEGHDAICH.
- Mansfield, R. (2003).** *Visual Basic .NET All-in-One Desk Ref for Dummies.* For Dummies.
- Martinet, T. (2013).** *Apprenez à programmer en VB.NET* (1er édition). OpenClassrooms.
- Moore, K. (2003).** *The Ultimate VB .Net and ASP.Net Code Book* (Softcover reprint of the original 1st ed. édition). Apress.
- Morrison, J., & Cornell, G. (2008).** *Programming VB .NET: A Guide For Experienced Programmers.* Apress.
- Pearce, M. (2003).** *Comprehensive Vb .Net Debugging* (Softcover reprint of the original 1st ed. édition). Apress.
- PhD, S. R., Petrusha, R., & Lomax, P. (2002).** *VB.NET Language Pocket Reference : Syntax and Descriptions of the Visual Basic .NET Language* (1er édition). O'Reilly Media.
- Phocaidés, A. (2004).** *Handbook on pressurized irrigation techniques.* Scientific Publishers (India).
- Putier, S. (2015).** *VB.NET et Visual Studio 2015—Les fondamentaux du langage* (Illustrated édition). Editions ENI.
- RainCAD AutoCAD Edition.** (s. d.). Consulté 29 juillet 2024, à l'adresse <https://raincad-autocad-edition.updatestar.com/fr>
- Reynolds, M. (2002).** *.Net Enterprise. Development In Vb.Net : From Design To Deployment* (1er édition). WROX Press Ltd.
- Rolland, L. (1982).** *Mechanized sprinkler irrigation.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Savva, A. P., & Frenken, K. (2001).** *Sprinkler irrigation systems : Planning, design, operation and maintenance.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Sub-Regional Office for East and Southern Africa (SAFR).
<http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/51092528.html>
- Tec&Doc. (2007).** *Bases et techniques de l'irrigation par aspersion.* Tec & Doc Lavoisier.
- Wakefield, C. (2001).** *VB. net Developer's Guide.* Citeseer.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=32a05bb8ac885c2a41b829775628914b5e081d5a>
- Wu, C. (2006).** *Professional Design Patterns in Vb.Net : Building Adaptable Applications: Building Adaptable Applications* (Softcover reprint of the original 1st ed. édition). Apress.
- Yamacli, S. (2019).** *Beginner's Guide to Visual Basic .NET Programming : A Practical Approach to VB.NET.* Independently published.

VIII. ANNEXES

<u>Annexe I : Autres onglets de la fenêtre Informations sur le projet</u>	42
<u>Annexe II : Onglet DONNEES de la fenêtre Tour d'eau et dose brute</u>	43
<u>Annexe III : Onglets DONNEES et RESULTATS de la fenêtre de sélection d'asperseur.</u> 44	
<u>Annexe IV : Onglet DONNEES de la fenêtre réseau et débit total du système</u>	45
<u>Annexe V : Autres onglets de la fenêtre Diamètres, HMT et puissance de la pompe</u>	46
<u>Annexe VI : Onglet DONNEES_RESERVOIR de la fenêtre volume du réservoir</u>	50
<u>Annexe VII : Onglet RESULTATS_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage</u>	51
<u>Annexe VIII : Manuel d'utilisation de l'application DIA</u>	52

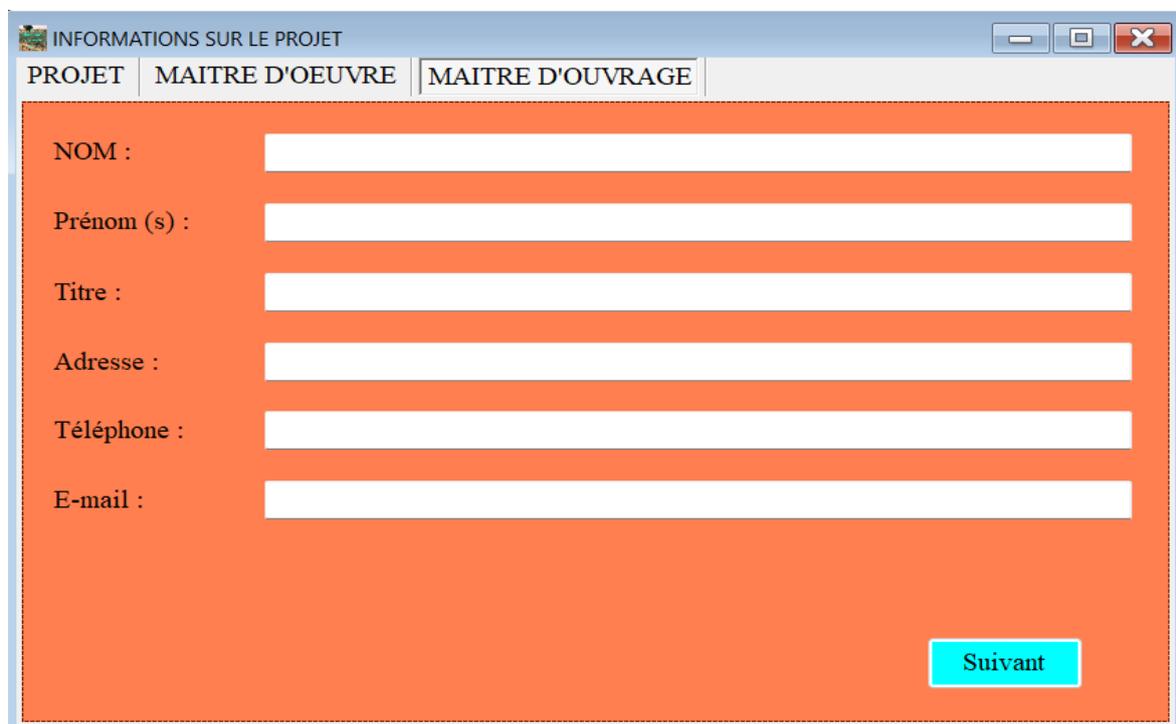
Annexe I : Autres onglets de la fenêtre Informations sur le projet



The screenshot shows a software window titled 'INFORMATIONS SUR LE PROJET'. It has three tabs: 'PROJET', 'MAITRE D'OEUVRE', and 'MAITRE D'OUVRAGE'. The 'MAITRE D'OEUVRE' tab is selected. The main area is a light blue form with the following fields:

- NOM :
- Prénom (s) :
- Titre :
- Adresse :
- Téléphone :
- E-mail :

Figure 14 : Onglet Maître d'œuvre de la fenêtre Informations sur le projet



The screenshot shows the same software window, but with the 'MAITRE D'OUVRAGE' tab selected. The form fields are identical to the previous tab. Additionally, a cyan button labeled 'Suivant' is located at the bottom right of the form area.

Suivant

Figure 15 : Onglet Maître d'ouvrage de la fenêtre Informations sur le projet

Annexe II : Onglet DONNEES de la fenêtre Tour d'eau et dose brute

The screenshot shows a software window titled "TOUR D'EAU ET DOSE BRUTE" with two tabs: "DONNEES" (selected) and "RESULTATS". The main area is a light brown panel with the following parameters and controls:

- Humidité à la capacité au champ (θ_{FC}) :
- Humidité au point de flétrissement (θ_{WP}) :
- Réserve utile théorique (RU_{th}) : mm [Consulter](#)
- Profondeur racinaire (Z_r) : mm [Consulter](#)
- Facteur de tarissement (p) : [Consulter](#)
- Besoin maximum de pointe de la plante (BMP) : mm/j
- Efficiencce d'application (E_a) : %

At the bottom left, there is a button labeled [Voir le modèle de réseau](#).

Figure 16 : Onglet DONNEES de la fenêtre Tour d'eau et dose brute

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

Annexe III : Onglets DONNEES et RESULTATS de la fenêtre de sélection d'asperseur

ASPERSEUR ET RAMPES EN FONCTIONNEMENT SIMULTANE

DONNEES RESULTATS DETAILS_ASPERSEUR

Comment sont disposées les rampes ? Suivant longueur

Tour d'eau (T) : Voir le modèle de réseau

Dose brute (Db) :

Dénivelée topographique totale (ΔE_{tot}) :

Perte de charge totale (friction et locale) (ΔH_{tot}) :

Longueur du périmètre (L_perim) :

Largeur du périmètre (La_perm) :

Ecartement des asperseurs (E_asp) :

Ecartement des rampes d'aspersion (E_rp) :

Temps journalier d'irrigation (T_irrig) :

Temps par poste d'arrosage (Tpost) :

Perméabilité du sol (Ksat) :

Figure 17 : Onglet DONNEES de la fenêtre de sélection d'asperseur

ASPERSEUR ET RAMPES EN FONCTIONNEMENT SIMULTANE

DONNEES RESULTATS DETAILS_ASPERSEUR

Nombre de rampe initial (Nrp,init) :

Nombre de poste d'arrosage par jour (Npost/j) :

Nombre initial de rampes en fonctionnement simultané (Nrp.sim,init) :

Pluviométrie de l'asperseur (Pasp) :

Débit nominal d'un asperseur (Qasp) :

Pression nominale de l'asperseur (Pnom) :

Diamètre mouillé de l'asperseur (Dm) :

Ecartement des asperseurs et des rampes (E_asp_E_rp) :

Sélection de catalogue : Laiwu_HYRT

SELECTION D'UN ASPERSEUR

Figure 18 : Onglet RESULTATS de la fenêtre de sélection d'asperseur

Annexe IV : Onglet DONNEES de la fenêtre réseau et débit total du système

The screenshot shows a software window titled "RESEAU ET DEBIT TOTAL DU SYSTEME" with two tabs: "DONNEES" (selected) and "RESULTATS". The "DONNEES" tab contains the following input fields:

Nombre de rampe initial ($N_{rp,init}$) :	<input type="text"/>	rp
Nombre initial de rampes en fonctionnement simultané ($N_{rp,sim,init}$) :	<input type="text"/>	rp,sim
Ecartement des rampes d'aspersion (E_{rp}) :	<input type="text"/>	m
Longueur du périmètre (L_{perim}) :	<input type="text"/>	m
Largeur du périmètre (La_{perm}) :	<input type="text"/>	m
Débit nominal d'un asperseur (Q_{asp}) :	<input type="text"/>	l/h
Longueur d'un sous-primaire (Ls_{prim}) :	<input type="text"/>	m
Nombre de sous-primaire (Ns_{prim}) :	<input type="text"/>	s _{prim}

Figure 19 : : Onglet DONNEES de la fenêtre réseau et débit total du système

Annexe V : Autres onglets de la fenêtre Diamètres, HMT et puissance de la pompe

The screenshot shows the 'DONNEES_PORTE-RAMPES' tab of a software window titled 'DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE'. The window has a menu bar with 'DONNEES_RAMPES', 'DONNEES_PORTE-RAMPES', 'DONNEES_SOUS-PRIMAIRES', 'DONNEES_PRIMAIRES', and 'DONNEES_TRANSP'. The main area contains the following fields:

Nature des conduites :	Plastiques
Coefficient de Calmon-Lechapt : a	<input type="text"/>
Coefficient de Calmon-Lechapt : N	<input type="text"/>
Coefficient de Calmon-Lechapt : M	<input type="text"/>
Vitesse limite de l'eau dans le porte-rampes (V_prp) :	<input type="text"/> m/s
Longueur du porte-rampes avec service en route (L_prp) :	<input type="text"/> m
Débit circulant dans le porte-rampes (Q_prp) :	<input type="text"/> l/h
Côte amont du porte-rampes (E_amt_prp) :	<input type="text"/> m
Côte aval du porte-rampes (E_avl_prp) :	<input type="text"/> m
Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le porte-rampes (CO_prp) :	<input type="text"/> Consulter

Figure 20 : Onglet *DONNEES_PORTE-RAMPES* - Fenêtre *Diamètres, HMT*

The screenshot shows the 'DONNEES_SOUS-PRIMAIRES' tab of the same software window. The main area contains the following fields:

Nature des conduites :	Plastiques
Coefficient de Calmon-Lechapt : a	<input type="text"/>
Coefficient de Calmon-Lechapt : N	<input type="text"/>
Coefficient de Calmon-Lechapt : M	<input type="text"/>
Vitesse limite de l'eau dans un sous-primaire (Vs_prim) :	<input type="text"/> m/s
Longueur du sous-primaire avec service en route (Ls_prim) :	<input type="text"/> m
Débit circulant dans le sous-primaire (Qs_prim) :	<input type="text"/> l/h
Côte amont du sous-primaire (E_amt_s_prim) :	<input type="text"/> m
Côte aval du sous-primaire (E_avl_s_prim) :	<input type="text"/> m
Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le tube (CO_s_prim) :	<input type="text"/> Consulter

Figure 21 : Onglet *DONNEES_SOUS-PRIMAIRES* - Fenêtre *Diamètres, HMT*

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_RAMPES | DONNEES_PORTE-RAMPES | DONNEES_SOUS-PRIMAIRES | **DONNEES_PRIMAIRES** | DONNEES_TRANSP

Nature des conduites :

Coefficient de Calmon-Lechapt : a

Coefficient de Calmon-Lechapt : N

Coefficient de Calmon-Lechapt : M

Vitesse limite de l'eau dans le primaire (V_{prim}) : m/s

Longueur du primaire avec service en route (L_{prim}) : m

Débit circulant dans le primaire (Q_{prim}) : l/h

Côte amont du primaire (E_{amt_prim}) : m

Côte aval du primaire (E_{avl_prim}) : m

Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le primaire (CO_{prim}) : [Consulter](#)

Figure 22 : Onglet DONNEES_PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_PORTE-RAMPES | DONNEES_SOUS-PRIMAIRES | DONNEES_PRIMAIRES | **DONNEES_TRANSPORT** | DONNEES_PUI

Nature des conduites :

Coefficient de Calmon-Lechapt : a

Coefficient de Calmon-Lechapt : N

Coefficient de Calmon-Lechapt : M

Vitesse limite de l'eau dans le tube de transport (V_{trans}) : m/s

Longueur du tube de transport avec service en route (L_{trans}) : m

Nombre de tubes primaires fonctionnant simultanément (N_{prim_sim}) :

Débit circulant dans le tube de transport (Q_{trans}) : l/h

Côte amont du tube de transport (E_{amt_trans}) : m

Côte aval du tube de transport (E_{avl_trans}) : m

Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur le tube de transport (CO_{trans}) : [Consulter](#)

Figure 23 : Onglet DONNEES_TRANSPORT - Fenêtre Diamètres, HMT

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_TRANSPORT | DONNEES_PUISSANCE | RESULTATS_RAMPES | RESULTATS_PORTE-RAMPES | RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES

Diamètre théorique initial ou calculé du porte-rampes (D_{init_prp}) : mm

Diamètre commercial du porte-rampes (D_{prp}) : mm

Perte de charges par friction du porte-rampes (ΔH_{prp}) : m

Pression maximum le long du porte-rampes (P_{max_prp}) : m

Pression minimum le long du porte-rampes (P_{min_prp}) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long du porte-rampes (ΔP_{prp}) : m

Variation de pression admissible le long d'un porte-rampes (ΔH_{adm_prp}) : m

Est-ce que $\Delta P_{prp} \leq \Delta H_{adm_prp}$?

Figure 24 : Onglet RESULTATS_PORTE-RAMPES - Fenêtre Diamètres, HMT

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_PUISSANCE | RESULTATS_RAMPES | RESULTATS_PORTE-RAMPES | RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES | RESULTATS_TRANSPORT

Diamètre théorique initial ou calculé d'un sous-primaire ($D_{init_s_prim}$) : mm

Diamètre commercial du sous-primaire (D_{s_prim}) : mm

Perte de charges par friction du sous-primaire (ΔH_{s_prim}) : m

Pression maximum le long du sous-primaire ($P_{max_s_prim}$) : m

Pression minimum le long du sous-primaire ($P_{min_s_prim}$) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long du sous-primaire (ΔP_{s_prim}) : m

Variation de pression admissible le long d'un sous-primaire ($\Delta H_{adm_s_prim}$) : m

Est-ce que $\Delta P_{s_prim} \leq \Delta H_{adm_s_prim}$?

Figure 25 : Onglet RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT

Proposition d'un programme informatique pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion.

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES RESULTATS_PRIMAIRES RESULTATS_TRANSPORT RESULTATS_PUISSANCE

Diamètre théorique initial ou calculé d'un primaire (D_{init_prim}) : mm

Diamètre commercial du primaire (D_{prim}) : mm

Perte de charges par friction du primaire (ΔH_{prim}) : m

Pression maximum le long du primaire (P_{max_prim}) : m

Pression minimum le long du primaire (P_{min_prim}) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long du primaire (ΔP_{prim}) : m

Variation de pression admissible le long d'un primaire (ΔH_{adm_prim}) : m

Perte de charges cumulée sur tout le périmètre irrigué ($\Delta P_{perimetre}$) : m

Perte de charges admissible sur tout le périmètre irrigué (ΔP_{adm_perim}) : m

Est-ce que $\Delta P_{prim} \leq \Delta H_{adm_prim}$?

Est-ce que $\Delta P_{perimetre} \leq \Delta P_{adm}$?

Figure 26 : Onglet RESULTATS_PRIMAIRES - Fenêtre Diamètres, HMT

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

RESULTATS_SOUS-PRIMAIRES RESULTATS_PRIMAIRES RESULTATS_TRANSPORT RESULTATS_PUISSANCE

Diamètre théorique initial ou calculé d'un tube de transport (D_{init_trans}) : mm

Diamètre commercial du tube de transport (D_{trans}) : mm

Perte de charges par friction du tube de transport (ΔH_{trans}) : m

Pression maximum le long du tube de transport (P_{max_trans}) : m

Pression minimum le long du tube de transport (P_{min_trans}) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long du tube de transport (ΔP_{trans}) : m

Variation de pression admissible le long d'un tube de transport (ΔH_{adm_trans}) : m

Est-ce que $\Delta P_{trans} \leq \Delta H_{adm_trans}$?

Figure 27 : Onglet RESULTATS_TRANSPORT - Fenêtre Diamètres, HMT

Annexe VI : Onglet DONNEES_RESERVOIR de la fenêtre volume du réservoir

The screenshot shows a software window titled 'RESERVOIR' with two tabs: 'DONNEES_RESERVOIR' (selected) and 'RESULTATS_RESERVOIR'. The main area is a light brown background with four input fields, each with a label and a unit:

Temps nécessaire au pompage (T_{pmp}) :	<input type="text"/>	h
Débit d'irrigation (sortant du réservoir) (Q_{syst}) :	<input type="text"/>	m ³ /h
Temps d'arrosage journalier (T_{wmax}) :	<input type="text"/>	h
Débit moyen nécessaire au pompage Q_{pmp} :	<input type="text"/>	m ³ /h

Figure 28 : Onglet DONNEES_RESERVOIR - Calcul du volume du réservoir

Annexe VII : Onglet RESULTATS_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage

Paramètre	Unité
Puissance sortante des batteries vers la pompe (P_{out_bat}) :	kW
Temps nécessaire au pompage (T_{pmp}) :	h
Temps d'ensoleillement des panneaux solaires (T_{ens}) :	h
Voltage unité batterie (U_{bat}) :	V
Ampérage unité batterie (IT_{bat}) :	Ah
Taux admissible de décharge batterie (μ) :	%
Pertes dans les batteries (δ) :	%
Pertes dans les convertisseurs (Θ) :	%
Rendement des panneaux solaires (ρ) :	%
Module d'un panneau solaire (P_{pan_mod}) :	Wc
Débit d'irrigation (sortant du réservoir) (Q_{syst}) :	m ³ /h
Temps d'arrosage journalier (T_{wmax}) :	h
Superficie irriguée (A) :	ha

Figure 29 : Onglet DONNEES_POMPAGE de la fenêtre unité de pompage

Annexe VIII : Manuel d'utilisation de l'application DIA

MANUEL D'UTILISATION DE DIA



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	54
LISTE DES FIGURES	55
I. INTRODUCTION	56
II. INSTALLATION	56
III. UTILISATION DE L'APPLICATION DIA	56
III.1. Fenêtre principale.....	56
III.2. Procédure de dimensionnement	57
III.2.1. Informations sur le projet.....	58
III.2.2. Tour d'eau et dose brute.....	58
III.2.3. Asperseurs et rampes en fonctionnement simultané.....	59
III.2.4. Réseau et débit total du système	62
III.2.5. Diamètres, HMT et puissance à la pompe	63
III.2.6. Calcul de la capacité du réservoir	65
III.2.7. Dimensionnement de l'unité de pompage.....	66
IV. DEPANNAGE.....	67

LISTE DES FIGURES

Figure 30 : Fenêtre principale de l'application DIA 57

Figure 31 : Fenêtre de saisie des informations sur le projet 58

Figure 32 : Fenêtre pour les calculs de tour d'eau et de dose brute 59

Figure 33 : Fenêtre pour les calculs relatifs aux asperseurs et rampes 60

Figure 34 : Onglet RESULTATS de la fenêtre pour Asperseur et rampes..... 61

Figure 35 : Illustration de l'onglet DETAILS_ASPERSEURS 62

Figure 36 : Fenêtre pour le réseau et le débit total du système 63

Figure 37 : Interface pour les diamètres, la HMT et la puissance à la pompe 64

Figure 38 : Illustration de l'onglet RESULTATS_RAMPES 65

Figure 39 : Illustration de l'interface de calcul de la capacité du réservoir..... 66

Figure 40 : Fenêtre gérant les calculs de l'unité de pompage..... 67

Figure 41 : Illustration de l'onglet Aide et ses sous-menus 68

I. INTRODUCTION

Bienvenue dans ce manuel d'utilisation de DIA (**D**imensionnement en **I**rrigation par **A**aspersión)
! Il est conçu pour vous aider à installer et utiliser efficacement l'application DIA pour faire le dimensionnement de vos systèmes d'irrigation par aspersion.

II. INSTALLATION

Pour installer l'application DIA, veuillez suivre les différentes étapes suivantes :

- + Téléchargez le fichier d'installation sur votre ordinateur ;
- + Double-cliquez sur le fichier d'installation pour démarrer le processus d'installation ;
- + Suivez les instructions à l'écran pour terminer l'installation.

Il faut noter que pour une installation réussie et un fonctionnement adéquat de l'application DIA, votre ordinateur devra avoir les spécifications minimales suivantes :

- + Système d'exploitation : Windows 7 ou ultérieur ;
- + RAM : 512 Mo de mémoire minimum ;
- + Espace disque nécessaire : 2 Go.

III. UTILISATION DE L'APPLICATION DIA

III.1. Fenêtre principale

La fenêtre principale présente deux menus comme indiqués sur la *Figure 30* ci-dessous : le menu **Fichier** et le menu **Aide**.

Le menu **Fichier** comprend les sous-menus suivants :

- + **Nouveau projet** : Un clic sur ce sous-menu permet de démarrer pour un nouveau projet, la procédure de dimensionnement ;
- + **Résultats** : Pour exporter les résultats de calcul sous format .xlsx ;
- + **Quitter** : Pour fermer l'application.

Le menu **Aide** compte trois sous-menus :

- + Le sous-menu **Tutoriel** : Il permet d'ouvrir un manuel d'utilisation pour aider l'utilisateur à faire son dimensionnement ;

- ✚ Le sous-menu **Dépannage** : Il donne des indications pour résoudre un certain nombre de problèmes que l'utilisateur pourrait rencontrer ;
- ✚ Le sous-menu **A propos de DIA** : Ce sous-menu donne des informations sur l'application DIA telles que :
 - ❖ **Le Nom** : DIA (Dimensionnement en Irrigation par Aspersion) ;
 - ❖ **La version** : Version 1.0 ; 31 Juillet 2024 ;
 - ❖ **Les auteurs** : Tounwendsida Florentin ZONGO, Pr. Amadou KEITA et Dr. Malicki ZOROM ;
 - ❖ **Le Copyright** © : 2iE 2024;
 - ❖ **Le lien de téléchargement** : <https://www.2ie-edu.org/>;
 - ❖ **L'adresse de 2iE** : Rue de la Science - 01 BP 594 Ouagadougou 01 - Burkina Faso
Téléphone : +226 25 49 28 00 ; Fax : +226 25 49 28 01

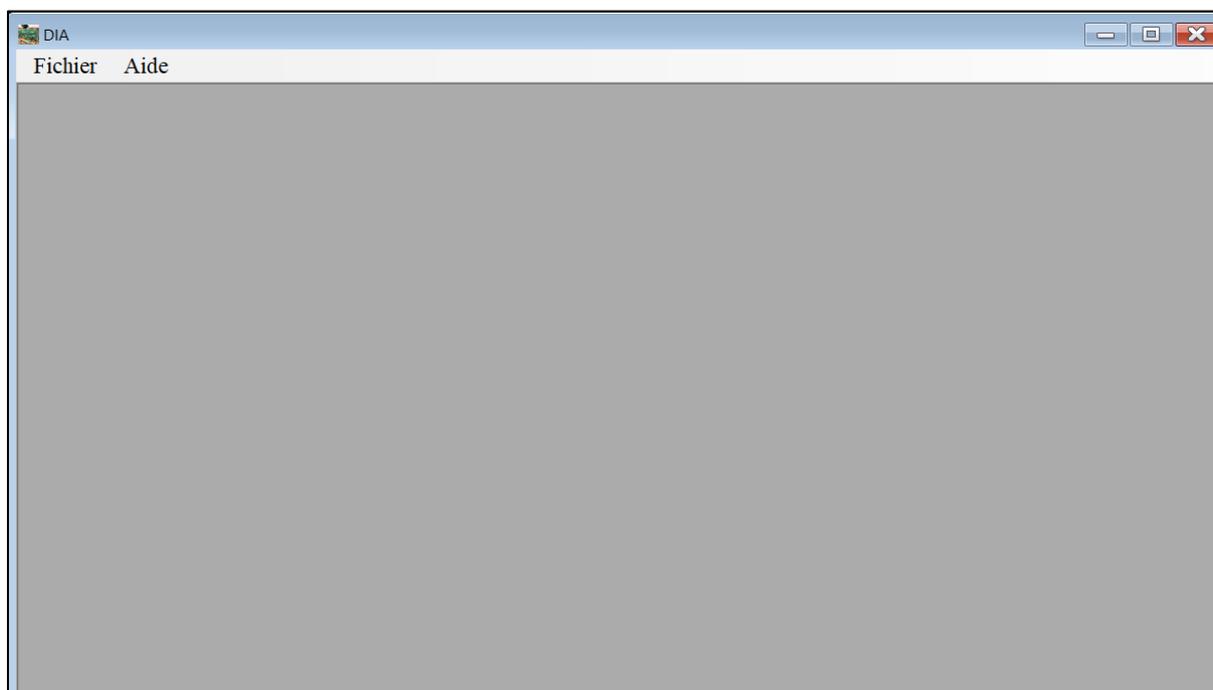


Figure 30 : Fenêtre principale de l'application DIA

III.2. Procédure de dimensionnement

Dans cette partie, nous indiquerons les différentes étapes de dimensionnement de votre système d'irrigation par aspersion avec notre application DIA.

III.2.1. Informations sur le projet

Une fois que la fenêtre principale (Voir *Figure 30*) est affichée, veuillez sélectionner **Nouveau projet** dans le menu **Fichier**. La fenêtre **Informations sur le projet** (Confère *Figure 31* ci-dessous) apparaît avec trois onglets *PROJET*, *MAITRE D'OEUVRE* ET *MAITRE D'OUVRAGE*. Une fois que toutes les informations sur la fenêtre ont été renseignées, vous pouvez fermer la fenêtre ou cliquer sur le bouton **Suivant** afin de passer à la prochaine étape de dimensionnement (**Tour d'eau et dose brute**).

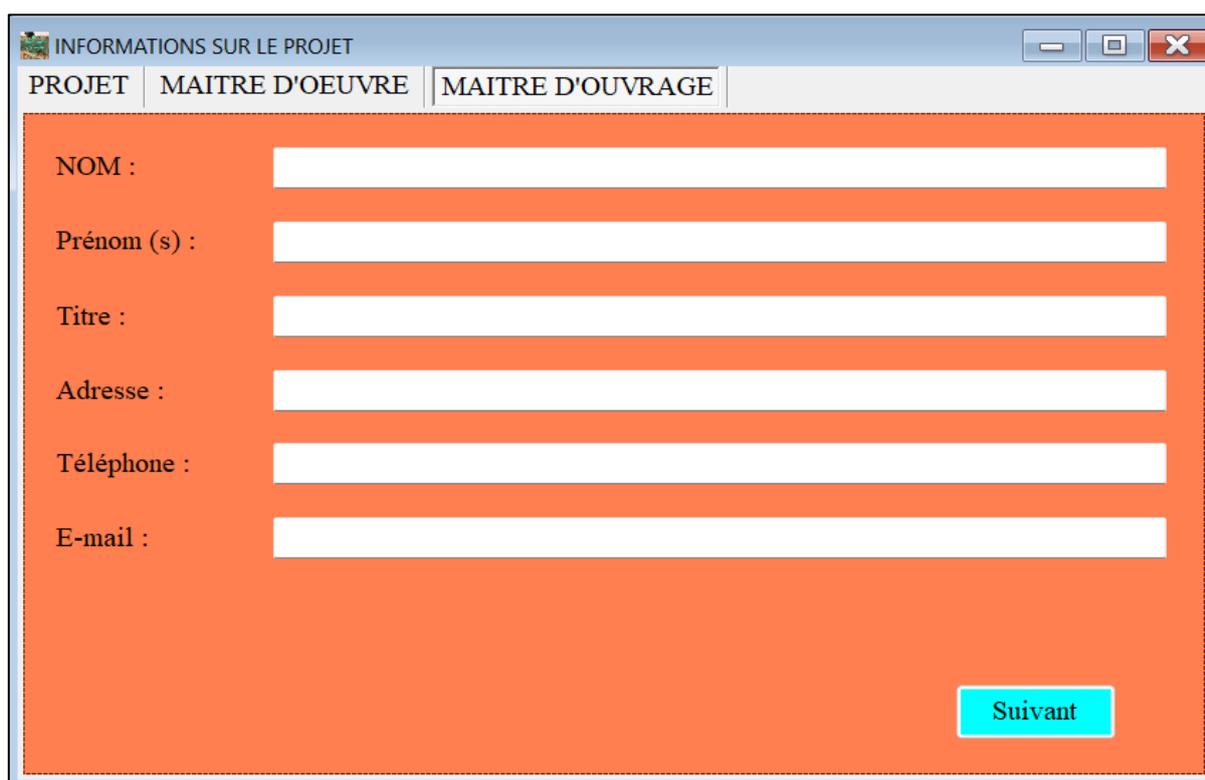


Figure 31 : Fenêtre de saisie des informations sur le projet

III.2.2. Tour d'eau et dose brute

Cette fenêtre (*Figure 32*) ci-dessous, comme son nom l'indique permet de faire les calculs pour obtenir le tour d'eau et la dose brute. La fenêtre apparaît avec les onglets *DONNEES* et *RESULTATS* à la suite de la fenêtre ci-dessus. Il faut alors saisir les valeurs des différentes variables sur l'onglet *DONNEES* sachant qu'il y a deux options :

- ✚ **Option 1** : Les valeurs de l'humidité à la capacité au champ (θ_{FC}) et de l'humidité au point de flétrissement (θ_{WP}) sont disponibles. Dans ce cas, dès que je commence à saisir une des deux valeurs, l'accessibilité à la cellule de réserve utile (RU_{th}) est bloquée.

- ✚ **Option 2** : Les valeurs de l'humidité à la capacité au champ (θ_{FC}) et de l'humidité au point de flétrissement (θ_{WP}) sont indisponibles. En ce moment, je peux consulter un tableau de valeurs à l'aide du bouton **Consulter** sur la fenêtre, et adopter une valeur de réserve utile (RU_{th}). Les cellules relatives à θ_{FC} et θ_{WP} seront alors inaccessibles à la saisie.

Après avoir saisi toutes les valeurs sur l'onglet *DONNEES*, en veillant bien sûr à respecter les unités précisées sur la fenêtre, veuillez sélectionner l'onglet *RESULTATS* pour obtenir les résultats de cette étape. Il faut préciser que tous les résultats ne sont pas visibles immédiatement. En effet, une partie des résultats est conditionnée par la valeur de tour d'eau. Vous devez donc cliquer sur le bouton **Choisir T**, afin d'indiquer la valeur de tour d'eau (dans la fenêtre qui apparaîtra à l'écran) que vous choisirez pour la suite des calculs ; le reste des résultats sera alors calculé et affiché automatiquement dans les cellules correspondantes.

Figure 32 : Fenêtre pour les calculs de tour d'eau et de dose brute

III.2.3. Asperseurs et rampes en fonctionnement simultané

Cette étape du dimensionnement est gérée par la fenêtre indiquée sur la *Figure 33* suivante :

ASPERSSEUR ET RAMPES EN FONCTIONNEMENT SIMULTANE

DONNEES RESULTATS DETAILS ASPERSSEUR

Comment sont disposées les rampes ? Suivant longueur

Tour d'eau (T) : j

Dose brute (Db) : mm

Dénivelée topographique totale (ΔE_{tot}) : m

Perte de charge totale (friction et locale) (ΔH_{tot}) : m

Longueur du périmètre (L_perim) : m

Largeur du périmètre (La_perm) : m

Ecartement des asperseurs (E_asp) : m

Ecartement des rampes d'aspersion (E_rp) : m

Temps journalier d'irrigation (T_irrig) : h/j

Temps par poste d'arrosage (Tpost) : h

Perméabilité du sol (Ksat) : mm/h

Voir le modèle de réseau

Figure 33 : Fenêtre pour les calculs relatifs aux asperseurs et rampes

Comme la **Figure 33** le montre, cette fenêtre comporte les trois onglets qui suivent : **DONNEES**, **RESULTATS** et **DETAILS ASPERSSEUR**.

- ✚ L'onglet **DONNEES** : Dans cet onglet, doivent être renseignées toutes les valeurs des différentes variables nécessaires aux calculs. Les unités de ces valeurs devront être conformes aux unités indiquées devant les cellules correspondantes. Une liste déroulante permet de sélectionner le type de disposition des rampes.
- ✚ L'onglet **RESULTATS** : Une fois toutes les valeurs des variables renseignées, la sélection de cet onglet permet d'avoir accès à différents résultats comme la **Figure 34** ci-dessous le montre. Ces résultats permettront de faire le choix d'un asperseur approprié selon le catalogue choisi. Et cela, en sélectionnant d'abord dans la liste déroulante disponible sur l'onglet **RESULTATS** le catalogue choisi ; puis en cliquant sur le bouton **SELECTION D'UN ASPERSSEUR**. Le catalogue choisi s'affiche alors à

l'écran ainsi qu'une petite fenêtre (rappelant des valeurs nécessaires à la sélection d'un asperseur), et l'utilisateur devra le parcourir pour trouver un asperseur adapté.

The screenshot shows a software window titled "ASPERSSEUR ET RAMPES EN FONCTIONNEMENT SIMULTANE". It has three tabs: "DONNEES", "RESULTATS", and "DETAILS_ASPERSSEUR". The "RESULTATS" tab is active. The window contains the following fields and labels:

- Nombre de rampe initial (Nrp,init) : rp
- Nombre de poste d'arrosage par jour (Npost/j) : post/j
- Nombre initial de rampes en fonctionnement simultané (Nrp,sim,init) : rp,sim
- Pluviométrie de l'asperseur (Pasp) : mm/h
- Débit nominal d'un asperseur (Qasp) : l/h
- Pression nominale de l'asperseur (Pnom) : m
- Diamètre mouillé de l'asperseur (Dm) : m
- Ecartement des asperseurs et des rampes (E_asp_E_rp) : m
- Sélection de catalogue :

At the bottom center, there is a yellow button with the text "SELECTION D'UN ASPERSEUR".

Figure 34 : Onglet RESULTATS de la fenêtre pour Asperseur et rampes

✚ L'onglet *DETAILS_ASPERSSEUR* : Cet onglet ne s'affiche pas directement comme les deux précédents onglets à l'ouverture de la fenêtre, mais plutôt lorsque l'utilisateur clique sur le bouton **SELECTION D'UN ASPERSSEUR**. Il permet à l'utilisateur de saisir les caractéristiques de l'asperseur sélectionné depuis le catalogue consulté. Au cas où l'utilisateur n'a pas trouvé un asperseur adapté, il existe un bouton **Pas d'asperseur adapté** sur l'onglet que l'utilisateur devra utiliser pour connaître la conduite à tenir. La *Figure 35* suivante illustre l'onglet *DETAILS_ASPERSSEUR*.

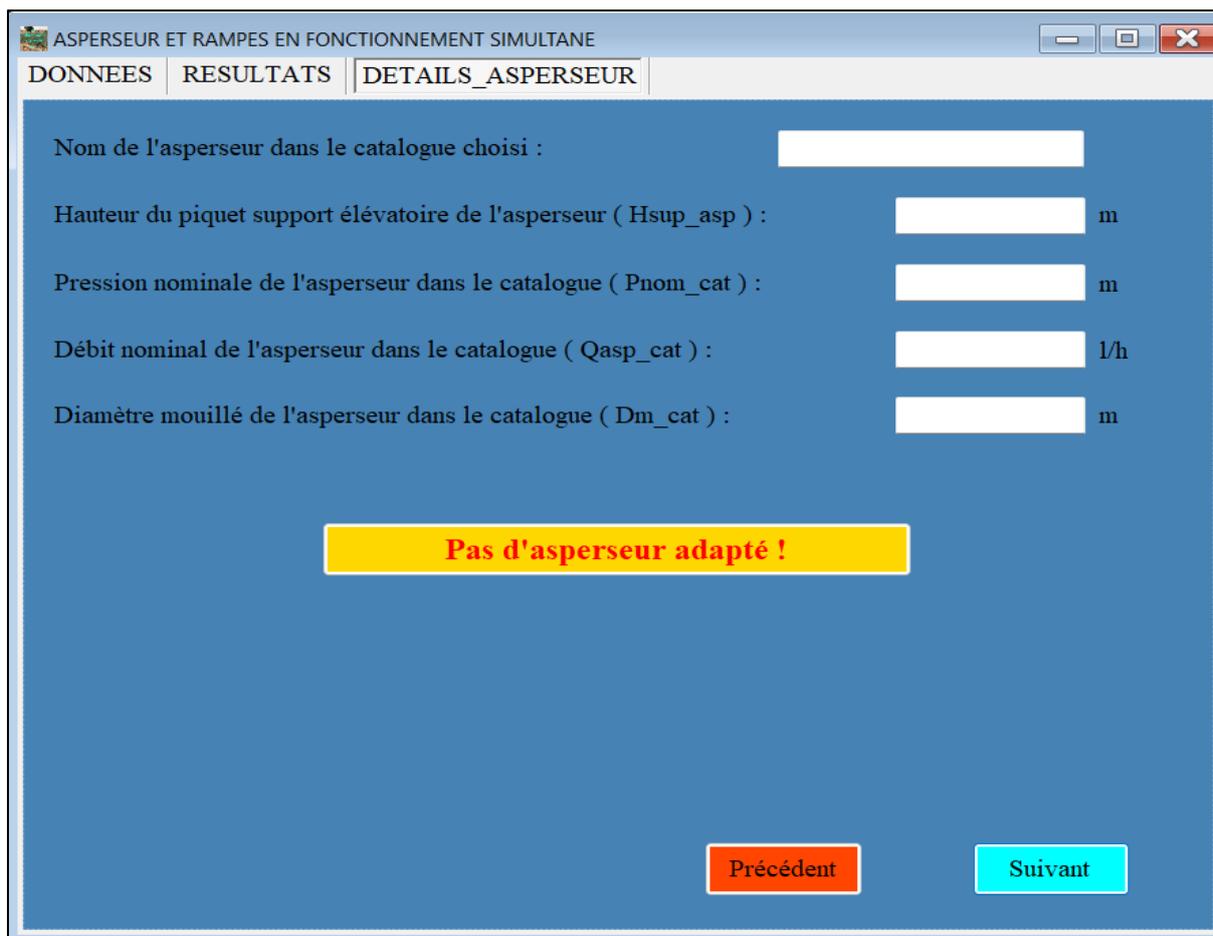


Figure 35 : Illustration de l'onglet DETAILS ASPERSEURS

III.2.4. Réseau et débit total du système

Dans cette étape de dimensionnement, les calculs vont concerner la quantité des différents éléments constituant le réseau d'irrigation par aspersion (rampes, porte-rampes, etc.) et les différents débits relatifs à ces éléments du réseau. Les résultats attendus sont visibles sur l'onglet *RESULTATS* de la fenêtre **Réseau et débit total du système**, illustrée par la *Figure 36* qui suit. Cette fenêtre possède en outre un onglet *DONNEES* qui s'affiche à l'ouverture de la fenêtre et sur lequel une seule valeur de variable (**Nombre de sous-primaires**) sera complétée. En effet, les autres variables sur l'onglet ont déjà des valeurs qui sont simplement rappelées.

Paramètre	Unité
Longueur d'une rampe (Lrp) :	m
Nombre d'asperseurs par rampe (Nasp/rp) :	asp/rp
Débit d'une rampe (Qrp) :	l/h
Longueur de porte-rampes (Lprp) :	m
Nombre de porte-rampes par sous-primaire (Nprp/s_prim) :	prp/s_prim
Nombre de porte-rampes final (Nprp_final) :	prp
Nombre de rampes par porte-rampes (Nrp_prp) :	rp/prp
Nombre de rampes final (Nrp_final) :	rp
Nombre de rampes en fonctionnement simultané (Nrp_sim) :	rp,sim
Débit d'un porte-rampes (Qprp) :	l/h
Nombre d'asperseurs final (Nasp_final) :	asp
Nombre de porte-rampes en fonctionnement simultané par sous-primaire (Nprp_sim_s_prim) :	prp,sim/s_prim
Débit d'un sous-primaire (Qs_prim) :	l/h

Figure 36 : Fenêtre pour le réseau et le débit total du système

III.2.5. Diamètres, HMT et puissance à la pompe

Cette étape de dimensionnement est la plus longue et la plus complexe. Elle permet en effet de calculer tous les diamètres de conduite, de faire des vérifications relatives à chaque conduite, de calculer la Hauteur Manométrique Totale (HMT) et de calculer la puissance de la pompe. Cette étape de dimensionnement est gérée par une interface utilisateur (**Figure 37**) qui compte au total douze (12) onglets allant de *DONNEES_RAMPES* à *RESULTATS_PUISSANCE*.

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_RAMPES | DONNEES_PORTE-RAMPES | DONNEES_SOUS-PRIMAIRES | DONNEES_PRIMAIRES | DONNEES_TRANSP

Nature des conduites :

Coefficient de Calmon-Lechapt : a

Coefficient de Calmon-Lechapt : N

Coefficient de Calmon-Lechapt : M

Vitesse limite de l'eau dans la rampe (V_{rp}) : m/s

Longueur de la rampe avec service en route (L_{rp}) : m

Débit circulant dans la rampe (Q_{rp}) : l/h

Côte amont de la rampe (E_{amt_rp}) : m

Côte aval de la rampe (E_{avl_rp}) : m

Coefficient fonction du nombre d'orifice de service sur la rampe (CO_{rp}) :

Pression nominale de l'asperseur issue du catalogue (P_{nom_cat}) : m

Figure 37 : Interface pour les diamètres, la HMT et la puissance à la pompe

Voici comment utiliser cette interface :

✚ **Saisie des données** : Dans tous les onglets *DONNEES* (de *DONNEES_RAMPES* à *DONNEES_PUISSANCE*), on devra saisir toutes les valeurs des différentes variables. Mais pour certaines valeurs de variables comme les coefficients de Calmon-Lechapt, il est impossible de les saisir car elles seront obtenues automatiquement en fonction des indications de l'utilisateur. En effet, pour chaque type de conduite (rampe, porte-rampe, etc.), il suffira à l'utilisateur de choisir dans la liste déroulante correspondante, la nature des conduites et les différents coefficients seront automatiquement déterminés et affichés.

✚ **Acquisition des résultats** : Lorsque les différentes valeurs de variables sont correctement renseignées dans les onglets *DONNEES*, vous pouvez passer aux onglets *RESULTATS*. De l'onglet *RESULTATS_RAMPES* jusqu'à l'onglet *RESULTATS_TRANSPORT*, seuls les diamètres calculés sont immédiatement disponibles sur chaque onglet correspondant ; les autres lignes de résultats seront quant à elles disponibles immédiatement dès que vous indiquez d'un onglet à l'autre, le

diamètre commercial choisi pour chaque type de conduite en tenant compte bien sûr du diamètre calculé. Pour l'onglet *RESULTATS_PUISSANCE*, tous les résultats y relatifs sont disponibles directement et aucune autre action n'est demandée sur cet onglet. La *Figure 38* ci-contre illustre par exemple l'onglet *RESULTATS_RAMPES*.

DIAMETRES, HMT, PUISSANCE A LA POMPE

DONNEES_PRIMAIRES | DONNEES_TRANSPORT | DONNEES_PUISSANCE | RESULTATS_RAMPES | RESULTATS_PORTE-RAI

Diamètre théorique initial ou calculé de la rampe (D_{init_rp}) : mm

Diamètre commercial de la rampe (D_{rp}) : mm

Perte de charges par friction de la rampe (ΔH_{rp}) : m

Pression maximum le long de la rampe (P_{max_rp}) : m

Pression minimum le long de la rampe (P_{min_rp}) : m

Variation totale de pression par friction et par topographie le long de la rampe (ΔP_{rp}) : m

Variation de pression admissible le long d'une rampe (ΔH_{adm_rp}) : m

Est-ce que $\Delta P_{rp} \leq \Delta H_{adm_rp}$?

Figure 38 : Illustration de l'onglet RESULTATS_RAMPES

III.2.6. Calcul de la capacité du réservoir

Cette étape de dimensionnement a pour but de déterminer la capacité du réservoir nécessaire pour le stockage de l'eau. Cette étape est assurée par la fenêtre **Réservoir** (voir *Figure 39*) qui contient deux (02) onglets. Sur l'onglet *DONNEES_RESERVOIR*, seule la valeur d'une variable (**Temps nécessaire au pompage**) est à saisir. Les autres valeurs de variables sont automatiquement affichées sur ce présent onglet. Quant à l'onglet *RESULTATS_RESERVOIR*, aucune action n'est demandée pour les résultats car tous sont automatiquement calculés et affichés.

The screenshot shows a software window titled 'RESERVOIR' with two tabs: 'DONNEES_RESERVOIR' and 'RESULTATS_RESERVOIR'. The active tab is 'RESULTATS_RESERVOIR', which displays a table for determining the required storage volume. The table has columns for time intervals (Δt1 to Δt6) and a 'Durée de travail' column. The rows represent different parameters: 'Incrément chronologique', 'Frange horaire', 'Variation de temps Δti (h)', 'Temps cumulé ti (h)', 'Débit sortant Qsyst (m3/h)', 'Volume sortant cumulé Vsyst_cum (m3)', 'Débit entrant Q_pump (m3/h)', 'Volume entrant cumulé V_pmp_cum (m3)', 'Variation de volume cumulé ΔV (m3)', 'Volume V', 'Volume forfait de sécurité Vs', and 'Volume total nécessaire au stockage V_total'. The 'Durée de travail' column shows a value of 16h for the 'Débit sortant' and 'Débit entrant' rows. At the bottom right, there are 'Précédent' and 'Suivant' buttons.

	Δt1	Δt2	Δt3	Δt4	Δt5	Δt6	Durée de travail
Incrément chronologique :							
Frange horaire :	4h - 8h	8h - 12h	12h - 16h	16h - 20h	20h - 24h	0h - 4h	
Variation de temps Δti (h) :	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Temps cumulé ti (h) :	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00	
Débit sortant Qsyst (m3/h) :			0,00			0,00	16h
Volume sortant cumulé Vsyst_cum (m3) :							
Débit entrant Q_pump (m3/h) :			0,00	0,00			16h
Volume entrant cumulé V_pmp_cum (m3) :							
Variation de volume cumulé ΔV (m3) :							
Volume V :							m3
Volume forfait de sécurité Vs :							m3
Volume total nécessaire au stockage V_total :							m3

Figure 39 : Illustration de l'interface de calcul de la capacité du réservoir

III.2.7. Dimensionnement de l'unité de pompage

Le dimensionnement de l'unité de pompage se fait à l'aide de l'interface illustrée ci-dessous par la **Figure 40**. C'est une fenêtre qui compte également deux onglets. L'onglet *DONNEES_POMPAGE* sert à la saisie des valeurs des différentes variables nécessaires pour effectuer les calculs. Ces valeurs doivent impérativement être converties dans les unités indiquées sur l'onglet sous peine d'erreurs dans les résultats attendus. Ces résultats sont accessibles depuis l'onglet *RESULTATS_POMPAGE* si toutes les valeurs de variables ont été correctement renseignées.

The screenshot shows a software window titled 'UNITE DE POMPAGE' with two tabs: 'DONNEES_POMPAGE' and 'RESULTATS_POMPAGE'. The 'DONNEES_POMPAGE' tab is active, displaying a list of input parameters for a pump unit. Each parameter is followed by a text box and a unit. The parameters are: 'Puissance sortante des batteries vers la pompe (P_out_bat) : kW', 'Temps nécessaire au pompage (T_pmp) : h', 'Temps d'ensoleillement des panneaux solaires (T_ens) : h', 'Voltage unité batterie (U_bat) : V', 'Ampérage unité batterie (IT_bat) : Ah', 'Taux admissible de décharge batterie (μ) : %', 'Pertes dans les batteries (δ) : %', 'Pertes dans les convertisseurs (Θ) : %', 'Rendement des panneaux solaires (ρ) : %', 'Module d'un panneau solaire (P_pan_mod) : Wc', 'Débit d'irrigation (sortant du réservoir) (Q_syst) : m³/h', 'Temps d'arrosage journalier (T_wmax) : h', and 'Superficie irriguée (A) : ha'.

Figure 40 : Fenêtre gérant les calculs de l'unité de pompage

IV. DEPANNAGE

Si vous rencontrez des problèmes lors de l'utilisation de DIA, consultez cette section pour obtenir des pistes de solution à ces problèmes. Cette section est accessible via le manuel d'utilisation ou directement depuis le sous-menu **Dépannage** dans l'onglet **Aide**. (Voir *Figure 41* ci-dessous) :

-  Problème : Les résultats de calcul semblent incorrects.
Solution : Vérifiez les valeurs que vous avez entrées pour vous assurer qu'elles sont correctes. Assurez-vous également que les précisions des calculs sont correctes.
-  Problème : L'application ne répond plus.
Solution : Vérifiez que votre ordinateur répond aux exigences minimales du système. Redémarrer l'application ou votre ordinateur.
-  Problème : Je ne parviens pas à exploiter DIA.

Solution : Consultez le manuel d'utilisation de DIA pour obtenir des instructions sur l'utilisation. Vous pouvez également contacter notre équipe de support technique pour une assistance supplémentaire.

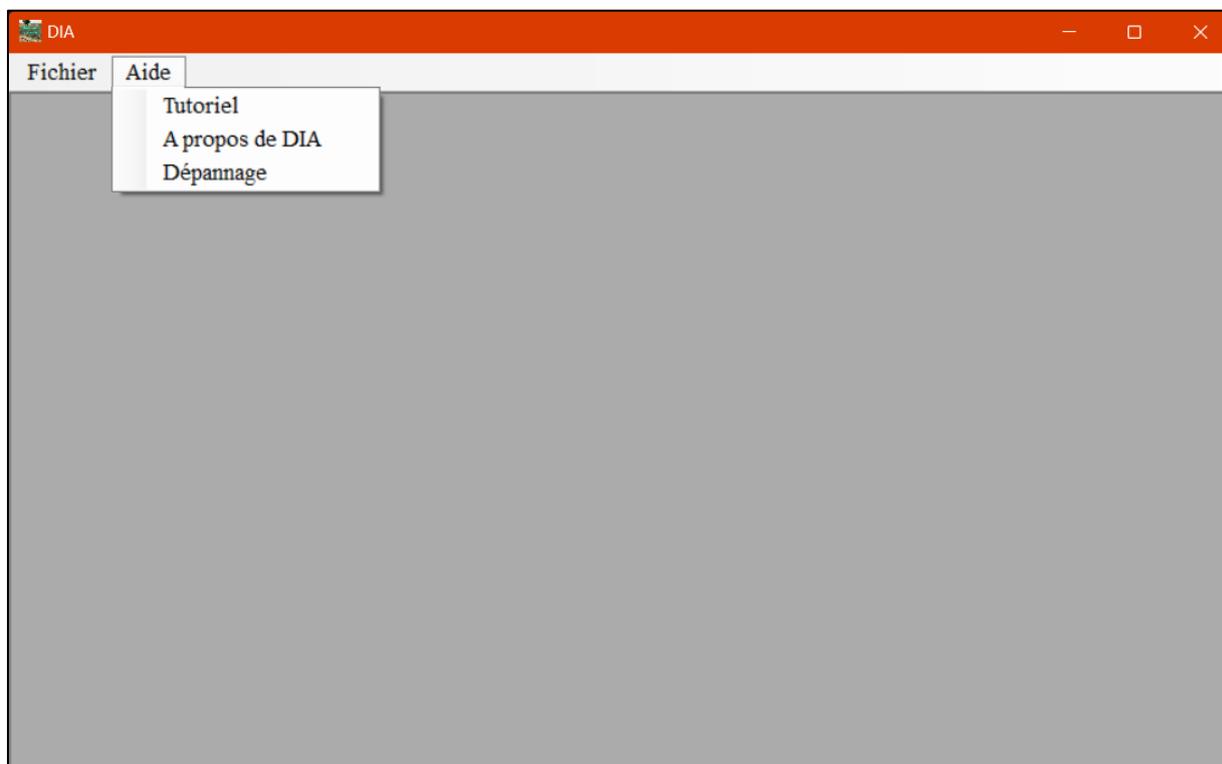


Figure 41 : Illustration de l'onglet Aide et ses sous-menus