DIMENSIONNEMENT ET ETUDE COMPARATIVE DE L'ALIMENTATION ENERGETIQUE DE 11 POSTES D'INJECTION D'EAU DANS LA ZONE PERIPHERIQUE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES (IRH)

Présenté et soutenu publiquement le 27 Juin 2016 par :

Ange Loïc DAO

Travaux dirigés par :

M. SIRIMA Valentin **:** Ingénieur Hydraulicien, Chef du Service Technique de la direction du Projet AEP Ouagadougou, ONEA

Dr. ANDRIANISA Anderson : Enseignant-chercheur en Eau et Assainissement Urbain, 2iE

M. OUEDRAOGO Bega **:** Enseignant en AEP et Pompes et Stations de Pompages, 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Amadou KEITA

Membres et correcteurs : Dr. Anderson ANDRIANISA
M. Bèga OUEDRAOGO
M. Justin BASSOLE
M. Valentin SIRIMA

Promotion [2014/2015]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

Tout d'abord à DIEU, LE TOUT PUISSANT, pour les grâces qu'il m'a accordées;

A Feu SAWADOGO Lucie, Ma mère pour tout l'amour et les efforts déployés pour mon éducation et mon instruction dont elle n'a pas pu voir l'aboutissement. Que la terre lui soit légère et que le bon DIEU l'accueille dans son paradis.

A DAO Mory Gaston, Mon père pour son soutien, ses encouragements et ses conseils dans mes études et dans ma vie.

A mes frères pour leur encouragement, leur compréhension, leur soutien.

A tous ceux dont le soutien ne m'a jamais fait défaut dans mes études.

REMERCIEMENTS

Les résultats de mes travaux ont été possibles grâce au concours de plusieurs personnes qui m'ont guidée et aidée dans l'aboutissement de mon travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont permis de mener à bien ce travail. Je voudrais plus spécifiquement faire part de ma gratitude aux personnes suivantes :

- Monsieur SIRIMA Valentin, Ingénieur Hydraulicien, responsable du service technique de la direction du Projet AEP Ouagadougou de l'ONEA pour sa disponibilité et la sympathie qu'il a manifestée à mon égard tout au long de mon stage ;
- Docteur ANDRIANISA Harinaivo Anderson, Enseignant-chercheur en Eau et Assainissement Urbain à 2iE pour son encadrement et ses conseils qu'il m'a apportés tout au long de cette étude ;
- Monsieur OUEDRAOGO Bega, Enseignant AEP, Pompes et Stations de pompage à 2iE ;
- Monsieur BAGRE Dieudonné, chef du service réseau de la DRO de l'ONEA
- A tout le personnel de la Direction du Projet AEP Ouagadougou et de l'ONEA
- A tous les encadreurs du 2iE qui ont su partager leurs savoirs ;
- A tous mes amis et à toute la promotion d'IRH 2014/2015.

RESUME

A l'instar des populations des grandes villes d'Afrique, les habitants de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso sont confrontés à d'énormes problèmes d'approvisionnement en eau potable marqués par des coupures d'eau fréquentes. Ces problèmes sont principalement dus à l'extension géographique de la ville et à l'accroissement exponentiel de la population.

Afin de répondre au besoin croissant en eau de la ville, l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) a mis en œuvre un projet d'approvisionnement en eau potable à partir du barrage de Ziga. Ce projet a vu sa première phase exécutée, avec une augmentation de la production d'eau, un renforcement du stockage et une extension du réseau de distribution. En attendant la mise en service de la phase II du projet en 2017 et face au déficit en eau, il a été préconisé la réhabilitation de 57 forages qui injecteront directement dans le réseau ONEA, les eaux souterraines, pour atténuer les pénuries d'eau. La présente étude qui porte sur 11 forages situés dans la zone périphérique de Ouagadougou, a consisté à un dimensionnement des Postes d'injection d'Eau (PIE) dans un premier temps, puis à une étude technico-économique de l'alimentation énergétique de ces PIE qui nous a permis de choisir l'énergie photovoltaïque pour 4 PIE et l'alimentation par la SONABEL pour les 7 autres. En effet avec un coût de revient du mètre cube d'eau inférieur aux deux autres sources d'énergie (SONABEL, Groupe électrogène), l'énergie photovoltaïque a l'avantage de permettre une entière autonomie dans le fonctionnement des postes d'injection d'eau. Mais face aux contraintes liées à l'emplacement des PIE, nous avons été obligé d'avoir recours à l'alimentation par le réseau SONABEL pour certains d'entre eux.

Afin de permettre une meilleure rentabilité pour l'ONEA, nous préconisons la mise en place d'un système photovoltaïque pour l'alimentation des pompes dans la prochaine partie des mesures d'urgence, qui consiste à mettre en service 43 nouveaux postes d'injection d'eau.

Mots Clés :

1- **Eau potable**
2- **Poste d'injection d'eau**
3- **Etude technico-économique**
4- **Energie photovoltaïque**
5- **Autonomie**

ABSTRACT

Like the population of African cities, the inhabitants of Ouagadougou, capital of Burkina Faso are facing huge problems of supply of drinking water marked by frequent water cuts. This problem is mainly due to the geographical expansion of the city and the exponential growth of the population.

To meet the growing need for water in the city, the National Office for Water and Sanitation (ONEA) has implemented a drinking water supply project from the Ziga dam. This project was executed its first phase with an increase in water production, enhanced storage and an expansion of the distribution network. Pending the implementation of Phase II of project service in 2017 and facing the water deficit, it was recommended the rehabilitation of 57 wells that inject directly into the ONEA network, groundwater, to alleviate water shortages. This study, which covers 11 boreholes located in the peripheral area of Ouagadougou, was to design an injection Post Water (PIE) at first, then a technical and economic study of energy supply PIE those who allowed us to choose for photovoltaics 4 PIE and food by SONABEL for 7 more. Indeed, with a cost per cubic meter of water below the two other sources of energy (SONABEL, Generator), photovoltaic energy has the advantage of full autonomy in the operation of injection stations 'water. But faced with constraints related to the location of PIE, we were compelled to resort to food by the SONABEL network for some of them.

To enable greater profitability for ONEA, we recommend the establishment of a photovoltaic system for the pump power in the next part of the emergency measures, which is to put into service 43 new injection stations of water.

Key words:

1- **Drinking water**
2- **Water injection station**
3- **Techno-economic study**
4- **Photovoltaic Energy**
5- **Autonomy**

SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

BTA : Basse Tension A

DPI : Direction de la Planification et des Investissements

DRO : Direction Régional de Ouagadougou

HTA : Haute Tension A

IRH : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

MEA : Ministère de l'Eau et de l'Assainissement

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

PDDO : Projet de Développement Durable de Ouagadougou.

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PIE : Poste d'Injection d'Eau

PLT : Postes Locaux de Télégestion

SONABEL : Société National Burkinabé d'Electricité

TABLE DES MATIERES

DEDICACES i

REMERCIEMENTS ii

RESUME iii

ABSTRACT iv

SIGLES ET ABREVIATIONS v

LISTE DES TABLEAUX viii

LISTE DES FIGURES x

INTRODUCTION 1

I- GENERALITE 3

1- Présentation de la structure d'accueil 3

2- Contexte du projet 4

3- Objectifs des travaux 5

4- Présentation de la zone d'étude 6

5- Présentation des postes d'injection d'eau (PIE) 8

II- DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES PIE 10

1- Détermination des diamètres des conduites 11

2- Présentation du schéma d'implantation et de raccordement 13

3- Détermination de la Hauteur Manométrique Totale (HMT) 16

4- Détermination des pompes 23

5- Détermination du point de fonctionnement des pompes 24

6- Bilan énergétique des PIE 27

III- ETUDE COMPARATIVE POUR L'ALIMENTATION ENERGETIQUE DES PIE 29

1- Aspect énergétique 30

a) Alimentation HTA/BTA par la SONABEL 30

b) Alimentation par un groupe électrogène 31

c) Système photovoltaïque 34

2- Analyse économique et financière 39

a) Cas de la SONABEL 40

b) Groupe électrogène 45

c) Energie Photovoltaïque 49

3- Choix de l'alimentation énergétique 52

a) Critères de sélection 52

b) Recommandations 59

CONCLUSION 61

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 62

ANNEXES 64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Projection démographique (données des recensements INDS) 4

Tableau n°2 : Bilan des consommations moyennes (Note du projet du programme de gestion transitoire 2014-2016) 4

Tableau n°3 : Bilan des consommations en période de pointe (Note du projet du programme de gestion transitoire 2014-2016) 4

Tableau n°4 : Récapitulatif des débits d'exploitation des forages (Résultat des essais de pompage) 10

Tableau n°5 : Détermination des diamètres des conduites de raccordement au réseau 12

Tableau n°6 : Coefficient de perte de charge singulière (k) 18

Tableau n°7 : Gabarit pour le calcul des pertes de charge 19

Tableau n°8 : Récapitulatif des Résultats des pertes de charge 21

Tableau n°9 : Calcul de la hauteur manométrique totale 22

Tableau n°10 : Choix des électropompes pour l'équipement des forages 23

Tableau n°11 : Bilan énergétique des appareils électriques de chaque PIE 28

Tableau n°12 : Estimation de la puissance électrique des PIE pour l'alimentation par la SONABEL 30

Tableau n°13 : Estimation de la puissance nécessaire pour l'alimentation des PIE par un groupe électrogène 32

Tableau n°14 : Détermination des sections de câble d'alimentation (Source : Le pompage ;ACF) 33

Tableau n°15 : Données sur le rayonnement dans les sites d'études (Source : « Le pompage photovoltaïque », IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA) 35

Tableau n°16 : Détermination de la puissance du champ photovoltaïque et de la capacité des batteries 38

Tableau n°17 : volume d'eau produit et taux de couverture en eau potable 39

Tableau n°18 : Devis SONABEL 40

Tableau n°19 : grille tarifaire de la SOBABEL pour le courant basse tension triphasé (Source : Tarification de la SONABEL) 41

Tableau n°20 : Facturation mensuelle des PIE 42

Tableau n°21 : Coût des charges d'exploitation pour l'alimentation par la SONABEL 43

Tableau n°22 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par la SONABEL 44

Tableau n°23 : Estimation du coût d'investissement initial 46

Tableau n°24 : Détermination des charges d'exploitation pour l'alimentation par un groupe électrogène 48

Tableau n°25 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par groupe électrogène 49

Tableau n°26 : Estimation du coût d'investissement pour l'énergie photovoltaïque 50

Tableau n°27 : Coût des charges d'exploitation pour le système solaire 51

Tableau n°28 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par l'énergie photovoltaïque 52

Tableau n°29 : Echelle pour la notation de nos 5 critères 52

Tableau n°30 : Comparaison du coût d'investissement initial des sources d'énergie (échelle) 53

Tableau n°31 : Comparaison du coût d'exploitation sur 20 ans 54

Tableau n°32 : Coût de l'amortissement (FCFA) 55

Tableau n°33 : Récapitulatif des coûts globaux actualisés du m^3 d'eau (FCFA) 55

Tableau n°34 : Notation en fonction du prix de revient du m^3 d'eau pompée pour les 3 types d'énergie étudiés 56

Tableau n°35 : Notation en fonction de la mise en œuvre des 3 types d'énergie étudiés 56

Tableau n°36 : Notation en fonction de l'impact environnemental 57

Tableau n°37 : Scores obtenue pour les 3 types d'énergie étudiés 58

Tableau n°38 : Grille tarifaire des ménages (Source : tarification ONEA) 59

Tableau n°39: Comparaison du coût de revient entre l'option choisie et la meilleur option 60

LISTE DES FIGURES

Figure n°1: Positionnement des PIE (Vue Google earth) 7

Figure n°2 : Schéma récapitulatif d'un PIE (source : Cahier des prescriptions techniques) 9

Figure n°3 : Schéma d'implantation et de raccordement des forages F2 et F3 de Yagma 14

Figure n°4 : Carnet des nœuds des forages F2 et F3 de Yagma..... 15

Figure n°5 : coupe d'un forage..... 16

Figure n°6 : Graphiques des points de fonctionnement des 4 forages de Bassinko..... 24

Figure n°7 : Graphiques des points de fonctionnement des 4 forages de Nagrin 25

Figure n°8 : Graphiques des points de fonctionnement des 3 forages de Yagma..... 26

Figure n°9 : Illustration des appareils électrique de chaque PIE..... 27

Figure n°10 : Illustration de la composition d'un système photovoltaïque..... 34

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays situé en plein cœur de l'Afrique de l'Ouest avec une superficie de 274 000 km^2. Sa population est d'environ 16 millions d'habitants répartie dans 302 communes rurales et 49 communes urbaines dont la capitale Ouagadougou. Le taux d'urbanisation est estimé à 25% avec 66 centres de plus de 10 000 habitants.

Le Burkina Faso, à l'instar des autres pays sahéliens, est confronté à des problèmes d'approvisionnement en eau potable très inquiétants aussi bien en zone rurale qu'en zone urbaine. Avec une superficie aménagée de plus de 22 900 hectares, Ouagadougou qui est la première ville du pays en terme démographique avec une population estimée à 2,6 millions d'habitants, soit près de 13% de la population nationale est aussi confrontée à des pénuries en eau potable.

Pour faire face aux pénuries d'eau dans la ville de Ouagadougou, l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement qui est la structure chargée de gérer le secteur de l'hydraulique urbaine, avec l'appui du Gouvernement a mis en place le Projet d'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou à partir du barrage de Ziga intitulé « Projet AEP Ouagadougou-Ziga », dont la mise en œuvre devrait se faire en deux phases : La phase 1 de 2000 à 2007 et la phase 2 à partir de 2015.

Cependant depuis 2012, et malgré la mise en service de la phase 1 du Projet AEP Ouagadougou-Ziga, les installations actuelles connaissent un déficit en période de pointe qui ne fait que s'amplifier avec l'augmentation exponentielle de la population de la ville. Ce déficit s'est concrétisé pour les journées moyennes en 2014. Afin de réduire ce gap et soulager les populations avant la mise en service des installations de Ziga II, l'ONEA avec l'appui de ses Partenaires financiers a mis en place un programme d'urgence comprenant entre autre le raccordement au réseau de 100 forages dont 57 existants à réhabiliter et 43 nouveaux forages à réaliser, tous sur la trame urbaine de la ville de Ouagadougou. Parmi ces forages, 11 sont soumis à des problèmes d'alimentation en énergie car étant situés dans des zones non encore desservies par le réseau électrique de la SONABEL.

A l'instar de nombreux projets, celui-ci aura (i) des impacts sur la vie des populations, (ii) un coût financier, et (iii) une rentabilité positive ou négative. Les questionnements qui sous-tendent notre travail apporteront les éléments de précisions sur ces points et permettront la

formulation de recommandations pour une exploitation optimale de ces ouvrages au profit des populations.

Le présent rapport sera structuré en trois parties dont la première sera consacrée à la présentation du contexte général de l'étude ; la deuxième au dimensionnement hydraulique des PIE ; la troisième enfin, à l'étude comparative pour l'alimentation énergétique des PIE ainsi qu'à des recommandations pour leur exploitation adéquate.

I- GENERALITE

1- Présentation de la structure d'accueil

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) a été créé par décret n°85/387/CNR/PRES/EAU du 28 juillet 1985 comme établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC). L'ONEA a été transformé en société d'Etat à caractère stratégique en 1994 (décret N94-391 du 02/11/1994). Il est sous la tutelle technique du Ministère de l'Eau et de l'Assainissement (MEA). Il est chargé de la création et de l'exploitation des infrastructures en matière d'eau potable et d'assainissement en milieu urbain et semi urbain. Conformément à ses statuts, l'ONEA a pour objectif :

- la création, la gestion et la protection des installations de captage, d'adduction, de traitement, et de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels ;
- la création, la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissement collectifs, individuels ou autonomes pour l'évacuation des eaux usées et des excrétas en milieu urbain et semi urbain.

L'ONEA gère à ce jour 53 centres répartis sur tout le territoire national et avec 4 directions régionales. La Direction Générale de l'ONEA s'appuie sur neuf directions centrales dédiées respectivement à l'Exploitation, la clientèle, l'Assainissement, aux marchés et stocks, aux finances, à la Ressource humaine, à la planification et aux investissements, au projet AEP Ouagadougou Ziga et à l'audit et la qualité. Un service juridique et du contentieux est directement rattaché à la Direction générale.

(Voir Annexe 1: Organigramme de l'ONEA)

2- Contexte du projet

La plupart des villes du Burkina Faso sont confrontées à une insuffisance dans la production, le transport et la distribution d'eau potable. Les populations doivent de ce fait faire face à de nombreuses pénuries d'eau, surtout pendant les longues saisons sèches. La capitale Ouagadougou est aussi fortement touchée par ces pénuries d'eau. Afin de résoudre ces problèmes d'eau dans la capitale, le gouvernement, à travers l'ONEA a mis en place un projet d'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou à partir du barrage de Ziga intitulé « Projet AEP Ouagadougou-Ziga ». Ce projet est divisé en deux grandes phases. La Phase I (2000-2007) a conduit à une augmentation de la capacité de production de 4500 m^3/h. La phase II du projet qui consistera à un accroissement de la production de + 7500 m^3/h est en train d'être mise en œuvre.

Avec un besoin en eau estimé à 50 l/ jour/ habitant, le fort taux de croissance de la population urbaine, a conduit à un déficit qui a atteint en 2016, 34 000 m^3/j pendant les périodes de pointes (voir tableau 1 à 3).

Tableau n°1 : Projection démographique (données des recensements INDS)

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Population	2 165 835	2 302 716	2 448 247	2 615 340	2 746 107	2 883 412

Tableau n°2 : Bilan des consommations moyennes (Note du projet du programme de gestion transitoire 2014-2016)

20 H de pompage	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Production (m^3/j)	123 000	123 000	136 000	136 000	136 000	226 000
Besoins moyens (m^3/j)	117 206	125 139	133 071	141 004	150 600	160 197
Bilan (m^3/j)	**5 794**	**-2 139**	**2 929**	**-5 004**	**-14 600**	**65 803**

Tableau n°3 : Bilan des consommations en période de pointe (Note du projet du programme de gestion transitoire 2014-2016)

22 H de pompage	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (ZIGA II)
Production (m^3/j)	135 300	135 300	149 600	149 600	149 600	248 600
Besoins de pointe (m^3/j)	141 819	151 418	161 016	170 615	183 738	196 862
Bilan (m^3/j)	**-6 519**	**-16 118**	**-11 416**	**-21 015**	**-34 138**	**51 738**

En attendant la mise en place de la Phase II du projet en 2017, un plan d'urgence a été mis en œuvre pour réduire les déficits en eau à court terme.

Le plan d'urgence est composé de 4 actions à savoir :

(i) L'augmentation de la capacité nominale de l'usine de Paspanga de 14300 m^3/j qui passe de 135300 m^3/j à 149600 m^3/j.

(ii) L'augmentation de la capacité de production par la mise en service de 100 postes d'injection d'eau à partir de 100 forages qui alimenteront directement le réseau existant de la capitale : elle sera divisée en 2 composantes, à savoir la réhabilitation de 57 forages existants et la réalisation de 43 nouveaux forages.

(iii) L'optimisation de la distribution pour une meilleure répartition de l'eau aux populations.

(iv) La mise en place des mesures d'accompagnement comprenant le renforcement de la maintenance des installations, la réhabilitation et la mise en place d'organes économiseurs d'eau pour les gros consommateurs, l'équipement de 4 stations de pompage de groupes électrogènes pour pallier aux délestages de courant, la communication et la sensibilisation sur l'économie d'eau.

Nos travaux porteront sur la mise en service de 11 forages, à travers le programme de réhabilitation de forage avec poste d'injection d'eau dans le réseau de Ouagadougou. Ce choix a été guidé par la difficulté rencontrée pour l'alimentation en énergie électrique de ces 11 forages.

3- Objectifs des travaux

Les travaux de ce mémoire feront ressortir la contribution de ces forages dans l'amélioration de la qualité de vie des populations concernées et son impact financier pour l'ONEA. Pour cela, nous procèderons à une vérification technique de la réhabilitation de ces forages, ainsi qu'une analyse des charges et des retombées financières du projet avec un accent sur les aspects énergétiques. Il devra aboutir à la formulation de recommandations d'optimisation de la gestion des PIE et de leur fourniture en énergie.

De façon plus spécifique, il s'agira :

- de faire un dimensionnement technique pour la réalisation des PIE.
- de faire une étude comparative pour le choix de la source d'alimentation énergétiques des 11 PIE de Bassinko, Yagma et Nagrin (entre la SONABEL, des groupes électrogènes et l'énergie solaire).
- De faire des recommandations pour une meilleure gestion des PIE

4- Présentation de la zone d'étude

Les postes d'injection d'eau sur lesquels nos travaux portent, ont été installés dans les zones périphériques de Ouagadougou comme illustré sur la figure n°1. Nous avons 7 PIE dans la périphérie Nord de Ouagadougou, à savoir 4 dans la zone de Bassinko et 3 dans celle de Yagma. A Nagrin situé dans la périphérie Sud, nous en avons 4. En fonction de l'emplacement des PIE, des codes ont été attribués par l'ONEA afin de pouvoir les identifier. Ainsi les forages de la zone de Bassinko seront nommés « BSK », ceux de Nagrin « NAG », et ceux de Yagma « YAG ». A titre d'exemple le premier PIE de Bassinko aura comme identification « BSK-F1 ».

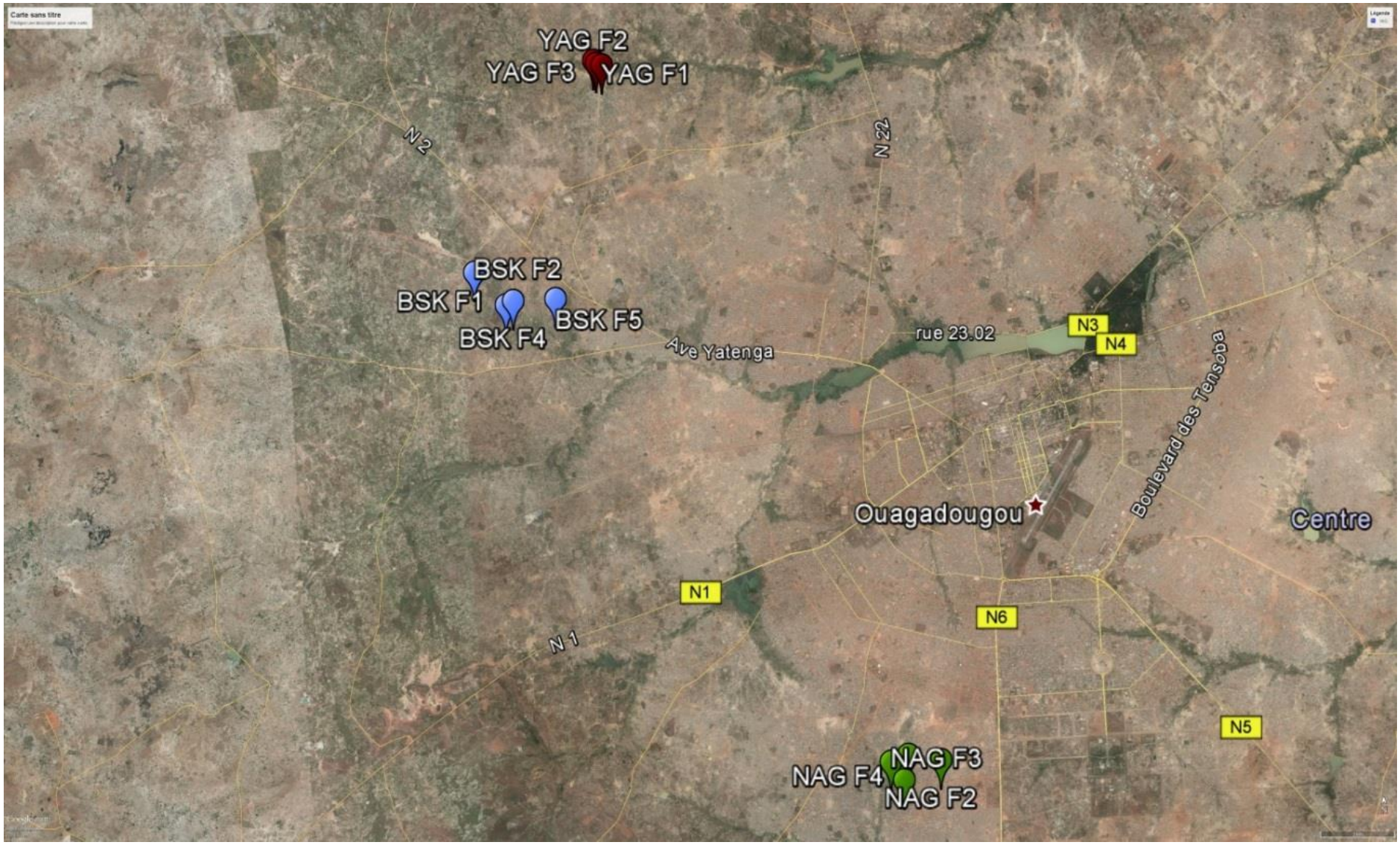


Figure n°1: Positionnement des PIE (Vue Google earth)

5- Présentation des postes d'injection d'eau (PIE)

Le Poste d'Injection d'Eau (PIE) est une unité installée au droit d'un forage et qui assure à la foi le pompage, la désinfection et l'injection directe de l'eau prélevée de la nappe captée vers le réseau de distribution d'eau potable. Le régime de fonctionnement des PIE est fortement dépendant de la pression du réseau, car l'apport d'eau ne peut se faire que si la pression du réseau est inférieure à celle d'injection. Les PIE sont constituées d'un ouvrage du génie civil qui abrite à la fois le forage, les équipements hydrauliques, électriques et de désinfection.

L'exhaure est assurée au moyen d'une pompe immergée qui doit fournir la pression nécessaire à l'injection dans le réseau. Une pompe doseuse asservie au débit d'exhaure, contrôle la chloration de l'eau qui est ensuite dirigée vers le réseau en fonction de la pression utile. Un système de pressostat et une horloge déclenchent la pompe lorsque les conditions requises (pression dans le réseau, niveau d'eau dans le forage, nombre d'heures de pompage) sont remplies.

Les consignes d'exploitation issues des essais sur le forage définissent le nombre maximum d'heures de fonctionnement du PIE par jour. En plus de cela, un dispositif de surveillance à distance permet à un opérateur à chaque instant, de vérifier l'état de fonctionnement des PIE (niveau de la nappe, pompage, débit de sortie du PIE, défaut de chloration, etc.). La télésurveillance se fera au travers d'un poste local de télégestion installé au niveau du PIE et relié par système GSM à un superviseur installé dans les bureaux de l'exploitant. En cas d'incident, une alarme sera envoyée simultanément à l'opérateur et à l'équipe de maintenance.

Ainsi un PIE est constituée des parties suivantes (voir figure n°2) :

1. **L'unité de pompage** : elle est constituée d'un groupe électropompe immergé avec colonne montante ;
2. **L'unité d'automatisation :** système de démarrage asservi par horloge et pressostat, câblage électrique et disjoncteur de sécurité ;
3. **Le module de télésurveillance et de suivi à distance :** postes locaux de télégestion (PLT) ;

4. **L'unité de chloration pour le traitement :** Bac de chloration, pompe doseuse et agitateur, raccordements hydrauliques et électriques ;
5. **Conduite de raccordement au réseau AEP :** Canalisation (Tuyaux, coudes, vannes, tés, compteurs, dispositif anti-bélier) jusqu'au réseau AEP ;
6. **Le local abritant l'installation ;**
7. **L'électrification :** Armoire électrique de contrôle des commandes, Alimentation en énergie ;
8. **Conduite du réseau ONEA :** Canalisation pour le raccordement au réseau ONEA existant.

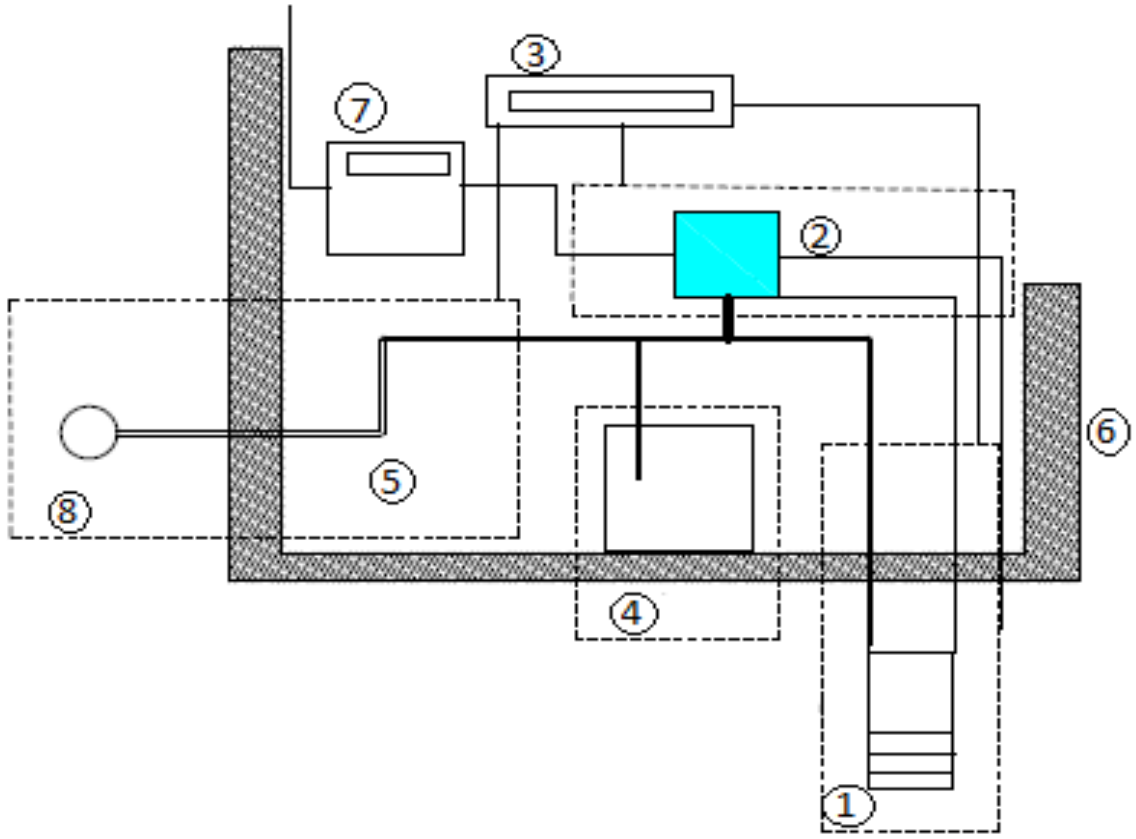


Figure n°2 : Schéma récapitulatif d'un PIE (source : Cahier des prescriptions techniques)

II- DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES PIE

Les 11 forages retenus, sont des forages qui ont été réalisés par la Direction de la Planification et des Investissements (DPI). A partir des essais de pompage, l'ONEA a retenu les débits d'exploitation qui permettront de préserver la nappe. Ces débits sont présentés à titre indicatif dans le tableau n°4. Les détails des différents forages, à savoir, les coordonnées géographiques, la profondeur, les niveaux statiques et dynamiques sont donnés à l'Annexe 2.

Tableau n°4 : Récapitulatif des débits d'exploitation des forages (Résultat des essais de pompage)

Secteurs	Identification	Débit (m^3/h)
Bassinko	BSK-F1	6
	BSK-F2	12
	BSK-F3	9
	BSK-F4	10
Nagrin	NAG-F1	15
	NAG-F2	5
	NAG-F3	7
	NAG-F4	15
Yagma	YAG-F1	4
	YAG-F2	9
	YAG-F3	8
	TOTAL	100

Dans cette partie, nos travaux consisterons à une étude afin de déterminer les diamètres des conduites de raccordement au réseau, le calcul des différents paramètres permettant de choisir les pompes immergées, la vérification du point de fonctionnement des pompes par rapport au débit fixé, ainsi qu'un schéma de raccordement présentant le carnet des nœuds pour chaque poste d'injection d'eau.

Ces données nous permettrons d'établir un bilan de puissance pour chaque PIE

1- Détermination des diamètres des conduites

Les postes d'injection d'eau seront subdivisés en 3 grandes parties à cause de la différence du type de tuyauterie choisie : le forage, l'intérieur du local et l'extérieur du local.

La première partie sera constituée de la colonne de refoulement qui sera en Polyuréthane Bleu de 2 pouces avec un diamètre intérieur 52.6 mm. Les longueurs seront fonction de la profondeur d'installation des pompes pour chaque forage.

La deuxième partie regroupe l'assemblage de la tuyauterie de la tête du forage jusqu'à la sortie du local. Elle est constituée d'une conduite Galva de 2 pouces et de 7 mètres de longueur pour chacun des 11 PIE et des pièces/organes hydrauliques.

La troisième partie est constituée d'une conduite en PEHD PN16. Les diamètres seront fonction des débits de chaque forage. Les conduites en PEHD seront dimensionnées avec la formule de Bresse et Bresse Modifié, avec comme objectif d'avoir des vitesses dans les tuyauteries proche de 1 m/s. Le tableau ci-dessous nous donne les diamètres des différentes conduites obtenues et présente nos choix de diamètre.

Formule de Bresse :

$$D_{int} = 1.5\sqrt{Q} \qquad (1)$$

Formule de Bresse Modifié :

$$D_{int} = 0.8\sqrt[3]{Q} \qquad (2)$$

Avec

D_{int} = Diamètre intérieur des conduites

Q = débit d'exploitation (m^3/s)

Tableau n°5 : Détermination des diamètres des conduites de raccordement au réseau

Secteurs	Identification	Débit (m^3/h)	Débit (m^3/s)	Bresse: Diamètre intérieur (mm)	Bresse Modifié: Diamètre Intérieur (mm)	Choix final des conduites PN16 (D_n/D_{int}) (mm)	vitesse (m/s)
Bassinko	BSK-F1	6	0,00167	61,2	94,9	63/51,4	0,80
	BSK-F2	12	0,00333	86,6	119,5	90/73,6	0,78
	BSK-F3	9	0,00250	75	108,6	63/51,4	1,20
	BSK-F4	10	0,00278	79,1	112,5	90/73,6	0,65
Nagrin	NAG-F1	15	0,00417	96,8	128,7	90/73,6	0,98
	NAG-F2	5	0,00139	55,9	89,3	63/51,4[1]	0,67
	NAG-F3	7	0,00194	66,1	99,9	63/51,4	0,94
	NAG-F4	15	0,00417	96,8	128,7	90/73,6	0,98
Yagma	YAG-F1	4	0,00111	50	82,9	63/51,4[1]	0,54
	YAG-F2	9	0,00250	75	108,6	63/51,4	1,20
	YAG-F3	8	0,00222	70,7	104,4	63/51,4	1,07

[1] Pour des raisons techniques (de classes de diamètres d'usage à l'ONEA) des diamètres inférieurs à DN 63 n'ont pas été retenus malgré de faibles vitesses dans les conduites

2- Présentation du schéma d'implantation et de raccordement

Le raccordement de nos postes d'injection d'eau aux réseaux de l'ONEA se fera sur les conduites de la rue. Pour cela des tranchées seront réalisées conformément aux règles en vigueur ; elles présenteront des largeurs définies suivant le diamètre des conduites qu'elles recevront. La profondeur normale des tranchées de la conduite sera telle que l'épaisseur du remblai ne devra pas être inférieure à 1,00 m au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau. Ces tranchées seront réalisées dans l'emprise publique et devront être exécutées à un (1) mètre des clôtures ou des murs d'habitation. Toutes les conduites de raccordement aux réseaux seront équipées de vanne afin de pouvoir isoler l'eau des PIE en cas de besoin.

A partir de la position des conduites du réseau ONEA existant, un schéma de raccordement de chaque PIE a été effectué. Nous présenterons dans les figures suivantes les schémas d'implantation pour les forages F2 et F3 de la zone de Yagma. Les schémas des autres forages pourront être présentés en Annexes 6.

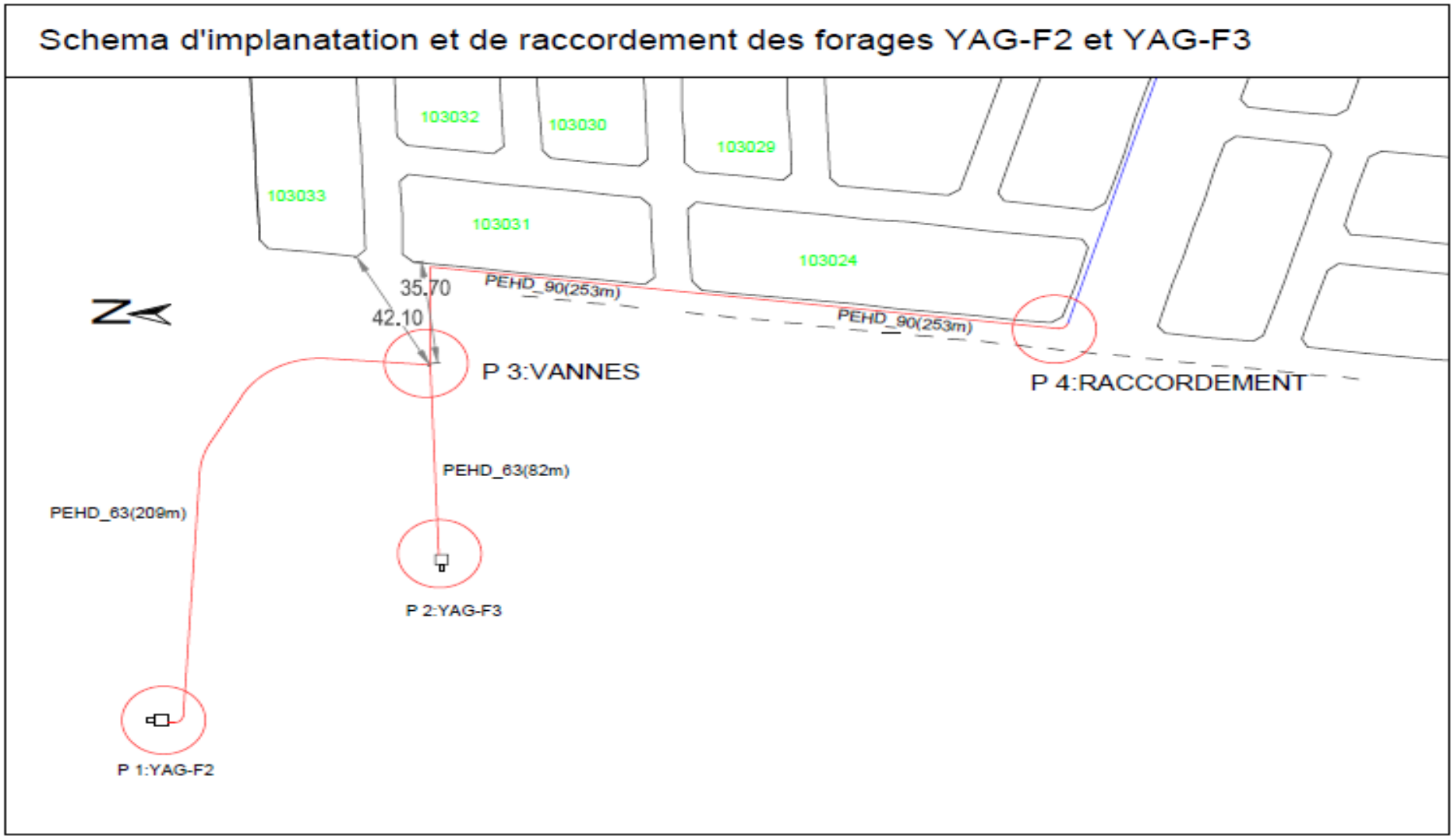


Figure n°3 : Schéma d'implantation et de raccordement des forages F2 et F3 de Yagma

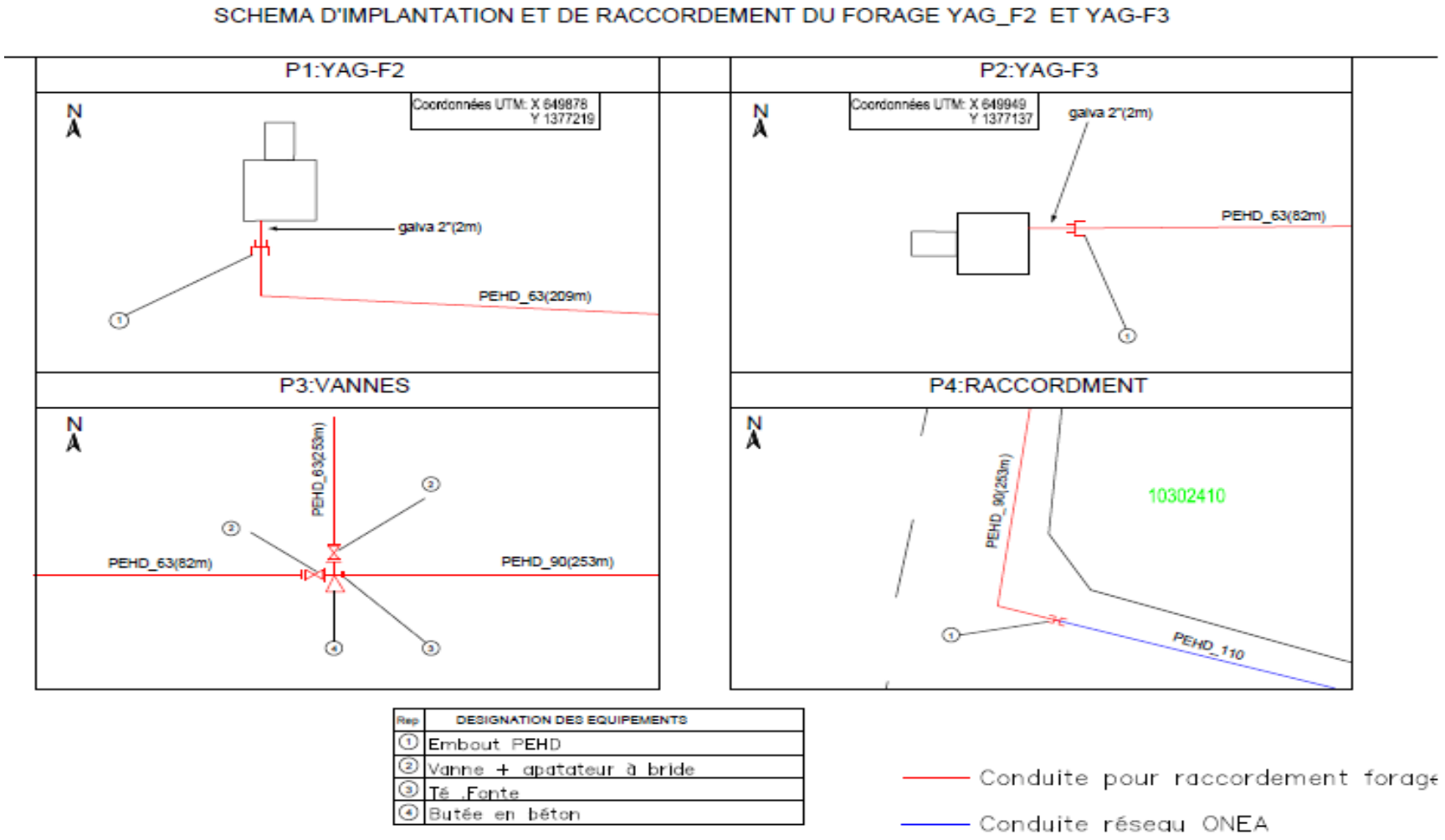


Figure n°4 : Carnet des nœuds des forages F2 et F3 de Yagma

3- Détermination de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La hauteur manométrique totale tient compte de la hauteur de refoulement géométrique (H_g) comme indiqué sur la figure n°3, des pertes de charge totale (Pdc_{total}) et de la pression utile (Z). La pression utile sera égale à 3 bars (30 m)[2].

$$HMT = H_g + Pdc_{total} + Z \qquad (3)$$

La hauteur géométrique sera la différence entre le niveau dynamique et le niveau de pose de la conduite de distribution. Nous utiliserons la côte du terrain naturel comme niveau de pose des conduites.

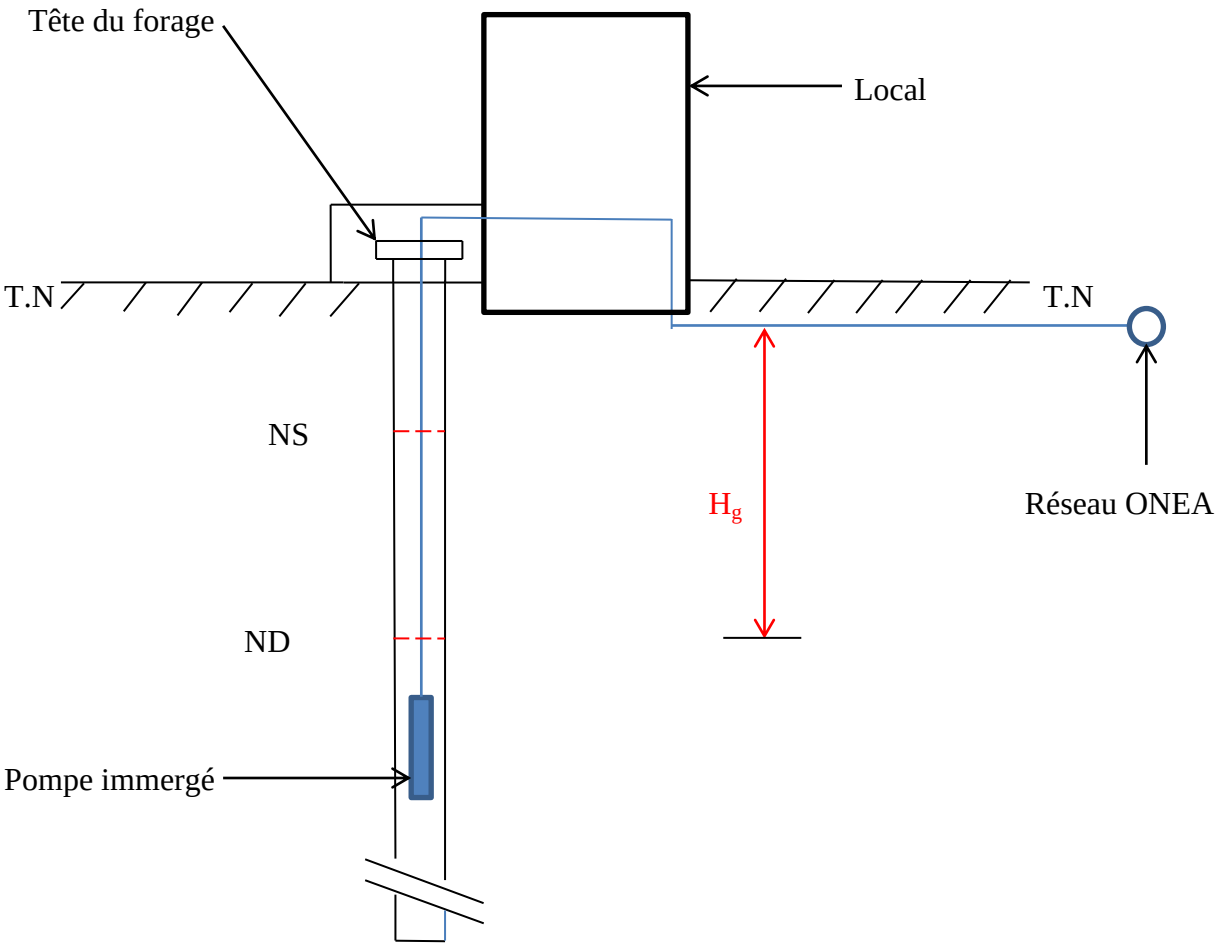


Figure n°5 : coupe d'un forage

[2] La mise en marche des PIE est conditionnée par une pression inférieure à 1 bar et l'arrêt par une pression de 3 bars. Avec une pression utile de 3 bars, nous nous assurons que la pression d'injection soit supérieure à la pression dans le réseau.

Les pertes de charge totales seront fonction de la longueur, du type de tuyauterie et du type de singularité présente. Elles sont divisées en 2 types : les pertes de charges linéaires qui seront calculées par la formule de Manning-Strickler et les pertes de charges singulières qui seront fonction du type de singularité. (Voir tableau n°5).

- Perte de charge linéaire (Manning-Strickler)

$$J = \frac{4^{10/3}\, Q^2}{\pi^2 Ks^2 D^{16/3}}\, L \approx \frac{10.29\, Q^2}{Ks^2 D^{5.33}}\, L \qquad (4)$$

Avec :

J = perte de charge linéaire (mCE)

Q = débit (m^3/s)

Ks = coefficient de rugosité des conduites

D = diamètre intérieur des conduites (mm)

L = longueur des conduites (m)

- Perte de charge singulière

$$h = k\frac{V^2}{2g} \qquad (5)$$

Avec :

h = perte de charge singulière (m)

k = coefficient de perte de charge singulière

V = vitesse de l'eau (m/s)

g = accélération de la pesanteur ($9.81 m^2/s$)

Tableau n°6 : Coefficient de perte de charge singulière (k)[3]

Singularités	**k**
Aspiration/crépine	1
Clapet	2 ou 5
Coude	0,33
Vanne 1/4	0,15
Vanne d'isolement	0,33
Embout	0,5
Té	0,1

Nous utiliserons le tableau ci-dessous pour la détermination de nos pertes de charge singulières. Ce tableau qui est présenté à titre illustratif, explique la démarche suivie pour ce calcul. En fonction des différentes parties, Il a été subdivisé en 3 : La première partie, détermine les pertes de charge présentes dans le forage. La deuxième partie celles à l'intérieur du local et la troisième partie donne les pertes de charge rencontrées de la sortie du local jusqu'au point de raccordement au réseau ONEA. Le calcul des pertes de charge des conduites d'adduction des différents forages est présenté en Annexe 3. Le tableau suivant est un gabarit qui nous a servi pour la détermination des pertes de charge.

[3] Sources : cours AEP du Professeur Bonvin et Memento station de pompage de M.Djoukam

Tableau n°7 : Gabarit pour le calcul des pertes de charge

	Calcul de perte de charge - Forage - (Formule de Manning-Strickler)			
	Débit			/
	Dans le forage			
	Diamètre intérieur, Canalisation			52
	Coefficient de rugosité			120
	Longueur de tuyauterie			
	Vitesse d'écoulement			
	perte de charge unitaire			
(1)	**Pertes de charge linéaires CE**			
	Type de singularité	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
	Aspiration/crépine	1	1	/
	Clapet	5	1	/
(2)	**Pertes de charge singulières totales**			
(3)=(1)+(2)	**Total pertes de charge dans le forage**			
	A l'intérieur du local			
	Conduite Galva 2''			
	Diamètre intérieur, Canalisation			52,6
	Coefficient de rugosité			105
	Longueur de tuyauterie			/
	Vitesse d'écoulement			/
	perte de charge unitaire			
(4)	**Pertes de charge linéaires Galva**			
	Type de singularité	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
	Coude 90°	0,33	6	
	Vanne 1/4T	0,15	3	
	Compteur DN50		1	
	Clapet	2	1	
(5)	**Pertes de charge singulières totales**			
(6)=(4)+(5)	**Total pertes de charge dans le local**			
	A l'extérieur du local			
	Conduite PEHD DN PN 16			
	Diamètre intérieur, Canalisation			51,4
	Coefficient de rugosité			120
	Longueur de tuyauterie			
	Vitesse d'écoulement			
	perte de charge unitaire			
(7)	**Pertes de charge linéaires PEHD**			
	Type de singularité	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
	Embout	0,5	1	
	Vanne d'isolement	0,33	1	
	Té	0,1	1	
(8)	**Pertes de charge singulières totales**			
(9)=(7)+(8)	**Total pertes de charge à l'extérieur du local**			
(10)=(3)+(6)+(9)	**TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES**			

En connaissant la pression minimale de service fixée à 3 bars pour permettre au PIE d'avoir une pression d'injection supérieure à celle du réseau, la hauteur géométrique de refoulement et les pertes de charge totales présentées dans le tableau n°8, nous pouvons déterminer la Hauteurs Manométrique Total (HMT) de chaque poste. (Voir tableau n°9).

Tableau n°8 : Récapitulatif des Résultats des pertes de charge

Secteurs	Identification	Pertes de charge forage (m)	Pertes de charge à l'intérieur du local (m)	Pertes de charge à l'extérieur du local (m)	Pertes de charge Totale (m)
Bassinko	BSK-F1	0,99	1,25	0,34	2,58
	BSK-F2	3,52	2,01	2,61	8,14
	BSK-F3	2,14	1,57	2,18	5,89
	BSK-F4	2,75	1,70	0,48	4,94
Nagrin	NAG-F1	6,02	4,57	0,16	10,76
	NAG-F2	0,63	3,17	0,14	3,94
	NAG-F3	1,29	3,34	0,26	4,90
	NAG-F4	5,94	4,36	0,17	10,47
Yagma	YAG-F1	0,43	1,11	0,24	1,79
	YAG-F2	1,95	1,57	7,28	10,80
	YAG-F3	1,54	1,45	2,12	5,11

Tableau n°9 : Calcul de la hauteur manométrique totale

Secteurs	Identification	Pertes de charge Total (m)	Hg (m)	Pression minimale (m)	HMT (m)
Bassinko	BSK-F1	2,58	41	30	73,58
	BSK-F2	8,14	18		56,14
	BSK-F3	5,89	40		75,89
	BSK-F4	4,94	25		59,94
Nagrin	NAG-F1	10,76	23		63,76
	NAG-F2	3,94	36		69,94
	NAG-F3	4,90	28		62,90
	NAG-F4	10,47	26		66,47
Yagma	YAG-F1	1,79	45		76,79
	YAG-F2	10,80	25		65,80
	YAG-F3	5,11	40		75,11

4- Détermination des pompes

Les deux paramètres pour la détermination des pompes sont la hauteur manométrique totale et les différents débits d'exploitation. Pour le choix des électropompes, nous utiliserons des pompes immergées de la marque GRUNDFOS, qui sont généralement utilisées par l'ONEA dans ses installations. Ainsi nous ferons nos choix à partir du catalogue GRUNDFOS qui propose une gamme de pompes immergées en acier inoxydable avec un débit assez varié ; la gamme est constituée de pompes de dimensions différentes avec un nombre de roues variables afin d'obtenir le point de fonctionnement requis. Elles sont spécifiées de la façon suivante :

Par exemple : SP 8 A 25

SP = la gamme (Submersible Pump)

8 = débit nominal au meilleur rendement

A = version 4 pouces

25 = nombre d'étages

Le tableau ci-dessous présentera le résultat des HMT et les pompes retenues.

Tableau n°10 : Choix des électropompes pour l'équipement des forages

Secteurs	Identification	HMT (m)	HMT utilisée (m)[4]	Débit (m^3/h)	Pompes[5]
Bassinko	BSK-F1	73,58	78,58	6	SP5A-21
	BSK-F2	56,14	61,14	12	SP14-13
	BSK-F3	75,89	80,89	9	SP9-16
	BSK-F4	59,94	64,94	10	SP11-15
Nagrin	NAG-F1	63,76	68,76	15	SP14-17
	NAG-F2	69,94	74,94	5	SP 5A-21
	NAG-F3	62,90	67,90	7	SP9-13
	NAG-F4	66,47	71,47	15	SP14-20
Yagma	YAG-F1	76,79	81,79	4	SP 5A-21
	YAG-F2	67,10	72,10	9	SP9-16
	YAG-F3	76,41	81,41	8	SP9-16

[4] HMT utilisée pour la détermination des pompes immergées (Marge de sécurité de + 5m)
[5] Caractéristiques détaillées des pompes en Annexe 4

Les mises en marche des pompes sont entièrement automatisées, en fonction de la pression dans le réseau, du niveau de chlore disponible, et du niveau dynamique de la nappe. Le temps de pompage cumulé est de 16 heures maximum par jour pour chaque PIE. La fiche technique de chacune des pompes sera présentée en Annexe 4

5- Détermination du point de fonctionnement des pompes

Pour déterminer le point de fonctionnement, nous avons réalisé un graphe représentant la courbe caractéristique du réseau. Ce graphe est tracé en calculant les pertes de charge pour différents débits fictifs dans le réseau. Le point d'intersection de cette courbe avec la courbe caractéristique de la pompe donne le point de fonctionnement de la pompe sur ce réseau (Figures n°4 à 6). Hors du voisinage de ce point de fonctionnement, la pompe ne sera pas dans sa configuration optimum, induisant une baisse de rendement.

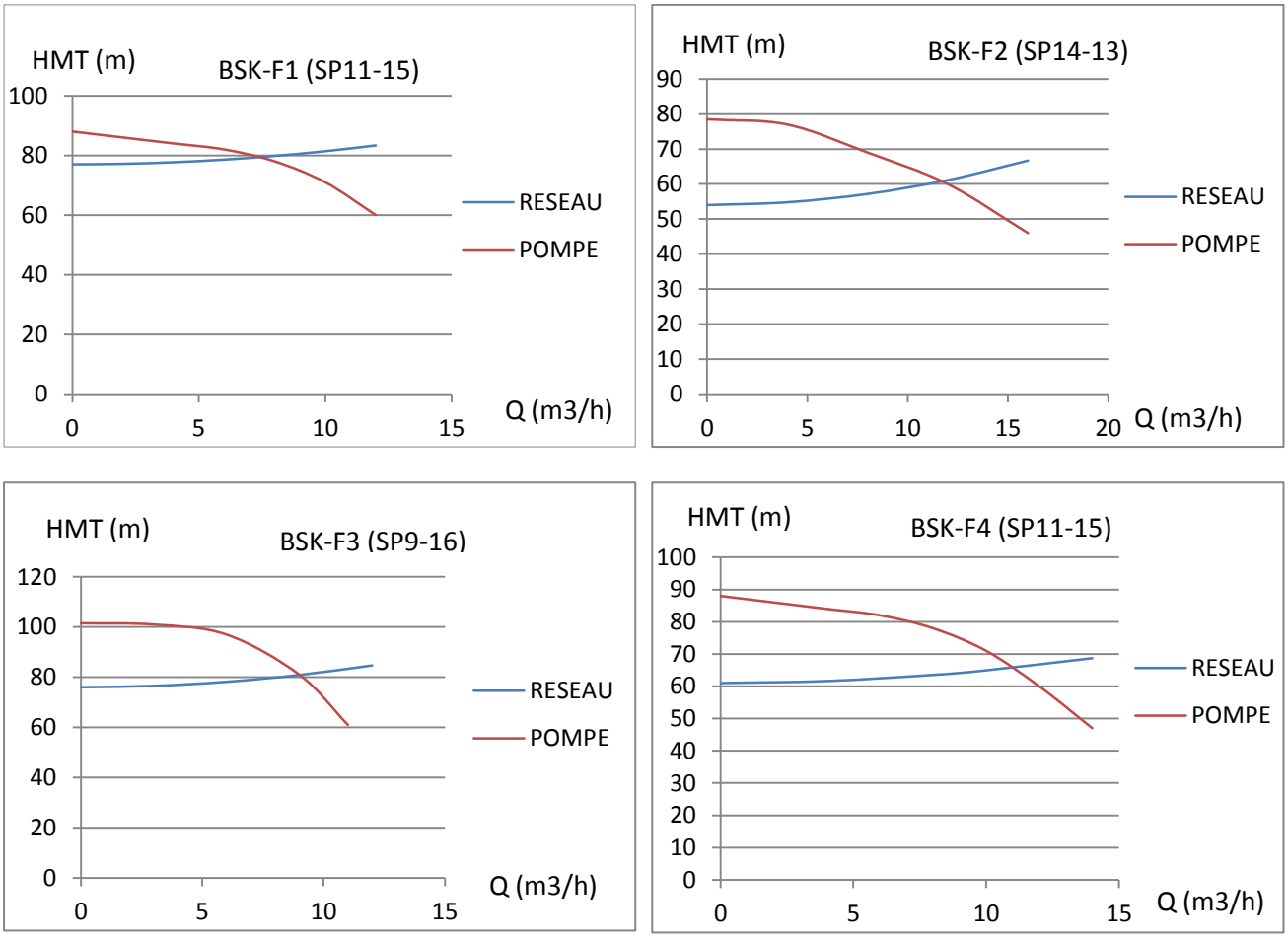


Figure n°6 : Graphiques des points de fonctionnement des 4 forages de Bassinko

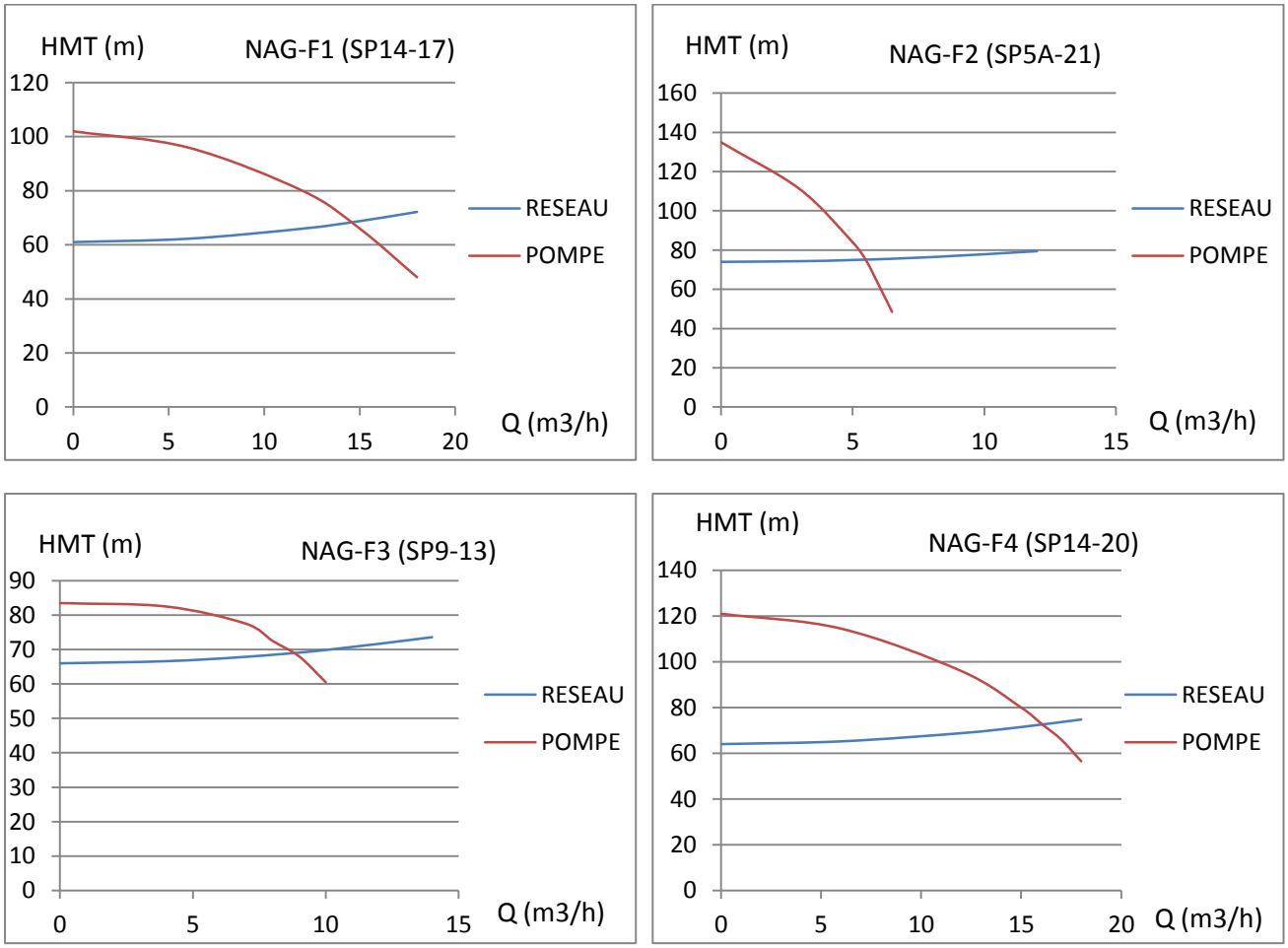


Figure n°7 : Graphiques des points de fonctionnement des 4 forages de Nagrin

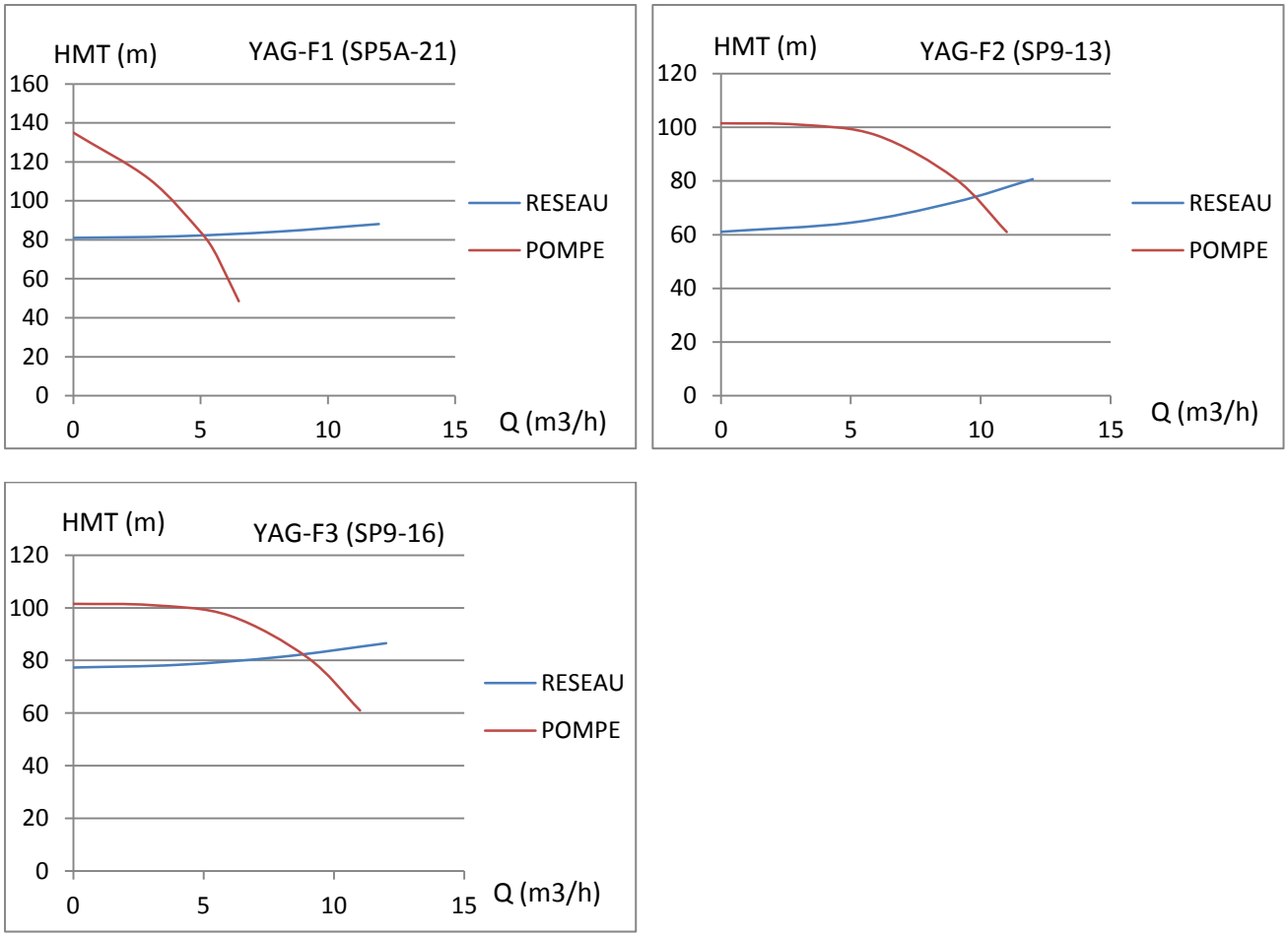


Figure n°8 : Graphiques des points de fonctionnement des 3 forages de Yagma

Les points de fonctionnement obtenus à travers le tracé des courbes caractéristiques des pompes et des réseaux, donnent des débits d'exploitation optimum proche des débits fixés par les essais de pompage. Mais précision est faite que dans un premier temps les pompes choisies des forages YAG-F2 et YAG-F3 (SP9-13) donnaient des points de fonctionnement éloignés du débit fixé. Ainsi pour ses deux forages, nous avons préféré proposer des pompes du type SP9-16 qui donnent un point de fonctionnement satisfaisant.

Toutes les pompes retenues fonctionneront dans des conditions optimales.

Les graphiques ci-dessus seront représentés plus en détail dans l'Annexe 5.

6- Bilan énergétique des PIE

Les différents appareils électriques nécessaires au fonctionnement d'un poste d'injection d'eau sont illustrés dans le schéma suivant :

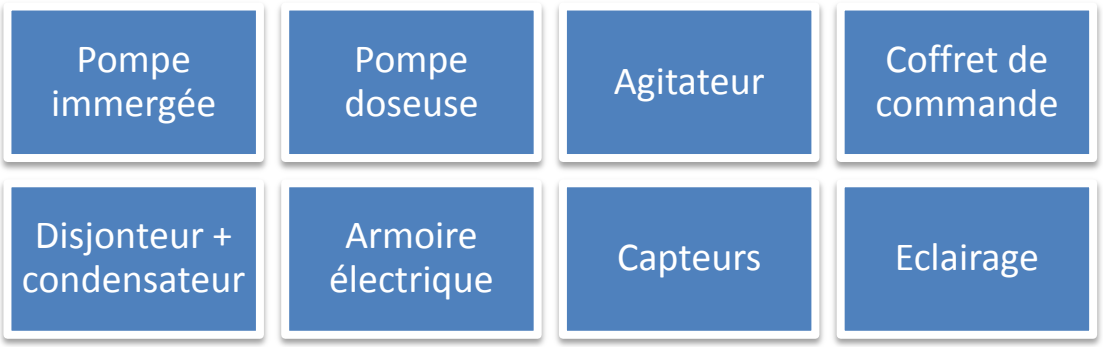


Figure n°9 : Illustration des appareils électrique de chaque PIE

A partir des renseignements sur la marque de pompe doseuse et d'agitateur présente dans les installations similaires de l'ONEA, nous choisissons MILTON ROY comme marque de nos deux appareils, et ceux pour tous les PIE. A partir des fiches techniques des différents appareils (Voir annexe 4), nous présenterons une évaluation de leurs besoins énergétiques pour chaque PIE dans le tableau n°11 :

Tableau n°11 : Bilan énergétique des appareils électriques de chaque PIE

Identification	Puissance consommé par le moteur de la pompe immergée (kW)	Puissance pompe doseuse (kW)	Puissance agitateur (kW)	Puissance coffret de commande (Bouton poussoir, interrupteur sectionneur) (kW)	Puissance disjoncteur + condensateur (kW)	Puissance Armoire électrique (relai de phase, parafoudre, transfo) (kW)	Puissance Capteurs de niveau, de débit, de vitesse (kW)	Eclairage (kW)	Puissance dispositifs de télésurvei llances (poste locaux de télégestion) (kW)	Total (kW)
BSK-F1	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
BSK-F2	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
BSK-F3	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
BSK-F4	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
NAG-F1	4	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	4,4
NAG-F2	2,2	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	2,6
NAG-F3	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
NAG-F4	5,5	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	5,9
YAG-F1	2,2	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	2,6
YAG-F2	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4
YAG-F3	3	0,12	0,25	0,01	0,001	0,01	0,001	0,018	0,02	3,4

III- ETUDE COMPARATIVE POUR L'ALIMENTATION ENERGETIQUE DES PIE

La source traditionnelle d'alimentation en énergie des installations de l'ONEA est le réseau SONABEL. Des groupes électrogènes viennent suppléer aux réseaux SONABEL soit en cas de coupure pour les groupes de secours ou lorsque l'installation est en zone hors urbain non desservie par le réseau SONABEL.

Les PIE objets de notre étude, quoique en zone urbaine sont pour l'instant hors du réseau SONABEL. Mais ils ont été conçus pour fonctionner au réseau SONABEL et leur alimentation nécessiterait des extensions.

Ainsi les 11 PIE, étant confrontés à un problème d'alimentation en énergie pour le fonctionnement des différents équipements, nous prévoyons de mener une étude comparative en fonction de trois types d'alimentation électrique généralement utilisées et ceux pour une durée de vie des installations de 20 ans[6]. A savoir l'énergie fournie par la société d'électricité du Burkina Faso qui est la SONABEL, l'énergie fournie par un groupe électrogène, et l'énergie photovoltaïque.

Chacune de ces sources énergétiques présentent des avantages et des inconvénients, Cette étude portera sur le dimensionnement des différentes sources énergétiques et une analyse financière/économique afin de choisir la meilleure option.

[6] La durée de vie a été fixée en fonction de la composante ayant la plus longue durée de vie (panneaux solaires)

1- Aspect énergétique

Suite au bilan énergétique présenté dans le tableau n°11, qui nous donne les puissances requises pour le fonctionnement adéquat des PIE, l'étude qui va suivre, nous permettra de déterminer la puissance que devra fournir les 3 types d'énergies étudiées.

a) Alimentation HTA/BTA par la SONABEL

Les postes d'injection d'eau étant situés dans des zones éloignées du réseau SONABEL, une alimentation par ce réseau public nécessite une extension à travers l'aménagement d'une ligne Haute Tension A (HTA). A cet effet il est prévu la construction de la ligne HTA aero-souterraine, de la ligne HTA aérienne ossature 33kV, et d'une maisonnette au pied du support du transformateur. Le transformateur aura pour rôle le passage du courant électrique de haute tension en basse tension.

L'estimation des besoins énergétiques des équipements des postes d'injection d'eau mentionnée plus haut nous permet d'obtenir un tableau récapitulatif de la puissance nécessaire que devra fournir la SONABEL.

Tableau n°12 : Estimation de la puissance électrique des PIE pour l'alimentation par la SONABEL

Identification	Puissance nécessaire (kW)
BSK-F1	3.4
BSK-F2	3,4
BSK-F3	3,4
BSK-F4	3,4
NAG-F1	4,4
NAG-F2	2,6
NAG-F3	3,4
NAG-F4	5,9
YAG-F1	2,6
YAG-F2	3,4
YAG-F3	3,4

b) Alimentation par un groupe électrogène

Lors du démarrage du moteur, la puissance absorbée par l'électropompe est très nettement supérieure à la puissance nominale. Ainsi le groupe électrogène sera choisi en fonction des caractéristiques de démarrage du moteur de la pompe (Intensité de démarrage Id) et des autres équipements.

La puissance minimum que devra fournir le groupe électrogène tiendra compte de l'intensité de démarrage (I_d) fournie par le fabriquant de l'électropompe, comme stipulé dans la formule suivante et de la puissance des différentes composantes du local (Voir tableau n°11).

$$P\ (kVA) = U\ \times I_d \qquad (6)$$

Tableau n°13 : Estimation de la puissance nécessaire pour l'alimentation des PIE par un groupe électrogène

Identification	U	I nominale (A)	Id/In	Id	Puissance requise par le générateur (kVA)	Puissance pompe doseuse (kW)	Puissance agitateur (kW)	Coffret de commande (Bouton poussoir, interrupteur sectionneur)	disjoncteur + condensateur	Armoire électrique (relai de phase, parafoudre, transfo)	Capteurs de niveau, de débit, de vitesse	Eclairage	Dispositifs de télésurveillances (poste locaux de télégestion	Puissance totale requise pour le PIE (kVA)
BSK-F1	380	5,5	4,4	24,2	9,2	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	9,6
BSK-F2	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9
BSK-F3	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9
BSK-F5	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9
NAG-F1	380	9,75	4,6	44,85	17	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	17,4
NAG-F2	380	5,5	4,4	24,2	9,2	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	9,6
NAG-F3	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9
NAG-F4	380	13	4,8	62,4	23,7	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	24,1
YAG-F1	380	5,5	4,4	24,2	9,2	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	9,6
YAG-F2	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9
YAG-F3	380	7,7	4,6	35,42	13,5	0,12	0,25	0,010	0,001	0,010	0,001	0,018	0,020	13,9

Les moteurs fonctionneront de manière optimale à une tension précise. La section des câbles d'alimentation doit être calculée pour ne pas créer une chute de tension aux bornes du moteur supérieure à 5% (voir tableau n°12). La section des câbles est donnée par la formule suivante:

$$A = \frac{L \times \rho \times I \times C}{U \times \Delta U} \qquad (7)$$

A section du câble (mm^2)

L : longueur du câble (m)

ρ : résistance du câble (0.02 $.mm^2/m$)

I : intensité (A)

C : coefficient fonction de l'alimentation

U : tension nominale (Volt)

ΔU : pertes maxi de tension (5%)

C = $2 \times \cos \Phi \times 100$ pour un démarrage direct ; monophasé

$\sqrt{3} \times \cos \Phi \times 100$ pour un démarrage direct ; triphasé

Tableau n°14 : Détermination des sections de câble d'alimentation (Source : Le pompage ;ACF)

Secteur	Identification	Longueur câble (m)	Section câble (mm^2)	Section câble choisie (mm^2)
Bassinko	BSK-F1	63	9,8	4*2,5
	BSK-F2	55	8,2	4*2,5
	BSK-F3	60	9,0	4*2,5
	BSK-F4	63	9,4	4*2,5
Nagrin	NAG-F1	61	9,5	4*2,5
	NAG-F2	57	8,8	4*2,5
	NAG-F3	60	9,0	4*2,5
	NAG-F4	60	9,3	4*2,5
Yagma	YAG-F1	62	9,6	4*2,5
	YAG-F2	55	8,2	4*2,5
	YAG-F3	55	8,2	4*2,5

c) Système photovoltaïque

Un système solaire photovoltaïque est un ensemble de composants qui produit de l'énergie électrique à partir des rayonnements solaires. Il est principalement composé d'un champ de modules photovoltaïques, d'un régulateur, d'un convertisseur et d'un accumulateur[7] :

- Les modules photovoltaïques sont des plaques composées de cellules photovoltaïques qui convertissent le rayonnement solaire en électricité.
- Les accumulateurs (batteries) permettent le stockage de l'énergie pour une utilisation ultérieur.
- Le régulateur permet de protéger les batteries (surcharge, décharge profonde, sulfatation des plaques).
- Le convertisseur/onduleur transforme le courant continu (CC) produit par le champ PV en courant alternatif (CA) de tension

A cela s'ajoute des diodes anti-retour et des câbles. Le schéma suivant illustre la composition d'un système photovoltaïque.

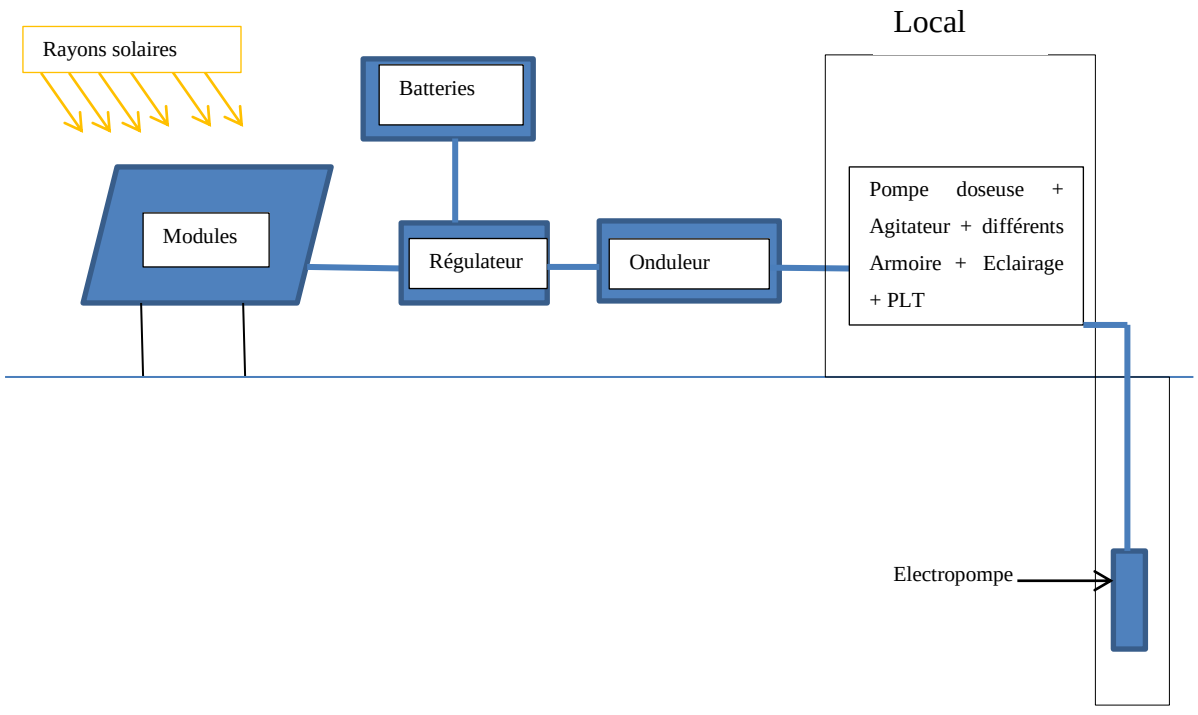


Figure n°10 : Illustration de la composition d'un système photovoltaïque

[7] La présence d'accumulateur est fonction du choix du type de pompage (Au fil du soleil ou avec stockage d'énergie dans des batteries)

La conception d'un système photovoltaïque exige des données sur l'ensoleillement. Les valeurs quotidiennes d'ensoleillement sont habituellement présentées sous forme de moyennes mensuelles pour différentes latitudes et inclinaisons à des endroits précis (afin de prendre en compte l'effet de conditions météorologiques différentes). Pour le dimensionnement d'un système photovoltaïque, il est préconisé d'utiliser le gisement solaire du mois le moins ensoleillé comme indiquer dans le tableau ci-dessous, afin d'obtenir l'énergie nécessaire pendant cette période. Le fonctionnement aléatoire de nos PIE dans le temps, nous amène à envisager l'option d'utilisation de batteries d'accumulation pour le fonctionnement du système.

Tableau n°15 : Données sur le rayonnement dans les sites d'études (Source : « Le pompage photovoltaïque », IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Rayonnement (kWh/m2)	5,9	6,7	6,6	6,3	5,9	5,4	5,2	5	5,5	6,2	6,3	5,9	5,9
Gisement (kWh/m2/jour)	5												

En fonction du gisement solaire, des différents rendements, du débit journalier et de la HMT, nous pouvons déterminer la puissance crête nécessaire pour le fonctionnement des 11 postes d'injection d'eau, ainsi que la capacité des batteries utiles.

$$Ejp = 2{,}725.10^{-3}.(\frac{Qj.Hmt}{Rmp}) = Rg.Rond.Pc.Ei \qquad (8)$$

$$Pc = 2{,}725.10^{-3}.\frac{Qj.Hmt}{R_g.R_{ond}.R_{mp}.E_i} \qquad (9)$$

Avec

E_{jp} : Energie journalière requise par le système de pompage (Wh/j)

P_c : Puissance du champ photovoltaïque (kWc)

Q_j : Débit journalier (m^3/j)

R_g : Rendement du générateur photovoltaïque (75%)

R_{ond} : Rendement de l'onduleur (93%)

R_{mp} : Rendement du groupe motopompe (35%)

E_i : Gisement solaire local (kWh/m^2.j)

Pour déterminer la capacité de stockage des différentes batteries, nous tiendrons compte du rendement de la batterie, de la tension nominale, de la décharge maximale et du nombre de jour d'autonomie voulu. La formule suivante sera utilisée pour cela :

$$C = \frac{E_{jp} \cdot J_{aut}}{V_{acc} \cdot R_{acc} \cdot DM} \qquad (10)$$

J_{aut} : Nombre de jour d'autonomie de la batterie

V_{acc} : Tension des accumulateurs (24 V)

R_{acc} : Rendement des accumulateurs (75%)

DM : Décharge maximale des batteries (50%)

Les différents calculs, permettent de déterminer la puissance crête dans le cas d'un pompage solaire. Le nombre de panneaux photovoltaïque et de batteries nécessaires pour alimenter chaque PIE sont obtenus à partir de la puissance crête. Mais comme mentionné auparavant, les PIE ont été conçu pour être alimentés par les lignes SONABEL. N'ayant pas la possibilité d'installer des pompes solaires dans notre projet, nous avons utilisé le bilan de puissance établi des PIE pour la détermination de la puissance crête. Ainsi la puissance crête sera finalement déterminée à partir de la formule suivante :

$$P_c = \frac{E}{R_g R_{ond} E_i} \qquad (11)$$

Avec

E : Energie utile (kWh)

Pour le calcul du nombre de panneaux solaires, nous adopterons des générateurs d'une tension de 48 volts, des modules photovoltaïques de 12 volts de tension et d'une puissance de 300 watts. Nous utiliserons des panneaux solaires du type Monocristallin VICTRON 300W.

Quant aux accumulateurs, nous utiliserons des batteries du type Nickel/Cadmium d'une durée de vie estimée à 10 ans, avec une tension de 24 volts. Le rendement des accumulateurs choisis sera de 75%, avec une profondeur de décharge maximale de 50%.

Le tableau n°16 nous donne les puissances crêtes, le nombre de panneaux solaires et de batteries.

Tableau n°16 : Détermination de la puissance du champ photovoltaïque et de la capacité des batteries

Identification	Débit de la pompe (m^3/h)	Puissance (kW) pour 1 h	Puissance journalière (16 h de fonctionnement) (kWh)	Pc (kWc)	Nombre de panneaux[8]	capacité batteries (Ah)	nombres de batteries
BSK-F1	6	2.2	35.2	10.4	35	5 867	29
BSK-F2	12	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37
BSK-F3	9	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37
BSK-F4	10	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37
NAG-F1	15	3.5	56	16,6	55	9 333	47
NAG-F2	5	2.2	35,2	10,4	35	5 867	29
NAG-F3	7	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37
NAG-F4	15	4.6	73,6	21,8	73	12 267	61
YAG-F1	4	2.2	35,2	10,4	35	5 867	29
YAG-F2	9	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37
YAG-F3	8	2.8	44,8	13,3	44	7 467	37

[8] Tension générateur Ug = 48 V ; Tension d'un module Um = 12 V et puissance du module Pm = 300 W

2- Analyse économique et financière

L'analyse financière des différents types d'alimentation énergétique permet de dégager les informations sur le coût d'investissement, les charges d'exploitation, ainsi que le prix de revient du m^3 d'eau. Elle nous permettra de comparer les coûts entre les différentes options.

Avec un temps de pompage quotidien de 16 heures maximum et à partir du débit d'exploitation fixé, nous estimerons le volume d'eau produit par les PIE et son impact sur les abonnés avec une consommation estimé à 50l/habitant/jour.

Tableau n°17 : volume d'eau produit et taux de couverture en eau potable

Secteur	Identification	m^3/j	l/j	Nombres de personne desservie	Taux de couverture (%)[9]
BASSINKO	F1	96	96 000	1 920	0,07
	F2	192	192 000	3 840	0,15
	F3	144	144 000	2 880	0,11
	F4	160	160 000	3 200	0,12
NAGRIN	F1	288	288 000	5 760	0,22
	F2	80	80 000	1 600	0,06
	F3	112	112 000	2 240	0,09
	F4	320	320 000	6 400	0,25
YAGMA	F1	64	64 000	1 280	0,05
	F2	144	144 000	2 880	0,11
	F3	128	128 000	2 560	0,10
TOTAL		1 728	1 728 000	34 560	1,33

Ainsi avec la mise en fonction des 11 PIE, 34 560 personnes de la ville, soit un taux de couverture de 1,33%, pourront désormais être desservies en eau potable chaque jour.

Notre analyse financière portera sur 3 paramètres qui sont le coût d'investissement, les charges d'exploitation et le prix de revient du mètre cube d'eau pompée.

Pour les charges d'exploitation, en plus du renouvellement de certains équipements, nous pouvons retenir des frais pour le traitement par chloration de l'eau qui s'élèvent à 11 FCFA/m^3 et s'appliquent dans tous les systèmes d'alimentation énergétique. Les frais de maintenances et du personnel sont fixées à 2.400.000 FCFA annuellement en raison de

[9] Le taux de couverture est calculé à partir de l'estimation de la population de Ouagadougou (2.600.000 habitants)

200.000 FCFA par mois pour le branchement SONABEL ou le groupe électrogène et à 1.000.000 FCFA pour un branchement à de l'énergie photovoltaïque.

a) Cas de la SONABEL

- Coût d'investissement initial

L'ONEA, a approché la SONABEL, dans le but d'avoir une estimation sur le coût pour un raccordement au réseau. A cet effet la Société Nationale d'Electricité du Burkina a fournis des devis (Voir Tableau n°18). Ces devis ont été élaborés en tenant compte de la situation géographique des 11 forages. C'est ainsi qu'il en ait ressortie une répartition en trois zones, à savoir : la zone 1 regroupant les PIE de Bassinko, la zone 2 regroupant ceux de Nagrin, et la zone 3 pour les forages de Yagma.

Tableau n°18 : Devis SONABEL

	BASSINKO	**NAGRIN**	**YAGMA**
Désignation des ouvrages et équipements	Prix Total	Prix Total	Prix Total
Construction ligne HTA aero-souterraine	5 765 922	5 877 674	/
Construction ligne HTA aérienne ossature 33 kV	40 842 654	41 923 860	45 655 413
Construction des postes H61 50 kVA 33kV/410 V	12 568 545	13219182	/
construction des postes H61 100 kVA 33kV		/	8 829 882
Comptage double tarif	4 012 523	3 634 389	/
Comptage BTA		/	4 855 633
Autres	1 000 000	1 000 000	1 000 000
TOTAL HTVA	64 189 644	65 655 105	60 340 928
TVA 18%	11 554 136	11 817 919	10 861 367
TOTAL TTC	**75 743 780**	**77 473 024**	**71 202 295**

- Charges d'exploitation

Pour une alimentation en énergie sur secteur, la principale charge d'exploitation est le payement des factures de consommation auprès de la SONABEL. Ainsi pour évaluer la charge d'exploitation nous calculerons le montant des factures en fonction de la consommation de chaque PIE. Le prix du kilowattheure est reparti en tranche comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°19 : grille tarifaire de la SOBABEL pour le courant basse tension triphasé (Source : Tarification de la SONABEL)

Tranche de consommation (kWh)	0-50	51-200	Plus de 200
Tarif du kWh (FCFA)	96	108	114

A partir du prix du kilowattheure, du nombre d'heure maximum de fonctionnement des PIE, nous pouvons déterminer la facture mensuelle[10] de chaque poste (Voir tableau n°20).

En plus des factures de consommation, d'autres charges comme la maintenance, le traitement, et le salaire du personnel doivent être prisent en compte. Le tableau n°21 récapitule l'ensemble des charges de fonctionnement pour une alimentation par la SONABEL.

[10] Nous calculerons en prenant 30 jours

Tableau n°20 : Facturation mensuelle des PIE

			Répartition du kilowattheure consommé par tranche (kWh)			Répartition du coût de la consommation par tranche (FCFA)				
Secteur	Forage	Consommation mensuelle (kWh)	Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3	Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3	Redevance + prime fixe (FCFA)	Facturation mensuelle (FCFA)
BASSINKO	F1	1 358	50	150	1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
	F2	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
	F3	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
	F4	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
NAGRIN	F1	1 694			1 494	4 800	16 200	170 362	17 144	208 506
	F2	1 070			870	4 800	16 200	99 226	17 144	137 370
	F3	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
	F4	2 222			2 022	4 800	16 200	230 554	17 144	268 698
YAGMA	F1	1 070			870	4 800	16 200	99 226	17 144	137 370
	F2	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202
	F3	1 358			1 158	4 800	16 200	132 058	17 144	170 202

Tableau n°21 : Coût des charges d'exploitation pour l'alimentation par la SONABEL

Forage	Facturation mensuelle (FCFA)	Frais de chloration (FCFA)	Frais de maintenance (FCFA)	Frais du personnelle (FCFA)	Total des charges d'exploitation pour 1 mois de fonctionnement (FCFA)	Total des charges d'exploitation pour 20 ans de fonctionnement (FCFA)
F1	170 202	31 680	50 000	150 000	401 882	96 451 584
F2	170 202	63 360	50 000	150 000	433 562	104 054 784
F3	170 202	47 520	50 000	150 000	417 722	100 253 184
F4	170 202	52 800	50 000	150 000	423 002	101 520 384
F1	208 506	95 040	50 000	150 000	503 546	120 850 944
F2	137 370	26 400	50 000	150 000	363 770	87 304 704
F3	170 202	36 960	50 000	150 000	407 162	97 718 784
F4	268 698	105 600	50 000	150 000	574 298	137 831 424
F1	137 370	21 120	50 000	150 000	358 490	86 037 504
F2	170 202	47 520	50 000	150 000	417 722	100 253 184
F3	170 202	42 240	50 000	150 000	412 442	98 985 984

- Coût global actualisée du m^3

Le calcul du coût d'une installation doit inclure tous les coûts qui permettent d'assurer la viabilité sur une certaine période ramenée à une valeur actualisée. Pour cela nous déterminerons l'amortissement du système.

$$A_{SONABEL} = \frac{(t \times I)}{[1-(1+t)^{-n}]} \qquad (12)$$

A : amortissement du système

I : Coût d'investissement

t : taux d'actualisation (10%)

n : durée de vie effective du système

A partir du coût de l'amortissement, le coût global actualisé pourra être déterminé

$$CGA_{SONABEL} = \frac{(A_{SONABEL}+E)}{V_{ann}} \qquad (13)$$

Avec :

$CGA_{SONABEL}$: coût global actualisé du m^3 d'eau pompé avec la SONABEL

V_{ann} : volume d'eau extrait annuellement

E : coût des factures

Tableau n°22 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par la SONABEL

Identification	BSK-F1	BSK-F2	BSK-F3	BSK-F4	NAG-F1	NAG-F2	NAG-F3	NAG-F4	YAG-F1	YAG-F2	YAG-F3
Prix de revient du m^3 d'eau (FCFA)	216	113	147	134	84	245	188	83	333	161	180

b) Groupe électrogène

- Coût d'investissement initial

Les puissances nécessaires pour le fonctionnement des PIE obtenues, nous permettent de procéder à un choix pour nos différents groupes électrogènes. L'ONEA vient d'acquérir des groupes de la puissance semblable à ceux que nous trouvons, de la marque SDMO. Ainsi pour des raisons de commodités et pour une satisfaction du service après-vente, nous choisirons des groupes électrogènes de la marque SDMO. Le tableau n°23 donne le modèle des groupes choisis, la puissance disponible pour chaque groupe, ainsi que le prix d'achat et d'installation des groupes électrogènes. Il est prévu la construction d'un abri d'une valeur de 500.000 FCFA pour chaque groupe.

A partir de ses différentes valeurs, une estimation du prix d'investissement initial pour l'alimentation de nos PIE par des groupes électrogènes peut être établie.

Tableau n°23 : Estimation du coût d'investissement initial

Secteurs	Identification	Puissance totale requise pour le PIE (kVA)	Modèle du groupe électrogène	Puissance disponible (kVA)	Prix d'achat et d'installation (FCFA)	Prix de construction de l'abri (FCFA)	Prix de l'investissement initial (FCFA)
Bassinko	BSK-F1	9,6	SDMO K12	12	6 800 000	500 000	7 300 000
	BSK-F2	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000
	BSK-F4	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000
	BSK-F5	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000
Nagrin	NAG-F1	17,4	SDMO K22	22	9 200 000	500 000	9 700 000
	NAG-F2	9,6	SDMO K12	12	6 800 000	500 000	7 300 000
	NAG-F3	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000
	NAG-F4	24,1	SDMO K33	33	10 500 000	500 000	11 000 000
Yagma	YAG-F1	9,6	SDMO K12	12	6 800 000	500 000	7 300 000
	YAG-F2	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000
	YAG-F3	13,8	SDMO K16	16	7 800 000	500 000	8 300 000

- Charge d'exploitation

Pour évaluer les charges d'exploitations de chacun des PIE dans ce type de système, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, à savoir la consommation en carburant du groupe, le prix actuel du consommable, l'inflation du prix du consommable dans les années à venir, les charges d'approvisionnements en carburant et les frais annexes (maintenance, traitement, salaire du personnel). Le prix du litre du gasoil à la pompe est de 526 FCFA à la date du 31 Mai 2016. Au vue de l'instabilité du marché mondiale de l'hydrocarbure, nous considèrerons une inflation du prix du carburant sur le marché de 2% chaque 5 an.

La durée de vie souhaitée du système pour faire la comparaison étant de 20 ans, nous prendrons en compte le coût pour le renouvellement de certaine composante. Les composantes à renouveler sont principalement le groupe électrogène qui a une durée de vie estimée à 10 ans et les accessoires (câbles, joints, filtres….) qui ont une durée de vie de 5 ans.

Le tableau n°24 nous montre l'évolution des charges liées au carburant en fonction de l'inflation envisagée, les frais de renouvellement des groupes et des accessoires (1.000.000 FCFA) et les frais annexes[11].

[11] Frais Annexes : Frais de maintenance, d'entretien, de chloration et salaire du personnel

Tableau n°24 : Détermination des charges d'exploitation pour l'alimentation par un groupe électrogène

Identification	Consommation (L/h)	Prix du litre de gasoil à la pompe (FCFA)	Coût du carburant (2016-2021) (FCFA)	Coût du carburant (2021-2026) (FCFA)	Coût du carburant (2026-2031) (FCFA)	Coût du carburant (2031-2036) (FCFA)	Coût total du carburant (FCFA)	Frais de maintenance + traitement + personnelle pour 20 ans (FCFA)	Renouvellement des équipements (FCFA)	Total des charges d'exploitation (FCFA)
BSK-F1	2,53	526	38 858 776	39 635 952	40 413 127	41 190 303	160 098 157	54 336 000	8 800 000	223 234 157
BSK-F2	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	234 135 645	63 206 400	9 800 000	307 142 045
BSK-F3	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	234 135 645	59 404 800	9 800 000	303 340 445
BSK-F4	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	234 135 645	60 672 000	9 800 000	304 607 645
NAG-F1	3,5		53 757 200	54 832 344	55 907 488	56 982 632	221 479 664	70 809 600	11 200 000	303 489 264
NAG-F2	2,53		38 858 776	39 635 952	40 413 127	41 190 303	160 098 157	54 336 000	8 800 000	223 234 157
NAG-F3	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	234 135 645	56 870 400	9 800 000	300 806 045
NAG-F4	5,9		90 619 280	92 431 666	94 244 051	96 056 437	373 351 434	73 344 000	12 500 000	459 195 434
YAG-F1	2,53		38 858 776	39 635 952	40 413 127	41 190 303	160 098 157	53 068 800	8 800 000	221 966 957
YAG-F2	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	23 135 645	59 404 800	9 800 000	244 183 405
YAG-F3	3,7		56 829 040	57 965 621	59 102 202	60 238 782	234 135 645	58 137 600	9 800 000	302 073 245

- Coût global actualisé du m^3

Amortissement total du système du groupe électrogène

$$A_{GE} = \frac{(t \times I)}{[1-(1+t)^{-n}]} \qquad (14)$$

A partir du coût de l'amortissement, le coût global actualisé pourra être déterminé

$$CGA_{GE} = \frac{A_{GE}+C_{car/main}}{V_{ann}} \qquad (15)$$

CGA_{GE} : coût global actualisé du m^3 d'eau pompé avec un groupe électrogène

$C_{car/main}$: coût du carburant et de maintenance

Tableau n°25 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par groupe électrogène

Identification	BSK-F1	BSK-F2	BSK-F3	BSK-F4	NAG-F1	NAG-F2	NAG-F3	NAG-F4	YAG-F1	YAG-F2	YAG-F3
Prix de revient du m^3 d'eau (FCFA)	514	262	346	313	175	482	442	225	599	346	388

c) Energie Photovoltaïque

- Coût d'investissement initial

Le coût d'investissement initial du système photovoltaïque, regroupe l'achat des panneaux, des accumulateurs, ainsi que des équipements annexes et frais d'installation.

A partir de recherche, nous avons pu déterminer les prix des équipements sur le marché local :

Ainsi à partir des prix d'achat des équipements qui sont de 295.000 FCFA pour un panneau solaire, 300.000 FCFA pour une batterie, 500.000 pour un onduleur + un régulateur et 5.000.000 FCFA comme frais d'aménagement et d'installation. Nous pouvons ainsi déduire le coût de l'investissement initial pour un système photovoltaïque. (Voir tableau n°26)

Tableau n°26 : Estimation du coût d'investissement pour l'énergie photovoltaïque

Identification	Coût d'achat batteries (FCFA)	Coût d'achat panneaux (FCFA)	Coût onduleur + régulateur (FCFA)	frais d'installation et autres (FCFA)	Investissement initial (FCFA)
BSK-F1	8 700 000	10 325 000	500 000	5 000 000	24 525 000
BSK-F2	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000
BSK-F3	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000
BSK-F4	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000
NAG-F1	14 100 000	16 225 000	500 000	5 000 000	35 825 000
NAG-F2	8 700 000	10 325 000	500 000	5 000 000	24 525 000
NAG-F3	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000
NAG-F4	18 300 000	21 535 000	500 000	5 000 000	45 335 000
YAG-F1	8 700 000	10 325 000	500 000	5 000 000	24 525 000
YAG-F2	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000
YAG-F3	11 100 000	12 980 000	500 000	5 000 000	29 580 000

- Charge d'exploitation

Les charges d'exploitations pour les systèmes photovoltaïques sont constituées des coûts de maintenance et de remplacement des équipements. Pour cela, il est prévu pour chaque PIE un remplacement des batteries, de l'onduleur, du régulateur après 10 ans d'utilisation, en plus de cela il a été prévu des frais de chloration et de maintenance.

Tableau n°27 : Coût des charges d'exploitation pour le système solaire

Secteur	Identification	Frais de chloration et nettoyage/20 ans (FCFA)	Renouvellement des équipements (batteries, onduleurs, régulateurs)/20ans (FCFA)	Charge total d'exploitation sur 20 ans (FCFA)
BASSINKO	BSK-F1	20 633 600	23 200 000	43 833 600
	BSK-F2	21 267 200	23 200 000	44 467 200
	BSK-F3	20 950 400	23 200 000	44 150 400
	BSK-F4	21 056 000	23 200 000	44 256 000
NAGRIN	NAG-F1	21 900 800	29 200 000	51 100 800
	NAG-F2	20 528 000	18 400 000	38 928 000
	NAG-F3	20 739 200	23 200 000	43 939 200
	NAG-F4	22 112 000	37 600 000	59 712 000
YAGMA	YAG-F1	20 422 400	18 400 000	38 822 400
	YAG-F2	20 950 400	23 200 000	44 150 400
	YAG-F3	20 844 800	23 200 000	44 044 800

- Coût global actualisé du m^3

Amortissement total du système photovoltaïque

$$A_{PV} = \frac{(t \times I)}{[1-(1+t)^{-n}]} \qquad (16)$$

A partir du coût d'amortissement, le coût global actualisé pourra être déterminé

$$CGA_{PV} = \frac{A_{PV}+C_{main}}{V_{ann}} \qquad (17)$$

CGA_{pv} : coût global actualisé du m^3 d'eau pompé avec l'énergie photovoltaïque

C_{main} : coût de maintenance et renouvellement des équipements

Tableau n°28 : Prix de revient du m^3 d'eau avec une alimentation par l'énergie photovoltaïque

Identification	BSK-F1	BSK-F2	BSK-F3	BSK-F4	NAG-F1	NAG-F2	NAG-F3	NAG-F4	YAG-F1	YAG-F2	YAG-F3
Prix de revient du m^3 d'eau (FCFA)	210	105	140	126	80	223	180	86	279	140	158

3- Choix de l'alimentation énergétique

a) Critères de sélection

Le choix de notre source d'énergie pour l'alimentation des PIE, se basera principalement sur 5 critères : Les coûts d'investissements, les coûts d'exploitation, le coût de revient actualisée du m^3 d'eau, la mise en œuvre et l'impact environnemental. Nos critères seront évalués par rapport à une échelle de notation présentée ci-dessous :

Tableau n°29 : Echelle pour la notation de nos 5 critères

Note	Investissement (FCFA)	Charges d'exploitation (FCFA)	Prix de revient du m^3 d'eau (FCFA)	mise en œuvre	impact environnemental
0	-			impossible	-
1	40 millions - 50 millions	> 200 millions	> 376	possible (avec réserve)	Majeur
2	30 millions - 40 millions	150 millions - 200 millions	[282 - 376]	Possible	Modéré
3	20 millions - 30millions	100 millions - 150 millions	[188 - 282]	Bien adapté	Mineur
4	10 millions - 20 millions	50 millions - 100 millions	[94 - 188]		
5	< 10 millions	< 50 millions	< 94		

Le tableau présenté ci-dessus, constitue un tableau de notation multicritère. Ce tableau permettra grâce aux différentes notes attribuées en fonction des critères, d'obtenir des scores après multiplication des notes. Ainsi les sources ayant eu les scores les plus élevés, seront retenus pour une meilleure exploitation des PIE.

- **Critère 1 : Investissement initial**

Le critère 1 consistera à faire une comparaison sur le coût d'investissement pour les trois sources d'énergie retenues. Le tableau suivant nous donne une note en fonction de notre échelle de comparaison multicritère.

Tableau n°30 : Comparaison du coût d'investissement initial des sources d'énergie (échelle)[12]

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Système photovoltaïque
BASSINKO	BSK-F1	4	5	3
	BSK-F2	4	5	3
	BSK-F3	4	5	3
	BSK-F4	4	5	3
NAGRIN	NAG-F1	4	5	2
	NAG-F2	4	5	3
	NAG-F3	4	5	3
	NAG-F4	4	4	1
YAGMA	YAG-F1	3	5	3
	YAG-F2	3	5	3
	YAG-F3	3	5	3

Les notes attribuées à chaque PIE, nous permet d'affirmer que l'énergie photovoltaïque à un coût d'investissement élevé par rapport aux autres sources. En effet pour l'installation de ce système, nous obtenons des coûts d'investissements de 24.525.000 FCFA au minimum.

Quant à l'alimentation par un groupe électrogène, elle parait peu coûteuse avec un maximum de 11.000.000 FCFA atteint, dans le cas du forage NAG-F4.

- **Critère 2 : Charge d'exploitation**

Ce critère prendra en compte toutes les charges pour un bon fonctionnement des PIE. Ses charges varient en fonction du type d'énergie étudié. Le tableau n°31, nous permet d'évaluer les coûts des charges d'exploitation en fonction de l'échelle multicritère.

[12] Echelle de notation des coûts du moins coûteux au plus coûteux allant de 1 à 10

Tableau n°31 : Comparaison du coût d'exploitation sur 20 ans

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Système photovoltaïque
BASSINKO	BSK-F1	4	1	4
	BSK-F2	3	1	4
	BSK-F3	3	1	4
	BSK-F4	3	1	4
NAGRIN	NAG-F1	3	1	4
	NAG-F2	4	1	4
	NAG-F3	4	1	4
	NAG-F4	3	1	4
YAGMA	YAG-F1	4	1	4
	YAG-F2	3	1	4
	YAG-F3	4	1	4

L'alimentation par un groupe électrogène semble être très coûteuse à l'exploitation. Cela est principalement dût à la quantité énorme de consommable nécessaire (gasoil) et à sa cherté. L'énergie solaire utilisant une matière première qui est le soleil gratuitement présente des charges d'exploitation moins élevé que les autres types d'énergie.

- **Critère 3 : Coût global actualisé du m^3 d'eau en fonction des types d'énergie (FCFA)**

Le critère 3 a pour objectif, de nous donner le prix de revient actualisé du m^3 d'eau à partir de chacun de nos postes d'injection d'eau. Ce prix actualisé tiendra compte de l'amortissement des installations, des frais de maintenance et d'exploitation. Pour le calcul de l'amortissement nous avons considéré comme frais d'investissement le coût d'installation d'un PIE (les différents équipements constitutifs d'un PIE, la construction du local) et des frais d'installation de la source énergétique. Les tableaux n°32 et 33, nous donnent les coûts d'amortissements ainsi que le prix de revient du m^3 d'eau pompée.

Tableau n°32 : Coût de l'amortissement (FCFA)

		Amortissement		
Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Energie solaire
BASSINKO	BSK-F1	2 735 882	3 021 607	5 168 769
	BSK-F2	2 735 882	3 021 607	5 168 769
	BSK-F3	2 735 882	3 021 607	5 168 769
	BSK-F4	2 735 882	3 021 607	5 168 769
NAGRIN	NAG-F1	2 786 661	3 186 051	5 902 305
	NAG-F2	2 786 661	2 904 148	4 575 011
	NAG-F3	2 786 661	3 021 607	5 168 769
	NAG-F4	2 786 661	3 338 748	7 019 346
YAGMA	YAG-F1	3 470 029	2 904 148	4 575 011
	YAG-F2	3 470 029	3 021 607	5 168 769
	YAG-F3	3 470 029	3 021 607	5 168 769

Tableau n°33 : Récapitulatif des coûts globaux actualisés du m^3 d'eau (FCFA)

		Cout global actualisée		
Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Energie solaire
BASSINKO	BSK-F1	216	514	210
	BSK-F2	113	262	105
	BSK-F3	147	346	140
	BSK-F4	134	313	126
NAGRIN	NAG-F1	84	175	80
	NAG-F2	245	482	223
	NAG-F3	188	442	180
	NAG-F4	83	225	86
YAGMA	YAG-F1	333	599	279
	YAG-F2	161	290	140
	YAG-F3	180	388	158

L'analyse des tableaux précédents, nous permet d'affirmer que l'énergie solaire fournie dans 90% des cas, un coût du m^3 d'eau inferieur à la SONABEL et au groupe électrogène.

Le tableau ci-dessous, nous donne les notes attribuées pour le prix de revient du m^3 à chaque forage et pour chaque type d'énergie.

Tableau n°34 : Notation en fonction du prix de revient du m^3 d'eau pompée pour les 3 types d'énergie étudiés

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Energie solaire
BASSINKO	BSK-F1	3	1	3
	BSK-F2	4	3	4
	BSK-F3	4	2	4
	BSK-F4	4	2	4
NAGRIN	NAG-F1	4	4	4
	NAG-F2	3	1	3
	NAG-F3	4	1	4
	NAG-F4	5	3	5
YAGMA	YAG-F1	2	1	2
	YAG-F2	4	2	4
	YAG-F3	4	1	4

Les données du tableau ci-dessus, indiquent que le prix de revient du m^3 d'eau pour une alimentation par groupe électrogène est beaucoup trop élevé. Ceci est lié aux énormes charges d'exploitation recensé plus haut.

- **Critère 4 : Mise en œuvre**

L'étude pour le choix de la source d'alimentation énergétique des PIE, un aspect autres qu'économique. Effet comme dans toutes nouvelles installations, une enquête sur la possibilité de mise en œuvre (proximité des habitations, espace disponible) doit être faite.

Tableau n°35 : Notation en fonction de la mise en œuvre des 3 types d'énergie étudiés

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Système photovoltaïque
BASSINKO	BSK-F1	3	3	4
	BSK-F2	3	3	0
	BSK-F3	3	2	4
	BSK-F4	3	2	0
NAGRIN	NAG-F1	4	2	0
	NAG-F2	4	2	0
	NAG-F3	4	2	0
	NAG-F4	4	2	0
YAGMA	YAG-F1	3	2	0
	YAG-F2	3	3	4
	YAG-F3	3	3	4

La position géographique de certain poste, nous amène à exclure la possibilité d'installer un système photovoltaïque à cause du manque d'espace disponible pour les panneaux solaire.

Une alimentation par groupe électrogène est déconseillée dans plusieurs PIE au vue de la proximité des habitations et des nuisances sonores qui en découleront.

- **Critère 5 : Impact Environnemental**

L'évaluation de l'impact environnemental qu'aura chaque type d'énergie doit être examiné afin de garantir les intérêts de la protection de l'environnement. Ainsi le tableau suivant nous permet d'obtenir un apercu de ses impacts.

Tableau n°36 : Notation en fonction de l'impact environnemental

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Système photovoltaïque
BASSINKO	BSK-F1	2	1	3
	BSK-F2	2	1	3
	BSK-F3	2	1	3
	BSK-F4	2	1	3
NAGRIN	NAG-F1	2	1	3
	NAG-F2	2	1	3
	NAG-F3	2	1	3
	NAG-F4	2	1	3
YAGMA	YAG-F1	2	1	3
	YAG-F2	2	1	3
	YAG-F3	2	1	3

Nous pouvons constater que l'énergie solaire est une source propre. Son impact sur l'environnement est très minime. Tandis que le groupe électrogène pollue gravement l'air avec le rejet des gaz dans l'atmosphère. La SONABEL est quant à elle une source qui pollue moyennement l'environnement.

- **Analyse multicritère et choix final**

Suite à l'analyse des 5 critères pour le choix de notre source d'énergie, nous avons obtenue des scores pour chaque forage. Nous retiendrons comme choix final, les sources d'énergie ayant le score le plus élevée.

Tableau n°37 : Scores obtenue pour les 3 types d'énergie étudiés

Secteur	Identification	SONABEL	Groupe électrogène	Energie solaire
BASSINKO	BSK-F1	288	15	432
	BSK-F2	288	45	0
	BSK-F3	288	20	576
	BSK-F4	288	20	0
NAGRIN	NAG-F1	384	40	0
	NAG-F2	384	10	0
	NAG-F3	512	10	0
	NAG-F4	480	24	0
YAGMA	YAG-F1	144	10	0
	YAG-F2	216	30	576
	YAG-F3	288	15	576

L'alimentation des PIE par des groupes électrogènes présente l'avantage d'avoir un faible coût d'investissement, mais l'étude des charges d'exploitation fait ressortir un coût énorme à l'exploitation qui a pour conséquence un prix de revient très élevé du m^3 d'eau. Aussi l'utilisation de groupe électrogène diminue considérablement l'autonomie recherchée dans la mise en service des PIE (réapprovisionnement manuel et fréquent en carburant).

La connexion des PIE à la ligne SONABEL, leur permet de garder leur fonctionnement autonome. Les coûts d'investissement et d'exploitation sont abordables. Mais le principal inconvénient résulte dans les nombreuses et longues périodes de délestages de courant recensés.

Le système photovoltaïque demande des investissements colossaux dès le départ mais son coût à l'exploitation est faible lorsqu'il est bien entretenu. Il apparait claire dans notre analyse comparative, qu'elle est la source énergétique ayant le plus faible coût de revient du mètre cube avec un impact sur l'environnement mineure. En revanche au vue de la position des postes d'injection, sa mise en place parait difficile (encombrement des voies par le champ photovoltaïque) dans certains cas.

Suite à l'analyse économique, financière et technique et pour une exploitation durable, nous préconisons pour 4 PIE (BSK-F1, BSK-F3, YAG-F2, YAG-F3), une alimentation par système photovoltaïque, qui présente l'avantage d'avoir un prix de revient du mètre cube peu élevé et une entière autonomie dans son fonctionnement. Pour le reste des 7 PIE, principalement dût à l'impossibilité d'installer des panneaux solaires, nous opterons pour une alimentation par le réseau basse tension de la SONABEL

b) Recommandations

L'ONEA, dans le but de faciliter l'accès à l'eau potable, fourni aux ménages de la ville de Ouagadougou de l'eau potable selon la grille tarifaire suivante :

Tableau n°38 : Grille tarifaire des ménages (Source : tarification ONEA)

Tranche (m^3)	Prix du m^3 (FCFA)
0-8	188
9-15	445
16-25	535
Plus de 25	1 070

Au vue de la grille tarifaire ci-dessus, et au prix de revient du mètre cube d'eau fournie par les PIE selon notre source d'alimentation choisie, nous pouvons constater un déficit financier présent dans 3PIE (BFK-F1, NAG-F2, YAG-F1). Malgré ce déficit, l'ONEA dégage des bénéfices financiers lorsque nous considérons l'ensemble des 11 forages.

Compte tenu de l'importance de la mise en place des postes d'injection dans l'amélioration des conditions d'approvisionnement en eau des populations, il serait intéressant pour l'ONEA de choisir des zones favorable à l'installation des systèmes photovoltaïque pour la construction des nouveaux PIE. Aussi l'expansion de cette technique à Ouagadougou et dans les autres centres urbains fusionnés à l'utilisation de l'énergie solaire seront bénéfiques pour chaque acteur au vue de grande disponibilité de rayonnement solaire. (Voir tableau n°39)

Tableau n°39: Comparaison du coût de revient entre l'option choisie et la meilleur option

	Option choisie (énergie solaire + SONABEL)	Option optimal (Uniquement l'énergie Solaire)
Coût de revient du m^3 (FCFA)[13]	166	157

[13] Ce coût de revient est obtenu à partir de l'hypothèse d'une compensation des coûts des 11 PIE

CONCLUSION

Le renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou à partir des postes d'injection d'eau, consistant à injecter les eaux souterraines directement dans le réseau de l'ONEA est une technique adapté à la ville de Ouagadougou, au vue de la typologie de notre nappe phréatique. Ce dispositif constitue un apport considérable dans l'amélioration de la qualité de vie des populations à travers un meilleur accès à l'eau potable.

L'analyse économique et financière de cette technologie, ainsi que de trois types d'alimentation énergétique possible (la SONABEL, le groupe électrogène, le système photovoltaïque), nous a permis de choisir la meilleur option pour l'alimentation des 11 postes d'injection étudiés. C'est ainsi que pour 4 forages (BSK-F1, BSK-F3, YAG-F2, YAG-F3) nous préconisons l'installation de panneaux solaires et les 7 autres forages seront raccordés au réseau SONABEL.

L'énergie solaire, bien qu'elle soit coûteuse à l'investissement, présente l'avantage d'être la moins coûteuse à l'exploitation et permet d'obtenir l'autonomie recherchée dans le fonctionnement des postes. Cependant n'ayant pas pris en compte des contraintes (manque d'espace), un bon nombre des forages étudiés ne peuvent bénéficier de cette technologie. Le réseau SONABEL, quant à lui nécessite un coût élevé à l'exploitation, malgré son faible coût d'investissement. Mais face au problème croissant de la distribution d'électricité dans la ville, ce choix aura tendance à être abandonné ou à être associé avec une autre source énergétique.

La multiplication de l'aménagement de poste d'injection d'eau, avec comme source d'alimentation les panneaux solaires, serait un grand avantage pour l'ONEA dans l'atteinte de ses objectifs, à savoir la couverture en eau potable de 100% de la population urbaine, tout en assurant son équilibre financier et une rentabilité. Cependant une étude poussée devra être menée au préalable dans chaque centre urbain et semi-urbain afin de connaitre la réserve d'eau souterraine exploitable, avant d'envisager la construction de PIE dans ces zones.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

➢ Ouvrages et articles

E. SCHILLER (1998), « Le pompage photovoltaïque », IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA.

Z. BENYAHIA (1990), « Etude technico-économique comparative entre centrale Diesel et centrale photovoltaïque », Thèse de Magister, CDER

B. CHIKH-BLED (2003), « Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliquée à un site saharien », Rev. Energ. Ren : ICPWE

B. BOUZIDI (2003), « Analyse Micro Economique des systèmes Energétiques-Station de pompage », Rev. Energ. Ren : ICPWE

B. BOUZIDI, « La Rentabilité Economique des Systèmes Photovoltaïques », CNIE'04, Oran, Algérie.

B. BOUZIDI (2004), « Analyse de la Faisabilité et de la Rentabilité Economique de Systèmes de Pompage d'Eau par Energie Solaire Photovoltaïque », Mémoire de Magister, ENP.

J. BONNIN (1986), « Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petites et moyenne importance. Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'électricité de France. EYROLLES. Paris, 1986.

DROUART & VOUILLAMOZ, « Alimentation en eau des populations menacées(Action Contre la faim) », Hartmann Editions des sciences et des arts.

M. KONDE, F. OUEDRAOGO & D. ZOUNGRANA (1999), « Etude sur les aspects socio-économiques, la consommation et les ventes d'eau potable dans les centres secondaires de l'ONEA - Burkina Faso. », Consultation DANIDA.

D. ZOUNGRANA (1997), « Revue du secteur de l'alimentation en eau potable au Burkina Faso », Consultation coopération danoise NIRAS - DANIDA.

A. MOREL, A. L'HUISSIER, B. COLLIGNON, J. ETIENNE (1998), « Analyse des paramètres économiques de la distribution de l'eau pour les populations à faibles revenus dans les quartiers périurbains et des petits centres en Afrique », rapport de synthèse. FAC, pSeau, CEREVE.

A. DUPONT (1977), « Hydraulique urbaine tome 1 : Hydrologie, captage et traitement des eaux », Edition Eyrolles.

Rapport (2002), « Life Cycle Costing », Sandia National Laboratory ».

Rapport (2003), « Programme d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement », Fond africain de développement

- **Cours**

Guide technique (2010), Installation de pompage d'eau, SNECOREP.

ANDRIANISA.A (Juin 2015), Aspect énergétique des pompes

DJOUKAM.J (Juin 1999), Cours de station de pompage

DJOUKAM.J (Mars 1999), Memento stations de pompage

SANYAN.E, Dimensionnement pompes et stations de pompage

ZOUNGRANA. D (Novembre 2003), Cours d'approvisionnement en eau potable

KOUAKOU Marcelin (Novembre 2012), Cours d'évaluation environnementale et développement durable

OUEDRAOGO. M (Mai 2010), AIDE–MEMOIRE (Calcul et exécution de branchement d'eau Technologie de réseau d'eau en charge)

BARRY.A (1999), Mémoire de fin d'étude : Amélioration du fonctionnement des postes d'injection d'eau du réseau de distribution d'eau de Ouagadougou.

COMPAORE. Y (1992), Mémoire de fin d'étude : Caractéristiques hydrauliques du système d'adduction d'eau de Ouagadougou.

- **Sites internet**

www.wsp.org consulté le 15 Janvier 2016 à 9h28mn

www.pseau.org Consulté le 28 Mars 2016 à 15h06mn

ANNEXES

Listes des annexes

ANNEXE 1 : Organigramme de l'ONEA I

ANNEXE 2 : Caractéristiques des forages II

ANNEXE 3 : Calcul des pertes de charge III

ANNEXE 4 : Fiche caractéristique des pompes XVI

ANNEXE 5 : Points de fonctionnement XXVI

ANNEXE 6 : Schémas d'implantation et de raccordement des forages XXXVII

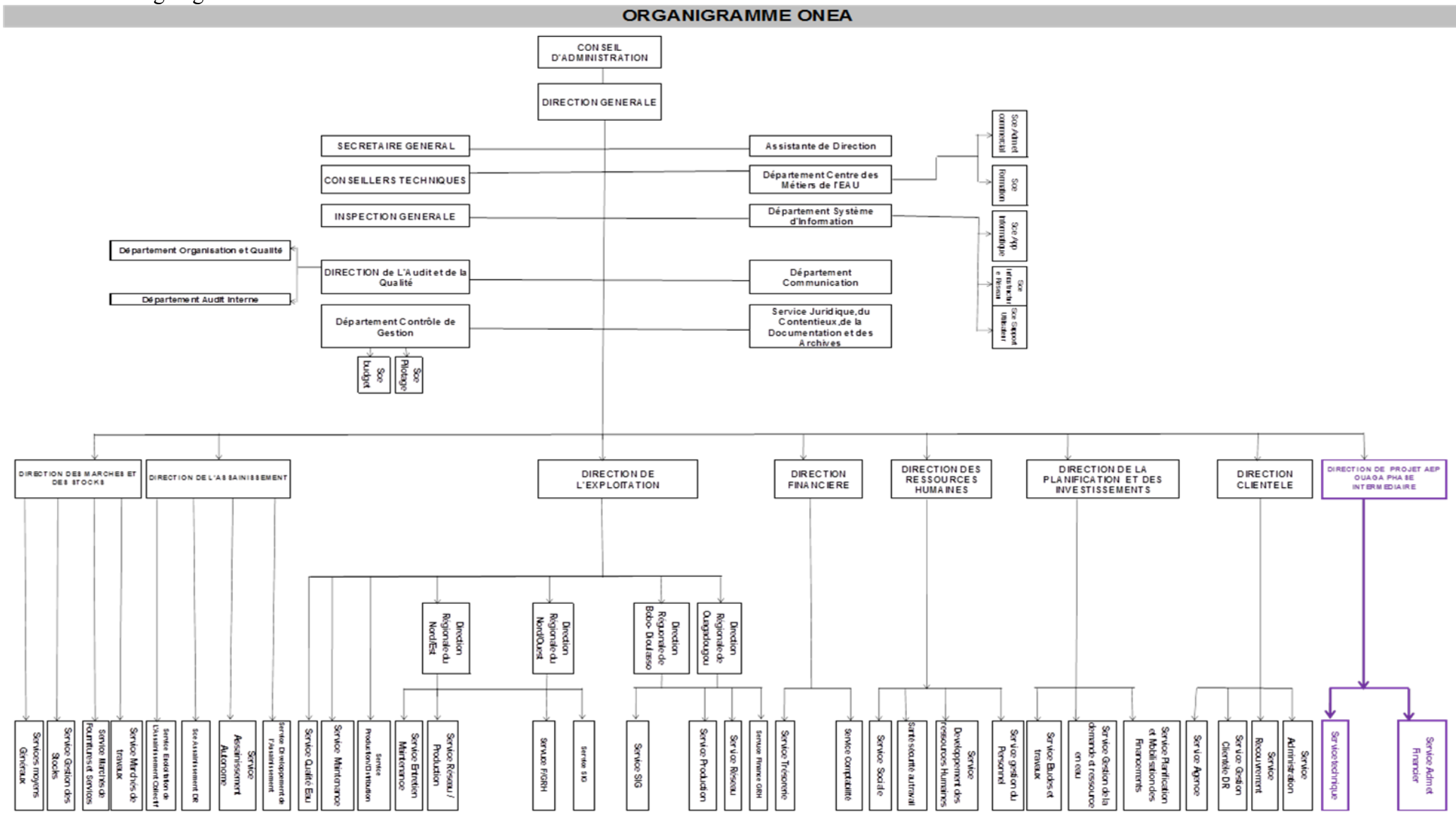
ANNEXE 7 : Plan d'un PIE XLIX

ANNEXE 8 : Notice Impact Environnemantal (NIE) LII

ANNEXE 9 : Devis quantitatif et Estimatif LIX

ANNEXE 10 : Photos LXI

ANNEXE 1 : Organigramme de l'ONEA



ANNEXE 2 : Caractéristiques des forages

N° d'ordre	Identification	Secteur	X	Y	Débit (m^3/h)	Profondeur forage (m)	NS (m)	ND (m)	Profondeur pose pompe (m)
1	BSK-F1	Bassinko	647 193	1 370 902	6	85,7	3,15	41	58
2	BSK-F2		646 377	1 371 797	12	60	3,9	18	50
3	BSK-F3		647 396	1 371 003	9	68,8	3,01	40	55
4	BSK-F4		648 543	1 370 994	10	60,3	3,56	25	58
5	NAG-F1	Nagrin	657 439	1 358 670	18	83,48	19,2	23	56
6	NAG-F2		658 307	1 358 494	5	73,9	23,95	36	52
7	NAG-F3		656 959	1 358 514	7	83,45	15,18	28	55
8	NAG-F4		657 291	1 358 030	20	68,25	21,85	26	55
9	YAG-F1	Yagma	650 101	1 377 084	4	68,8	15,5	45	57
10	YAG-F2		649 878	1 377 219	9	77,61	17,25	25	50
11	YAG-F3		649 949	1 377 137	8	78,25	16,55	40	50

ANNEXE 3 : Calcul des pertes de charge

Calcul de perte de charge - Forage BSK-F1 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			6
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			58
Vitesse d'écoulement			0,78
perte de charge unitaire			0,013850089
Pertes de charge linéaires CE			0,80
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,031
Clapet	5	1	0,16
Pertes de charge singulières totales			0,19
Total pertes de charge dans le forage			0,99
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			0,77
perte de charge unitaire			0,017016893
Pertes de charge linéaires Galva			0,12
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,06
Vanne 1/4T	0,15	3	0,01
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,06
Pertes de charge singulières totales			1,13
Total pertes de charge dans le local			1,25
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN 63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			21
Vitesse d'écoulement			0,80
perte de charge unitaire			0,014733874
Pertes de charge linéaires PEHD			0,31
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,02
Vanne d'isolement	0,33	1	0,01
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,03
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,34
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			2,58

Calcul de perte de charge - Forage BSK-F2 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			12
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			50
Vitesse d'écoulement			1,57
perte de charge unitaire			0,055400356
Pertes de charge linéaires CE			2,77
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,126
Clapet	5	1	0,63
Pertes de charge singulières totales			0,75
Total pertes de charge dans le forage			3,52
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			1,53
perte de charge unitaire			0,068067571
Pertes de charge linéaires Galva			0,48
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,24
Vanne 1/4T	0,15	3	0,05
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,24
Pertes de charge singulières totales			1,53
Total pertes de charge dans le local			2,01
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN 90 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			73,6
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			291
Vitesse d'écoulement			0,78
perte de charge unitaire			0,008696643
Pertes de charge linéaires PEHD			2,53
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,02
Coude	0,33	5	0,05
Vanne d'isolement	0,33	1	0,01
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,08
Total pertes de charge à l'extérieur du local			2,61
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			8,14

Calcul de perte de charge - Forage BSK-F3 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			9
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			55
Vitesse d'écoulement			1,18
perte de charge unitaire			0,0311627
Pertes de charge linéaires CE			1,71
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,07
Clapet	5	1	0,35
Pertes de charge singulières totales			0,42
Total pertes de charge dans le forage			2,14
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			1,15
perte de charge unitaire			0,038288008
Pertes de charge linéaires Galva			0,27
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,13
Vanne 1/4T	0,15	3	0,03
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,13
Pertes de charge singulières totales			1,30
Total pertes de charge dans le local			1,57
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN 63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			63
Vitesse d'écoulement			1,20
perte de charge unitaire			0,033151217
Pertes de charge linéaires PEHD			2,09
Type	Coefficient k	Nombre	P. charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,04
Coude	0,33	1	0,02
Vanne d'isolement	0,33	1	0,02
Té	0,1	1	0,01
Pertes de charge singulières totales			0,09
Total pertes de charge à l'extérieur du local			2,18
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			5,89

Calcul de perte de charge - Forage BSK-F4 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			10
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			58
Vitesse d'écoulement			1,31
perte de charge unitaire			0,038472469
Pertes de charge linéaires CE			2,23
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,09
Clapet	5	1	0,44
Pertes de charge singulières totales			0,52
Total pertes de charge dans le forage			2,75
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			1,28
perte de charge unitaire			0,047269146
Pertes de charge linéaires Galva			0,33
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,16
Vanne 1/4T	0,15	3	0,04
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,17
Pertes de charge singulières totales			1,37
Total pertes de charge dans le local			1,70
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN 90 PN16			
Diamètre int, Canalisation			73,6
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			74
Vitesse d'écoulement			0,65
perte de charge unitaire			0,006039335
Pertes de charge linéaires PEHD			0,45
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,01
Coude	0,33	2	0,01
Vanne d'isolement	0,33	1	0,01
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,03
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,48
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			4,94

Calcul de perte de charge - Forage NAG-F1 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			15
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			56
Vitesse d'écoulement			1,96
perte de charge unitaire			0,086563055
Pertes de charge linéaires CE			4,85
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,196
Clapet	5	1	0,98
Pertes de charge singulières totales			1,18
Total pertes de charge dans le forage			6,02
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			1,92
perte de charge unitaire			0,106355579
Pertes de charge linéaires Galva			0,744489054
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,37
Vanne 1/4T	0,15	3	0,08
Compteur DN50		1	3,00
Clapet	2	1	0,37
Pertes de charge singulières totales			3,83
Total pertes de charge dans le local			4,57
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN90 PN16			
Diamètre int, Canalisation			73,6
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			7,3
Vitesse d'écoulement			0,98
perte de charge unitaire			0,013588504
Pertes de charge linéaires PEHD			0,10
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,02
Coude	0,33	1	0,02
Vanne d'isolement	0,33	1	0,02
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,06
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,16
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			10,76

Calcul de perte de charge - Forage NAG-F2 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			5
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			52
Vitesse d'écoulement			0,65
perte de charge unitaire			0,009618117
Pertes de charge linéaires CE			0,50
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,02
Clapet	5	1	0,11
Pertes de charge singulières totales			0,13
Total pertes de charge dans le forage			0,63
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			0,64
perte de charge unitaire			0,011817287
Pertes de charge linéaires Galva			0,08
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,04
Vanne 1/4T	0,15	3	0,01
Compteur DN50		1	3,00
Clapet	2	1	0,04
Pertes de charge singulières totales			3,09
Total pertes de charge dans le local			3,17
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			10
Vitesse d'écoulement			0,67
perte de charge unitaire			0,010231857
Pertes de charge linéaires PEHD			0,10
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,01
Coude	0,33	2	0,02
Vanne d'isolement	0,33	1	0,01
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,04
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,14
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			3,94

Calcul de perte de charge - Forage NAG-F3 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			7
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			55
Vitesse d'écoulement			0,92
perte de charge unitaire			0,01885151
Pertes de charge linéaires CE			1,04
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,04
Clapet	5	1	0,21
Pertes de charge singulières totales			0,26
Total pertes de charge dans le forage			1,29
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			0,89
perte de charge unitaire			0,023161882
Pertes de charge linéaires Galva			0,16
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,08
Vanne 1/4T	0,15	3	0,02
Compteur DN50		1	3,00
Clapet	2	1	0,08
Pertes de charge singulières totales			3,18
Total pertes de charge dans le local			3,34
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			10,2
Vitesse d'écoulement			0,94
perte de charge unitaire			0,02005444
Pertes de charge linéaires PEHD			0,20
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,02
Coude	0,33	1	0,01
Vanne d'isolement	0,33	1	0,01
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,06
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,26
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			4,90

Calcul de perte de charge - Forage NAG-F4 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			15
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			55
Vitesse d'écoulement			1,96
perte de charge unitaire			0,086563055
Pertes de charge linéaires CE			4,76
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,196
Clapet	5	1	0,98
Pertes de charge singulières totales			1,18
Total pertes de charge dans le forage			5,94
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			5
Vitesse d'écoulement			1,92
perte de charge unitaire			0,106355579
Pertes de charge linéaires Galva			0,531777896
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,37
Vanne 1/4T	0,15	3	0,08
Compteur DN50		1	3,00
Clapet	2	1	0,37
Pertes de charge singulières totales			3,83
Total pertes de charge dans le local			4,36
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN90 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			73,6
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			8
Vitesse d'écoulement			0,98
perte de charge unitaire			0,013588504
Pertes de charge linéaires PEHD			0,11
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,02
Coude	0,33	1	0,02
Vanne d'isolement	0,33	1	0,02
Té	0,1	1	0,00
Pertes de charge singulières totales			0,06
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,17
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			10,47

Calcul de perte de charge - Forage YAG-F1 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			4
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			57
Vitesse d'écoulement			0,52
perte de charge unitaire			0,006155595
Pertes de charge linéaires CE			0,35
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,01
Clapet	5	1	0,07
Pertes de charge singulières totales			0,08
Total pertes de charge dans le forage			0,43
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			0,51
perte de charge unitaire			0,007563063
Pertes de charge linéaires Galva			0,05
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,03
Vanne 1/4T	0,15	3	0,01
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,03
Pertes de charge singulières totales			1,06
Total pertes de charge dans le local			1,11
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			35
Vitesse d'écoulement			0,54
perte de charge unitaire			0,006548389
Pertes de charge linéaires PEHD			0,23
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,0073
Vanne d'isolement	0,33	1	0,0048
Té	0,1	1	0,0015
Pertes de charge singulières totales			0,0136
Total pertes de charge à l'extérieur du local			0,2428
TOTAL PERTES DE CHARGE CALCULEES			1,79

Calcul de perte de charge - Forage YAG-F2 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			9
Dans le forage			
Diamétre int, Canalisation			52
Coéfficient de rugosité			120
Longueur de tuyautetrie			49
Vitesse d'écoulement			1,18
perte de charge unitaire			0,0311627
Pertes de charge linéaires CE			1,53
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,07
Clapet	5	1	0,35
Pertes de charge singuliéres totales			0,42
Total pertes de charge dans le forage			1,95
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamétre int, Canalisation			52,6
Coéfficient de rugosité			105
Longueur de tuyautetrie			7
Vitesse d'écoulement			1,15
perte de charge unitaire			0,038288008
Pertes de charge linéaires Galva			0,27
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,13
Vanne 1/4T	0,15	3	0,03
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,13
Pertes de charge singuliéres totales			1,30
Total pertes de charge dans le local			1,57
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN63 PN 16			
Diamétre int, Canalisation			51,4
Coéfficient de rugosité			120
Longueur de tuyautetrie			216
Vitesse d'écoulement			1,20
perte de charge unitaire			0,033151217
Pertes de charge linéaires PEHD			7,16
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,0370
Coude	0,33	2	0,0488
Vanne d'isolement	0,33	1	0,0244
Té	0,1	1	0,0074
Pertes de charge singuliéres totales			0,1176
Total pertes de charge àl'exterieur du local			7,2783
Pertes de charges cumulées à la sortie du local			10,80

Calcul de perte de charge - Forage YAG-F3 (Formule de Manning-Strickler)			
Débit			8
Dans le forage			
Diamètre int, Canalisation			52
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			49
Vitesse d'écoulement			1,05
perte de charge unitaire			0,02462238
Pertes de charge linéaires CE			1,21
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Aspiration/crépine	1	1	0,06
Clapet	5	1	0,28
Pertes de charge singulières totales			0,33
Total pertes de charge dans le forage			1,54
Depuis la tête de forage jusqu'en sortie du local			
Conduite Galva 2''			
Diamètre int, Canalisation			52,6
Coefficient de rugosité			105
Longueur de tuyauterie			7
Vitesse d'écoulement			1,02
perte de charge unitaire			0,030252254
Pertes de charge linéaires Galva			0,21
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Coude 90°	0,33	6	0,11
Vanne 1/4T	0,15	3	0,02
Compteur DN50		1	1,00
Clapet	2	1	0,11
Pertes de charge singulières totales			1,24
Total pertes de charge dans le local			1,45
A l'extérieur du local			
Conduite PEHD DN63 PN 16			
Diamètre int, Canalisation			51,4
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			79
Vitesse d'écoulement			1,07
perte de charge unitaire			0,026193554
Pertes de charge linéaires PEHD			2,07
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge (kV²/2g)
Embout	0,5	1	0,0292
Vanne d'isolement	0,33	1	0,0193
Pertes de charge singulières totales			0,0485
Total pertes de charge à l'extérieur du local			2,1178
Pertes de charges cumulées à la sortie du local			5,11

Conduite Commune F2-F3 Q = 17 m3/h			**17**
Conduite PEHD DN90 PN16			
Diamètre int, Canalisation			73,6
Coefficient de rugosité			120
Longueur de tuyauterie			253
Vitesse d'écoulement			1,11
perte de charge unitaire			0,017453679
Pertes de charge linéaires			4,415780676
Type	Coefficient k	Nombre	P.charge ($kV^2/2g$)
coude	0,33	2	0,041442577
Vanne d'isolement	0,33	1	0,020721289
Embout	0,1	1	0,006279178
Pertes de charge singulières totales			0,0684
Total pertes de charge aux conduites commune F2-F3			4,4842

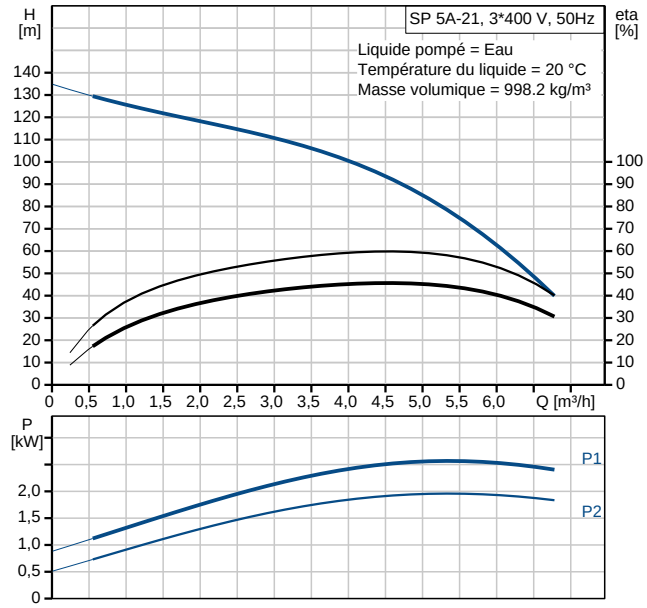
ANNEXE 4 : Fiche caractéristique des pompes

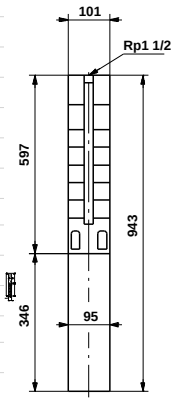
Nous présenterons dans cette partie, les fiches caractéristique de nos différents pompes immergées, ainsi que celle de la pompe doseuse et de l'agitateur.

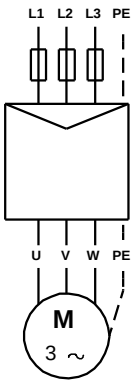
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 5A-21
Code article:	05001K21
Nombre EAN::	5708601059315
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	5 m³/h
Pression nominale:	86 m
Garniture mécanique pour moteur:	LIPSEAL
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP5A
Etages:	21
Modèle:	A
Clapet:	pompe avec clapet anti-retour intégré
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	Rp1 1/2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS402
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	2.2 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	5,50-5,50-5,70 A
Intensité démarrage:	440-470 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,85-0,82-0,77
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	B
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non
No moteur:	79192007
Autres:	
Index de Rendement Minimum, MEI ≥:	0.56
Status ErP:	EuP Standalone/Prod.



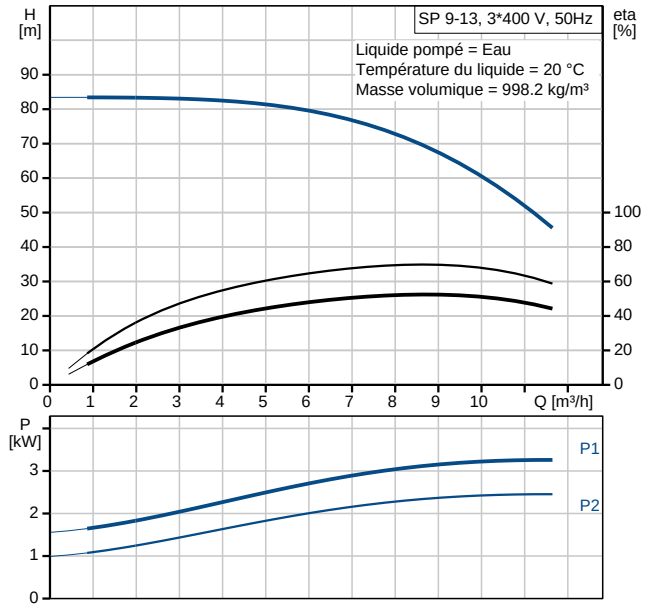


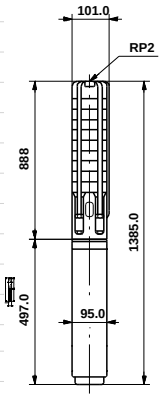


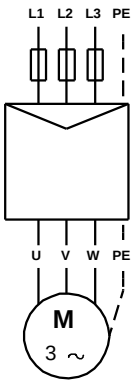
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 9-13
Code article:	98699056
Nombre EAN::	5712600105959
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	9 m³/h
Pression nominale:	68.2 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP9
Etages:	13
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	3 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	3 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	7,70-7,85-8,10 A
Intensité démarrage:	460-490-500 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,82-0,77-0,73
Vitesse nominale:	2850-2865-2875 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non



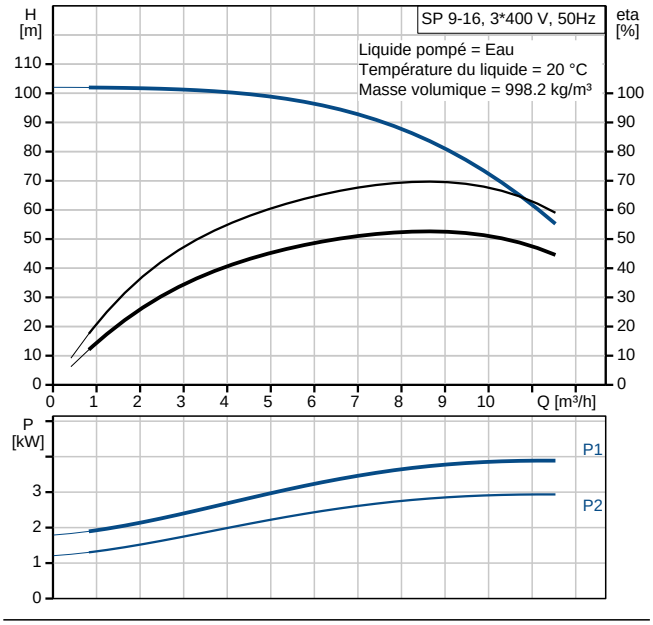


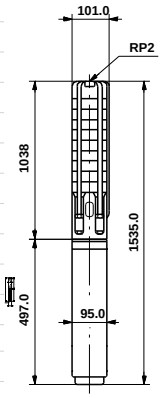


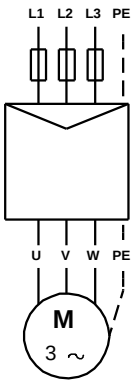
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 9-16
Code article:	98699057
Nombre EAN::	5712600105973
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	9 m³/h
Pression nominale:	84.1 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP9
Etages:	16
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	3 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	3 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	7,70-7,85-8,10 A
Intensité démarrage:	460-490-500 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,82-0,77-0,73
Vitesse nominale:	2850-2865-2875 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non



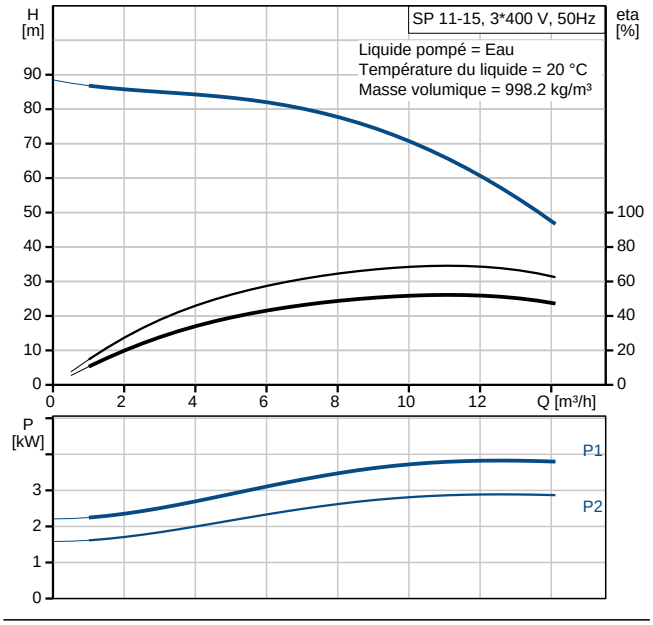


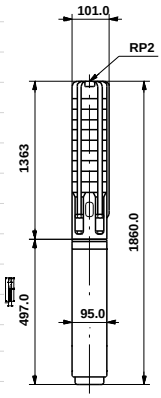


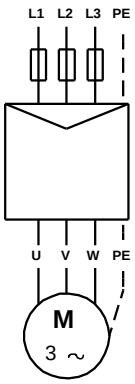
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 11-15
Code article:	98699316
Nombre EAN::	5712600111158
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	11 m³/h
Pression nominale:	69.6 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP11
Etages:	15
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	3 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	3 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	7,70-7,85-8,10 A
Intensité démarrage:	460-490-500 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,82-0,77-0,73
Vitesse nominale:	2850-2865-2875 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non



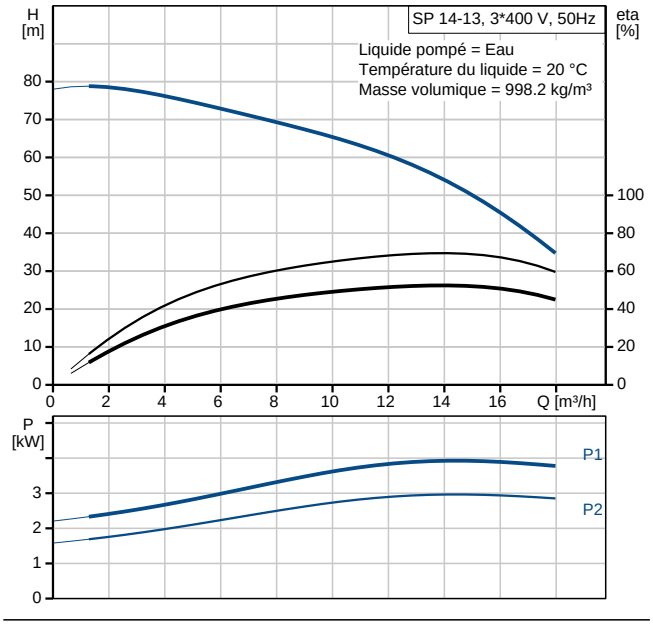


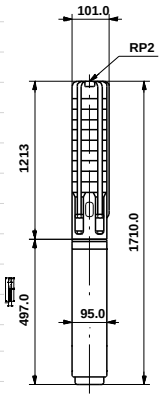


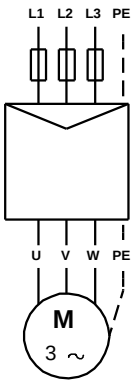
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 14-13
Code article:	98699357
Nombre EAN::	5712600111974
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	14 m³/h
Pression nominale:	56.2 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP14
Etages:	13
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	3 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	3 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	7,70-7,85-8,10 A
Intensité démarrage:	460-490-500 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,82-0,77-0,73
Vitesse nominale:	2850-2865-2875 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non



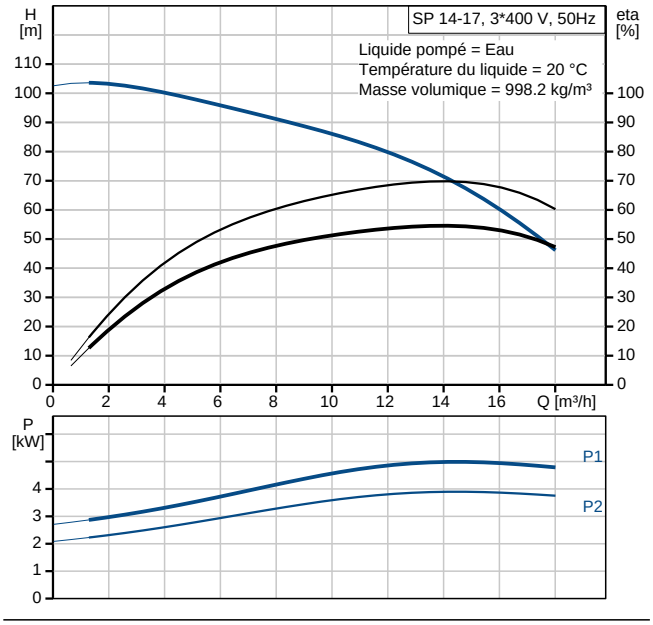


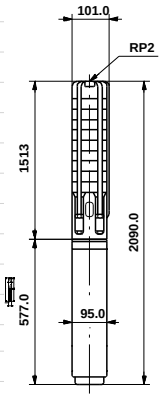


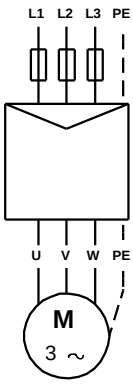
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 14-17
Code article:	98699359
Nombre EAN::	5712600112018
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	14 m³/h
Pression nominale:	73.8 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP14
Etages:	17
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	4 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	4 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	9,75-9,60-9,80 A
Intensité démarrage:	460-500-530 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,85-0,80-0,77
Vitesse nominale:	2850-2865-2875 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	non



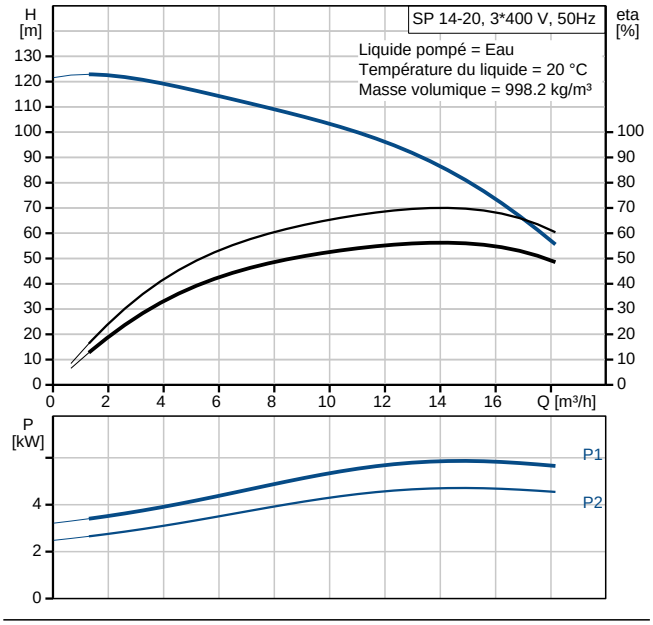


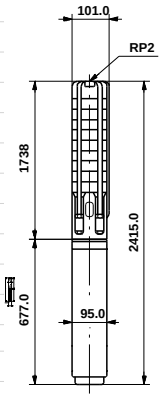


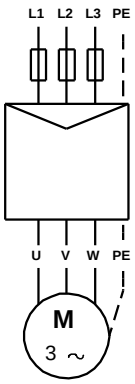
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 1/8/2016

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 14-20
Code article:	98699360
Nombre EAN::	5712600112032
Prix:	Sur demande
Technique:	
Vitesse pour donnée pompe:	2900 mn-1
Débit nominal:	14 m³/h
Pression nominale:	87 m
Roue mobile réduite:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	HM/CER
Certifications sur la plaque signalétique:	CE,EAC
Tolérance de courbe:	ISO9906:2012 3B
Type pompe:	SP14
Etages:	20
Modèle:	A
Clapet:	YES
Version moteur:	T40
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI ASTM 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Installation:	
Refoulement pompe:	RP2
Diamètre moteur:	4 inch
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
T° max. liquide à 0,15 m/sec:	40 °C
Température liquide:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Applic. moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	5.5 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	5.5 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Méthode de démarrage:	direct
Courant nominal:	13,0-13,0-13,4 A
Intensité démarrage:	480-530-550 %
Cos phi - facteur de puissance:	0,85-0,81-0,76
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn-1
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	AUNCUN(E)
Protection thermique:	externe
Capteur de température intégré:	oui

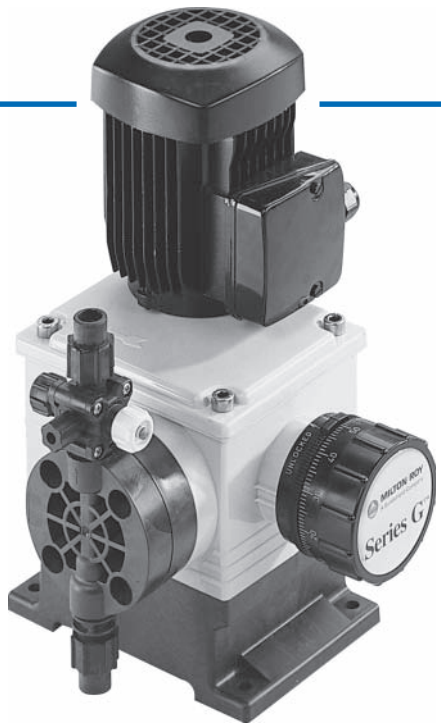






POMPES DOSEUSES **SÉRIE G™ A**

- Débit jusqu'à 170 l/h - Pression jusqu'à 12 bar
- Membrane à entraînement mécanique
- Réglage de course par excentrique variable



Principales caractéristiques techniques

- Débit jusqu'à 170 l/h
- Pression jusqu'à 12 bar
- Membrane PTFE à entraînement mécanique
- Réglage de course par excentrique variable, assurant un débit faiblement pulsé (sans chocs hydrauliques)
- Température maxi des fluides pompés : 40 °C
- Réglage du débit nominal en marche ou à l'arrêt de 0 à 100 %
- Précision du débit réglé : ± 2 % sur la plage de 10 à 100 %
- Hauteur d'aspiration maxi : 4 m CE
  2,5 m CE pour modèles GA 90 à GA 170
- Option d'aspiration sous vide : 9 m CE (nous consulter)
- Pression maximale à l'aspiration : 2 bar
- Carter en matériau composite renforcé fibre de verre résistant à la corrosion
- Lubrification à vie
- Options : double membrane, VARIPULSE®, variateur de fréquence
- Intégrables dans un coffret de protection EH&S

Caractéristiques électriques des moteurs

Caractéristiques générales en standard :

- Alimentation :
  - 230/400 V - 50/60 Hz - triphasé
  - 230 V - 50 ou 60 Hz - monophasé
  - 115 V - 50 ou 60 Hz - monophasé
- Degré de protection : IP 55, moteur tropicalisé, isolation : classe F
- Conforme aux normes européennes et internationales

Options :

- Montage moteur F130, bout d'arbre 14x30
- Moteur ADF : nous consulter (hors CEE uniquement, pompes non ATEX)

Accessoires

- Les pompes Série G™ A sont fournies avec les accessoires listés dans le tableau ci-contre (sauf versions Inox 316L et Liquides chargés)
- Autres accessoires disponibles : soupapes 3 ou 4 Fonctions, purges 4 Fonctions, ballons amortisseurs, soupapes de sécurité ou de retenue,... nous consulter.

Construction des doseurs

Eléments doseur / Versions	Polypropylène (PP)	PVDF	Inox (316L)	Hte Viscosité (HV)
Versions GA 2 à GA 45				
Corps de doseur	PP	PVDF	316L	PP
Corps boîtes à clapets	PVDF	PVDF	316L	PP
Sièges	Aflas	PTFE	316L	PTFE
Billes	Céramique	Céramique	316L	316L
Raccordements	PVDF/PP	PVDF/PP	316L	PP
Membrane	PTFE/PVDF*	PTFE/PVDF	PTFE/316L	PTFE/PVC
Joints	Viton	Viton	Viton	-
Versions GA 90 à GA 170				
Corps de doseur	PP	PVDF	316L	PP
Corps boîtes à clapets	PP	PVDF	316L	PP
Sièges	PTFE	PTFE	316L	PTFE
Billes	Céramique	Céramique	316L	316L
Raccordements	PP/PVC	PVDF/PVC	316L	PP
Membrane	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE
Joints	-	-	Viton	-

* Sauf GA 2 à GA 10 = PTFE/PVC

Autres constructions du doseur :

- Version pour *liquides fluorés* : Construction PVDF avec billes PTFE
- Version pour *liquides chargés* : Construction inox 316L avec billes 440C
- Version *Mixte PP/316L* : Construction PP avec billes inox 316L

Accessoires

Pour les versions *PP, PVDF, Liquides Fluorés et Mixte* :

- Versions GA 2 à GA 45 : pompes fournies avec 1 canne d'injection, 1 clapet de pied/crépine + lest, 6 m de tuyau en polyéthylène 6x8, 6 m de tuyau en PVC renforcé 6x12 et raccords Gaz 1/2" mâle.
- Versions GA 90 à GA 170 : accessoires disponibles sur demande.

Pour les versions *Haute Viscosité :*

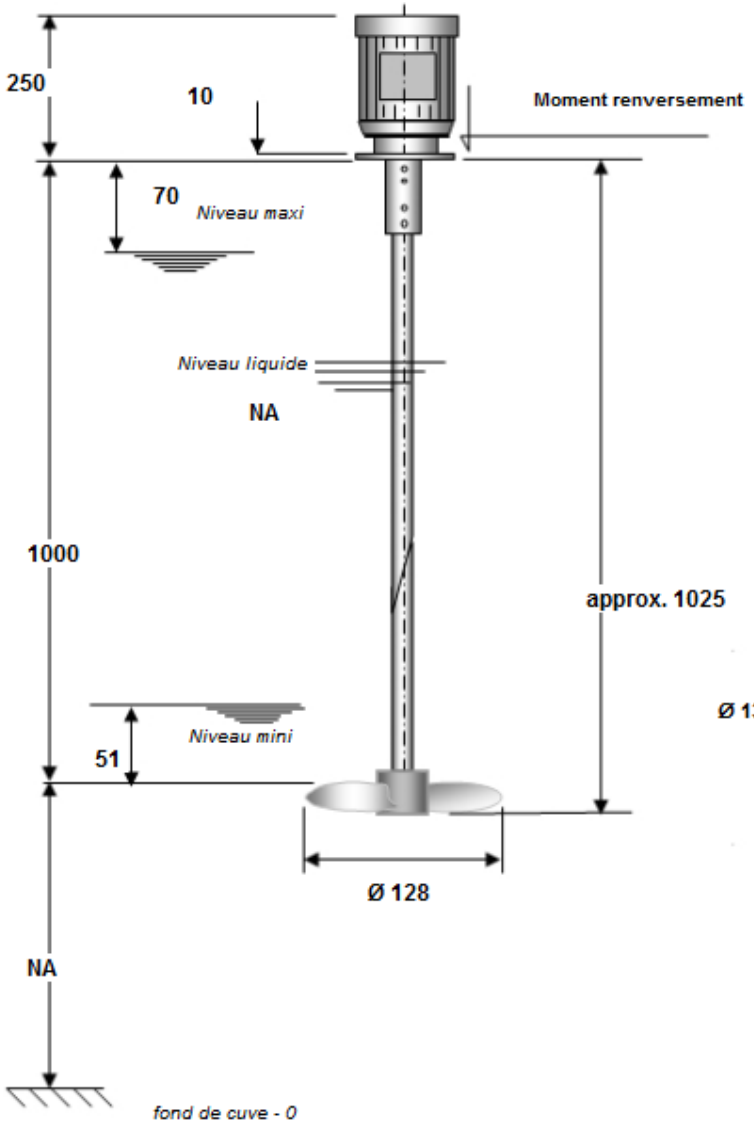
- Versions GA 2 à GA 45 : pompes fournies avec : Asp. = 2 m tuyau 15x23 + 1 raccord 1/2" NPT mâle - Reft = 3 m tuyau 0.500"OD, 1 canne d'injection.
- Versions GA 90 à GA 170 : pompes fournies avec : Asp. = 2 m tuyau 15x23 + 1 raccord 1/2" NPT mâle - Reft = embout fileté 1/2" NPT mâle.

(1) Baffles are highly recommended for cylindrical tanks,without it,the mixer efficiency is decreasing significantly (2) The off-centering of mixer in the tank may cause vortex,additional load on mixer tank as shaft flexion (3) Dimensions,weight loads are only valid for standard type without option (4) Using a speed variator and rotation during discharging or filling or in air is forbidden (5) Reserve a free space into the support device as big as the standard flange outside diameter B.

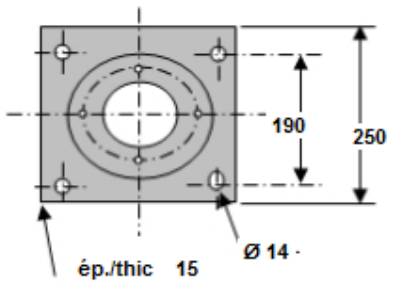
(1) La présence de contre-pales est fortement conseillée pour une cuve à section cylindrique,l'absence de celles-ci diminue l'efficacité de l'agitateur (2) Le décentrage de l'agitateur dans la cuve peut provoquer un fort vortex,des forces additionnelles sur l'agitateur et sur la cuve, voire une flexion de l'arbre (3) Dimensions,poids et charges valables que pour les standard sans option (4) Utilisation d'un variateur de vitesse et rotation durant la vidange ou le remplissage ou dans l'air interdits. (5) Réserver un espace libre dans le supportage égal au diamètre extérieur B de la bride standard.

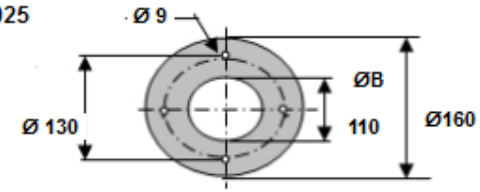
dimensions:mm

Options	Options
Code	0.0.0.0.0.0
Aluminium Motor,400V	moteur aluminium ,400V
Standard Flange	Bride Standard
Standard painting 1018RAL,100µm	peinture standard 1018 ,100µm
No Special Documentation	Aucun document spécial



Option bride de fixation



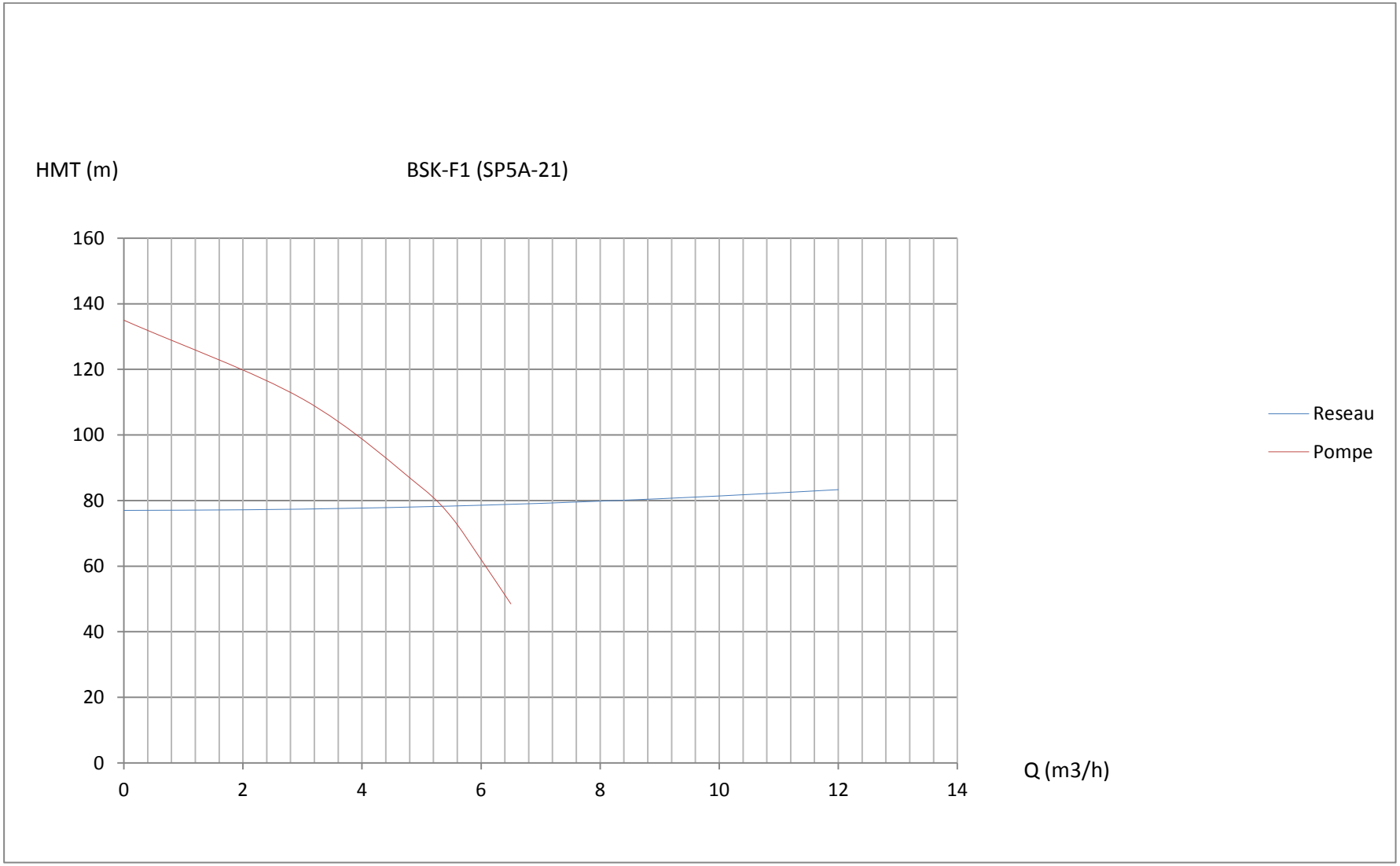


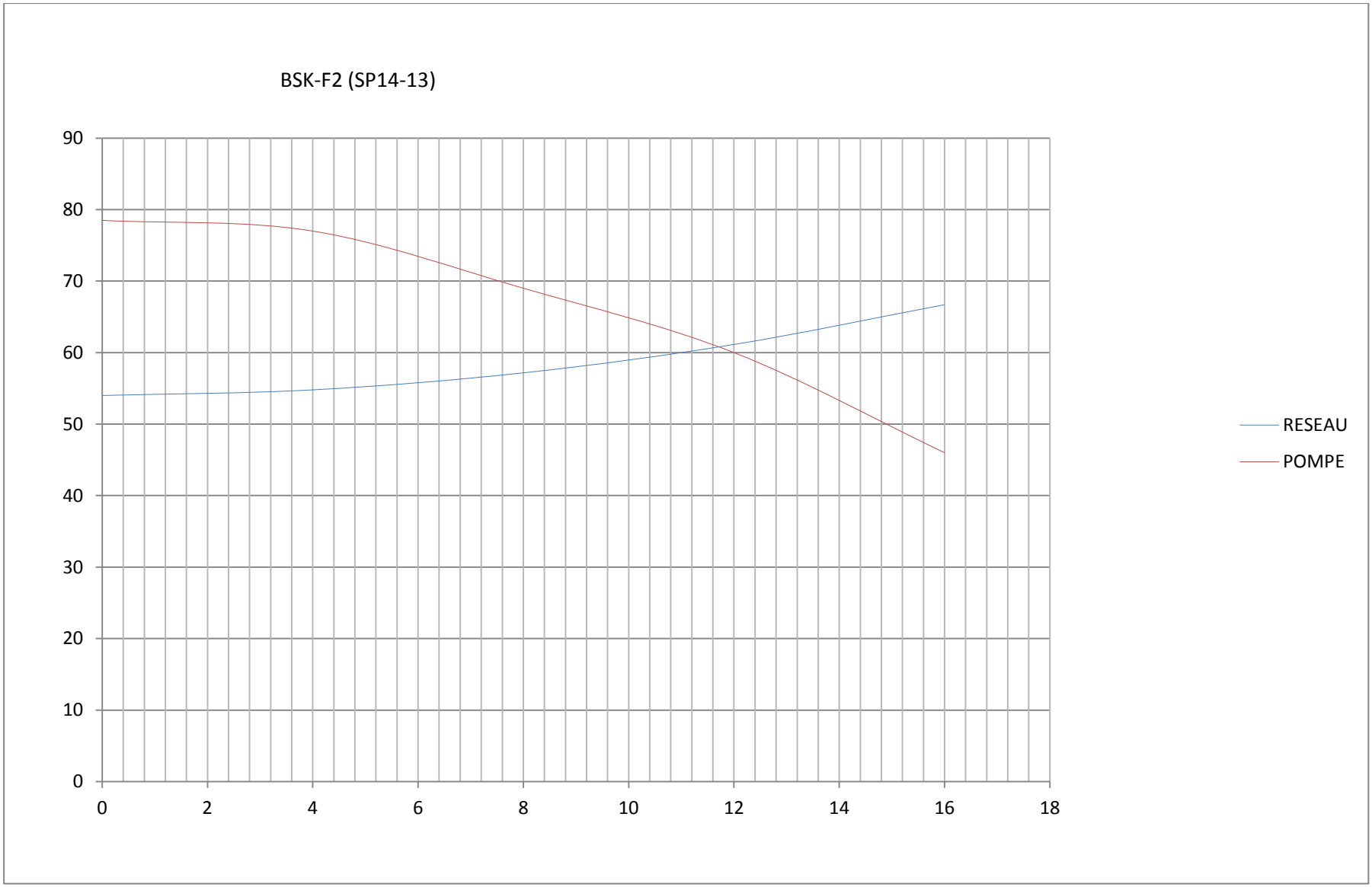
Bride de fixation standard

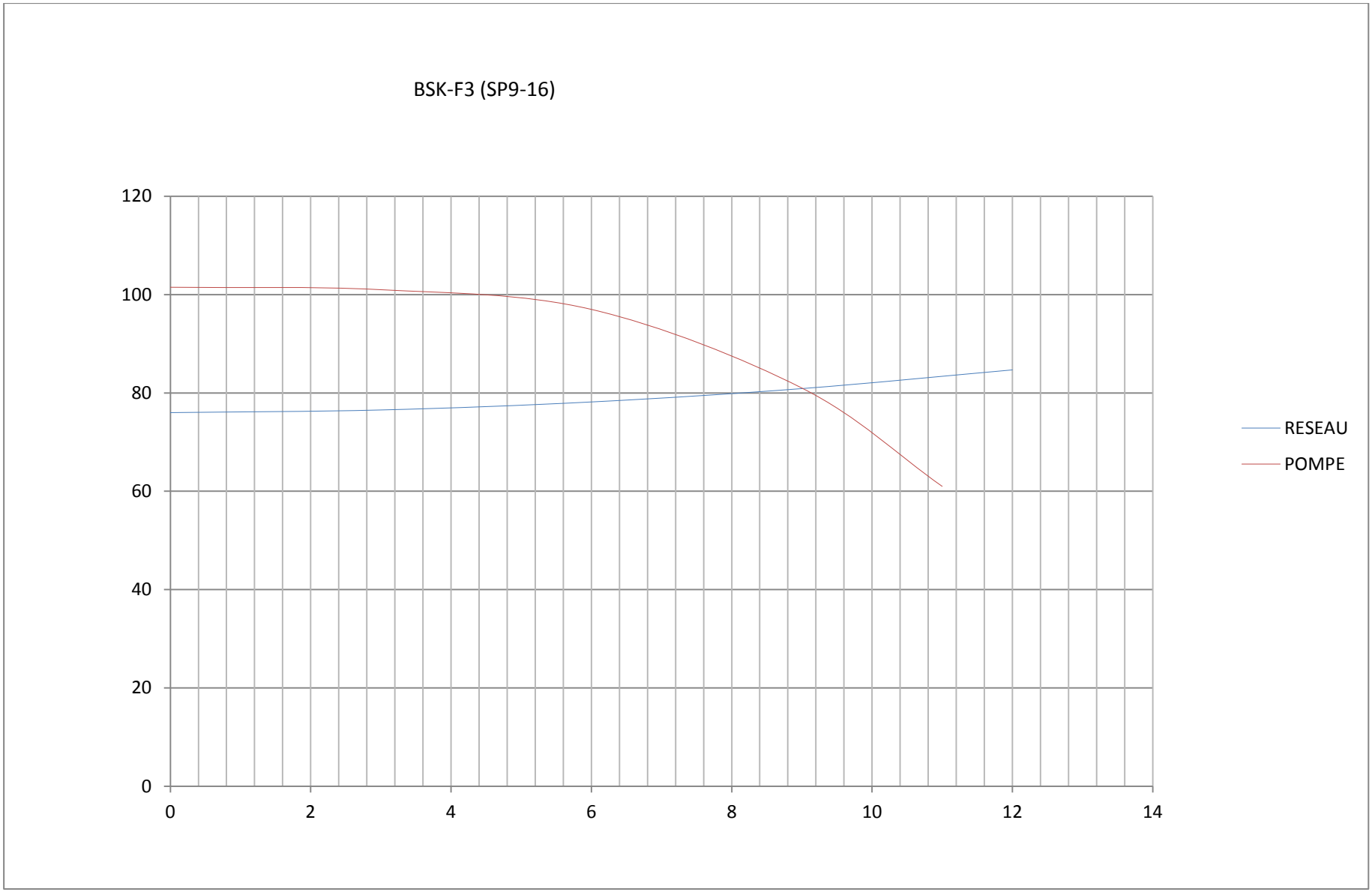
Tank Info	Données cuve		
Capacity	Volume	NA	m3
Diameter	Diamètre	NA	m
Total Height	Hauteur totale	NA	m
Liquid Height	Hauteur de liquide	NA	m
Product Data	**Données produit**		
Max Specific Gravity	Densité max	1,1	
Max Viscosity	Viscosité max	100	mPas
Motor Characteristics	**Caractéristiques moteur**		
Impeller Speed	Vitesse du mobile	1500	rpm
Rated Power	Puissance moteur	0,25	kW
Motor Speed	Vitesse moteur	1500	rpm
Voltage	Tension	400	V
Isolation	Isolation	IP55	
Class	Classe	F	
Frequency	Fréquence	50	Hz
Motor Material	Construction	ALU	
Mixer Characteristics	**Caractéristiques agitateur**		
Impeller Type	Type de mobile	Marine	
Number of blades	Nombre de pales	3	
Impeller Fixation	Fixation du mobile	1 part	
Mini Opening	Diamètre min d'intro	130	mm
Material	Matériau	Halar	
Weight	Poids	10	kg
Design Load	Charge statique	200	N
Axial Force	Effort axial	8	daN
Bending Moment	Moment renversement	2,8	daNm
Maxi Torque	Couple maxi	0,32	daNm
Pumping Flow Rate	Débit de pompage	104	m3/h
Circulation Flow	Débit de circulation	156	m3/h
Absorbed Power	Puissance absorbée	0,2	kW

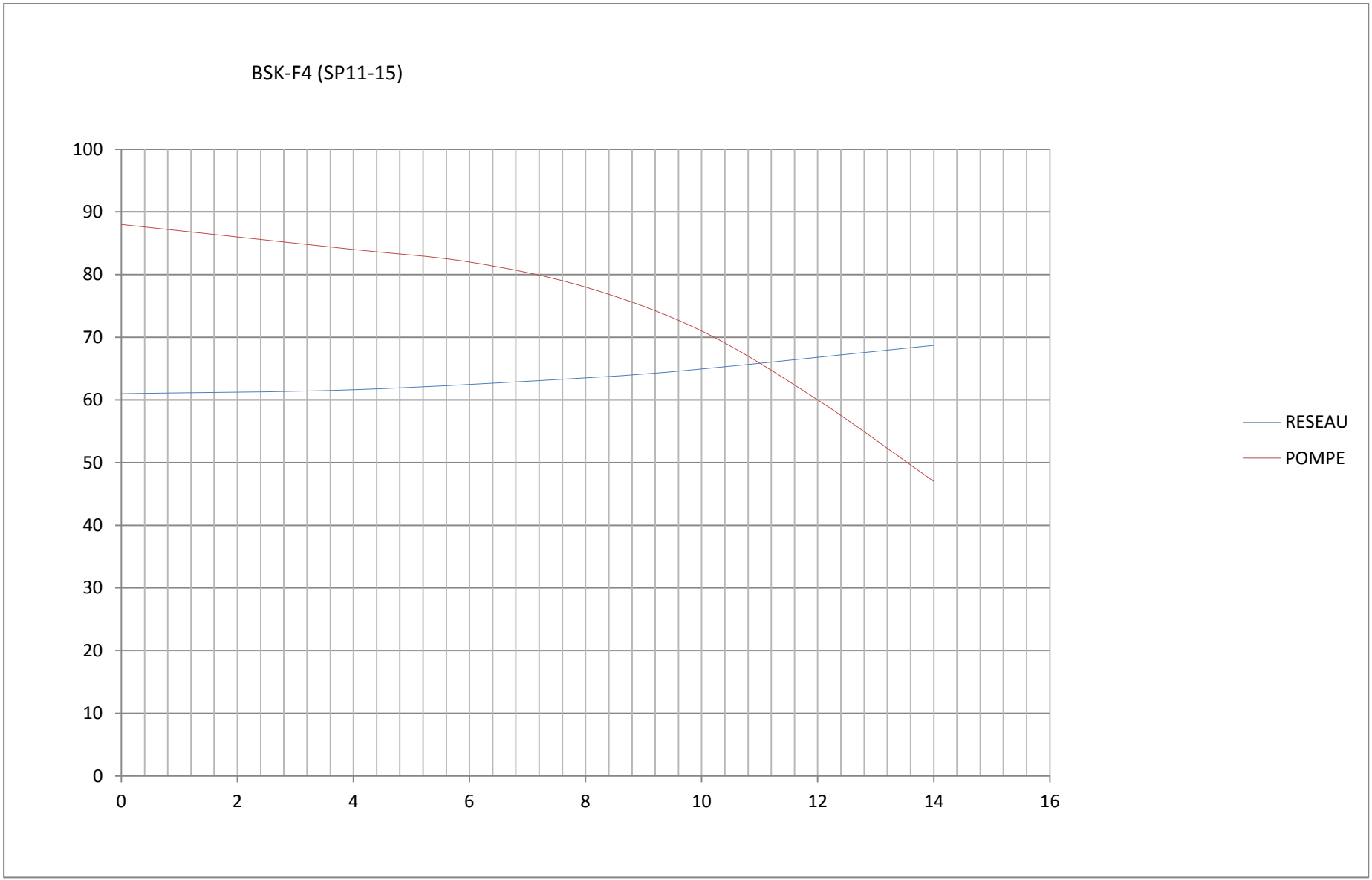
Hélisem®		MILTON ROY Mixing	
Type	VDA2210P100/0.0.0.0.0.0		
Client	INTERHYDRO	N° de devis	Rev#
		C	04
Propriété exclusive de MRM - Communication et reproduction interdites. Plan non contractuel.		Type	9/10/2014

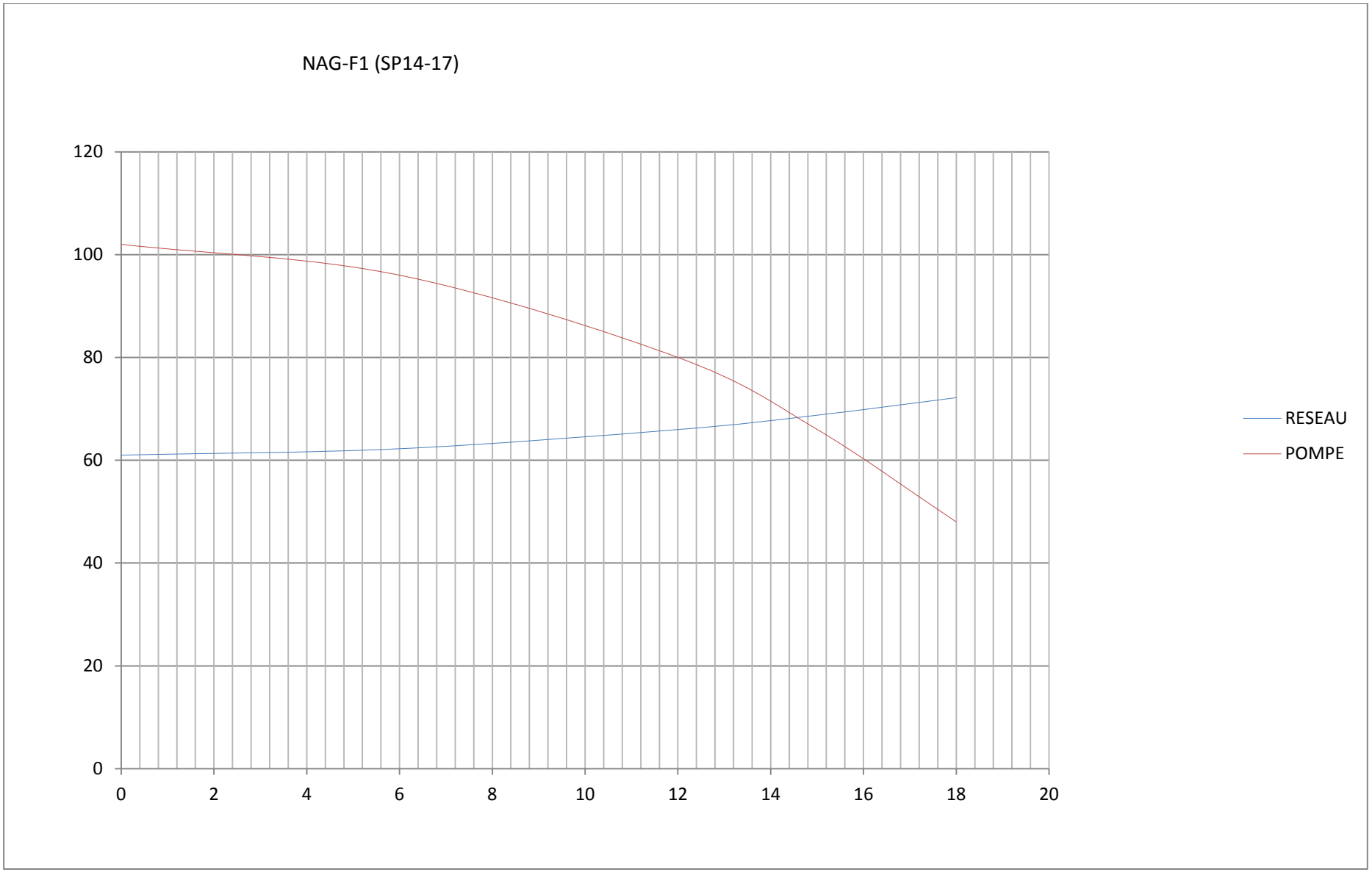
ANNEXE 5 : Points de fonctionnement

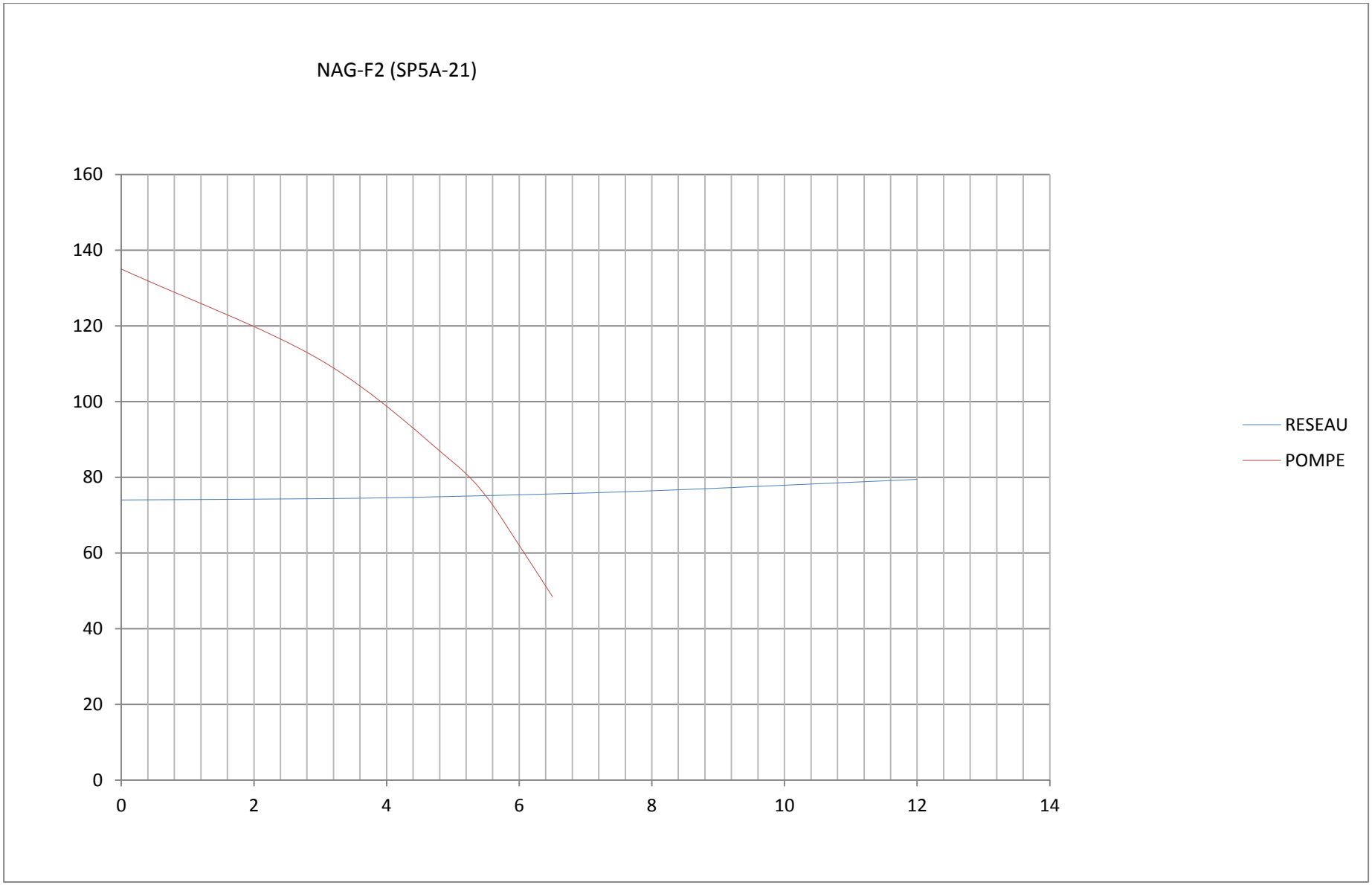



BSK-F2 (SP14-13)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
RESEAU
POMPE

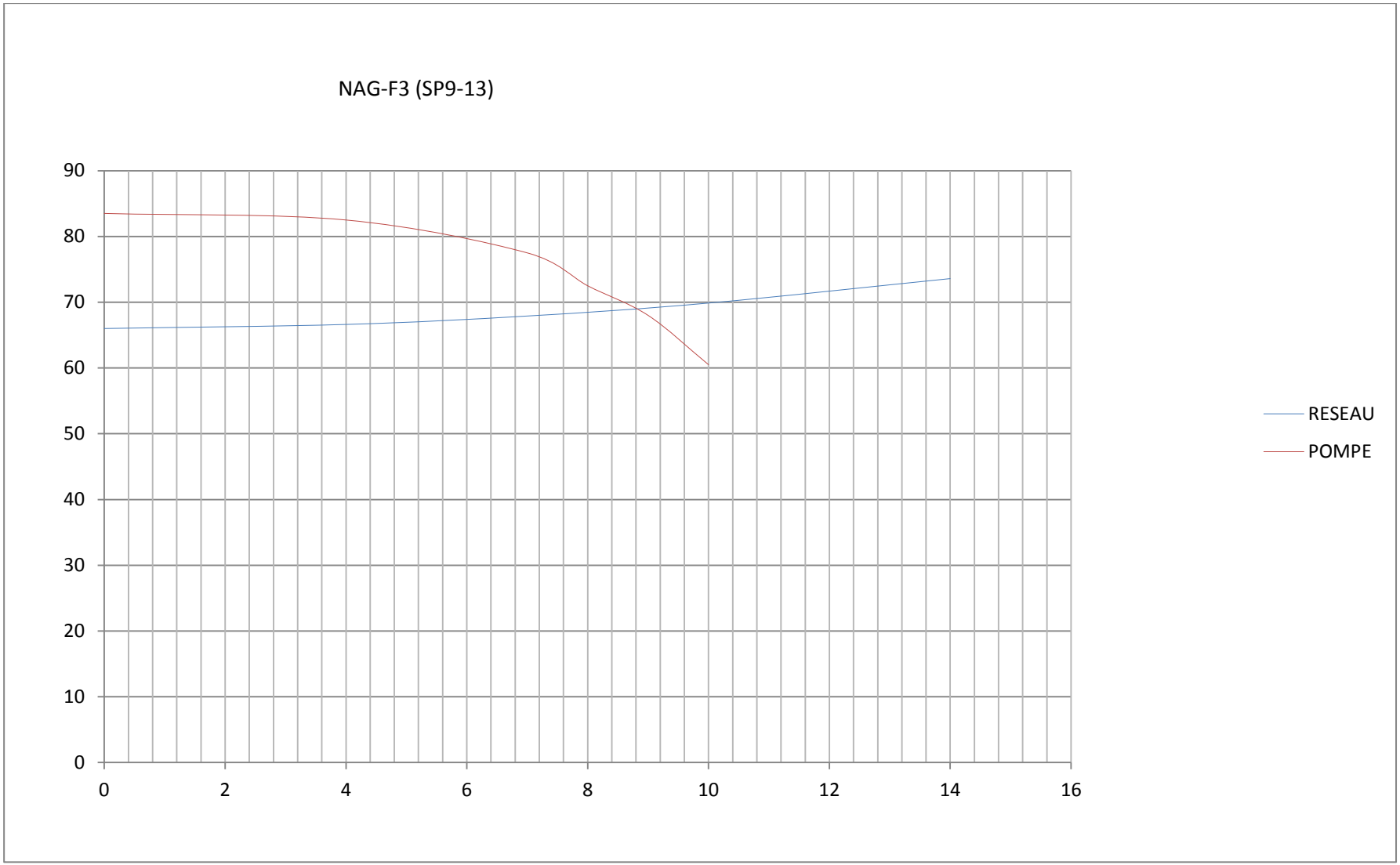

BSK-F3 (SP9-16)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
RESEAU
POMPE

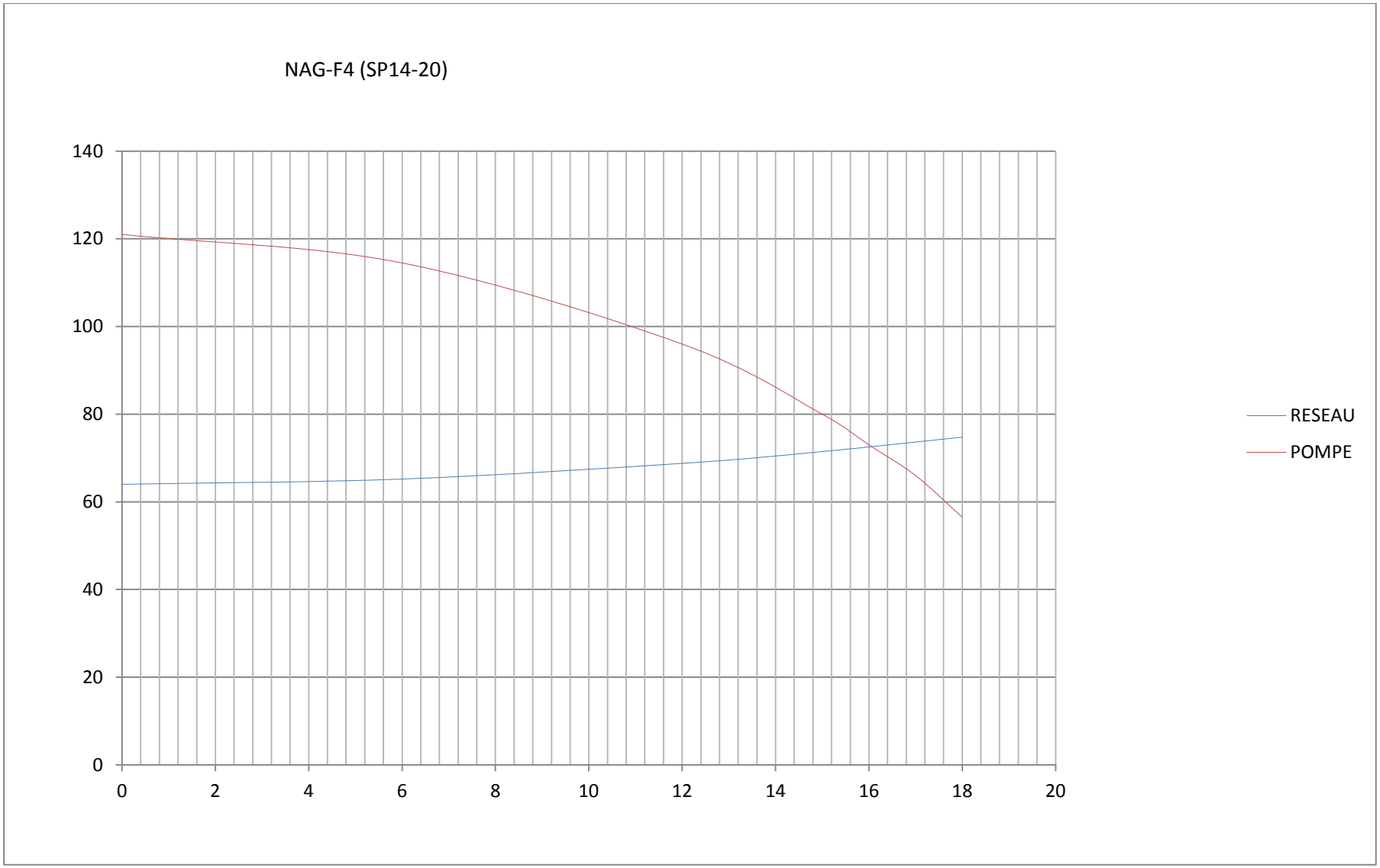

BSK-F4 (SP11-15)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
RESEAU
POMPE

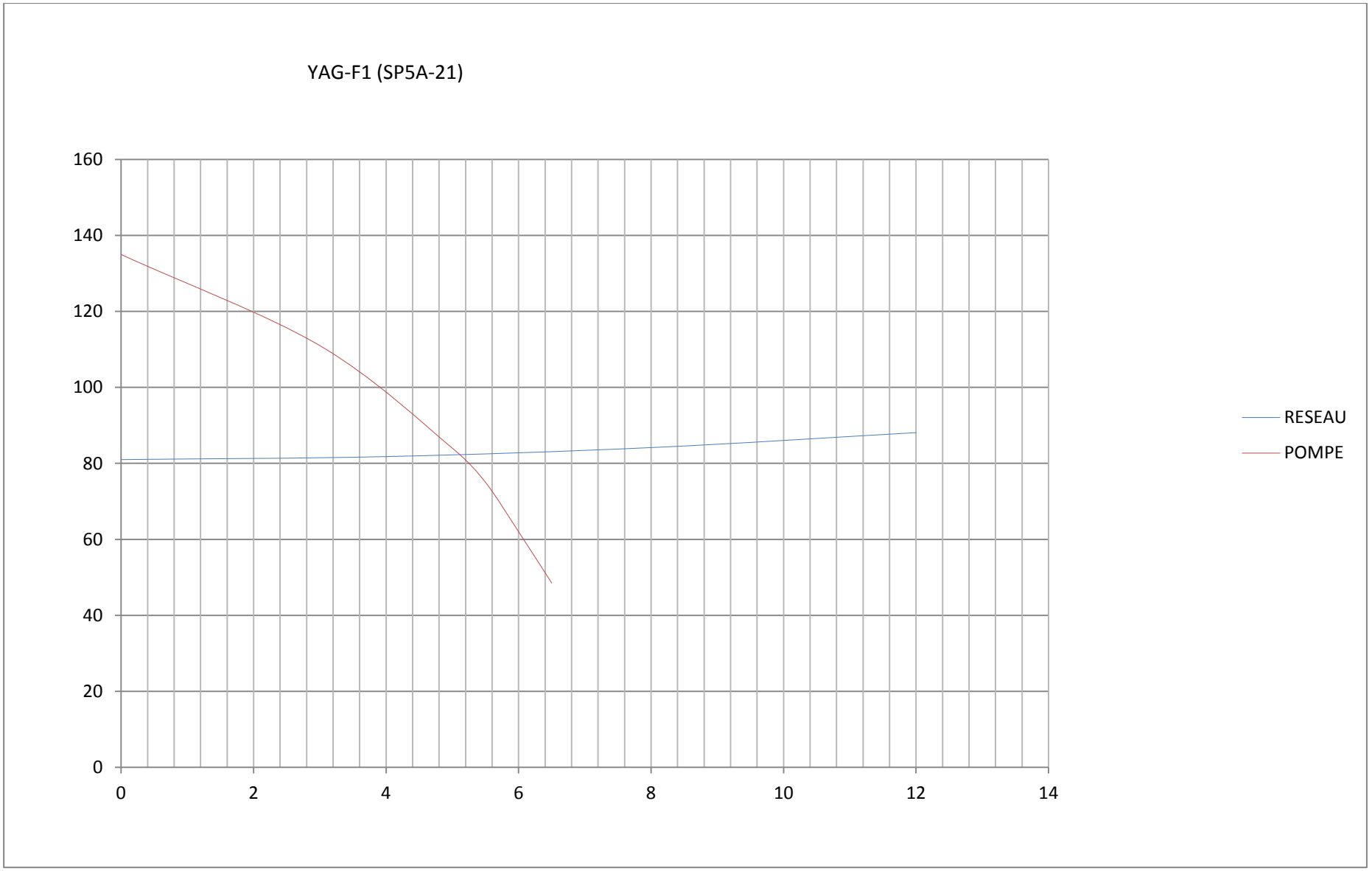

NAG-F1 (SP14-17)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
RESEAU
POMPE

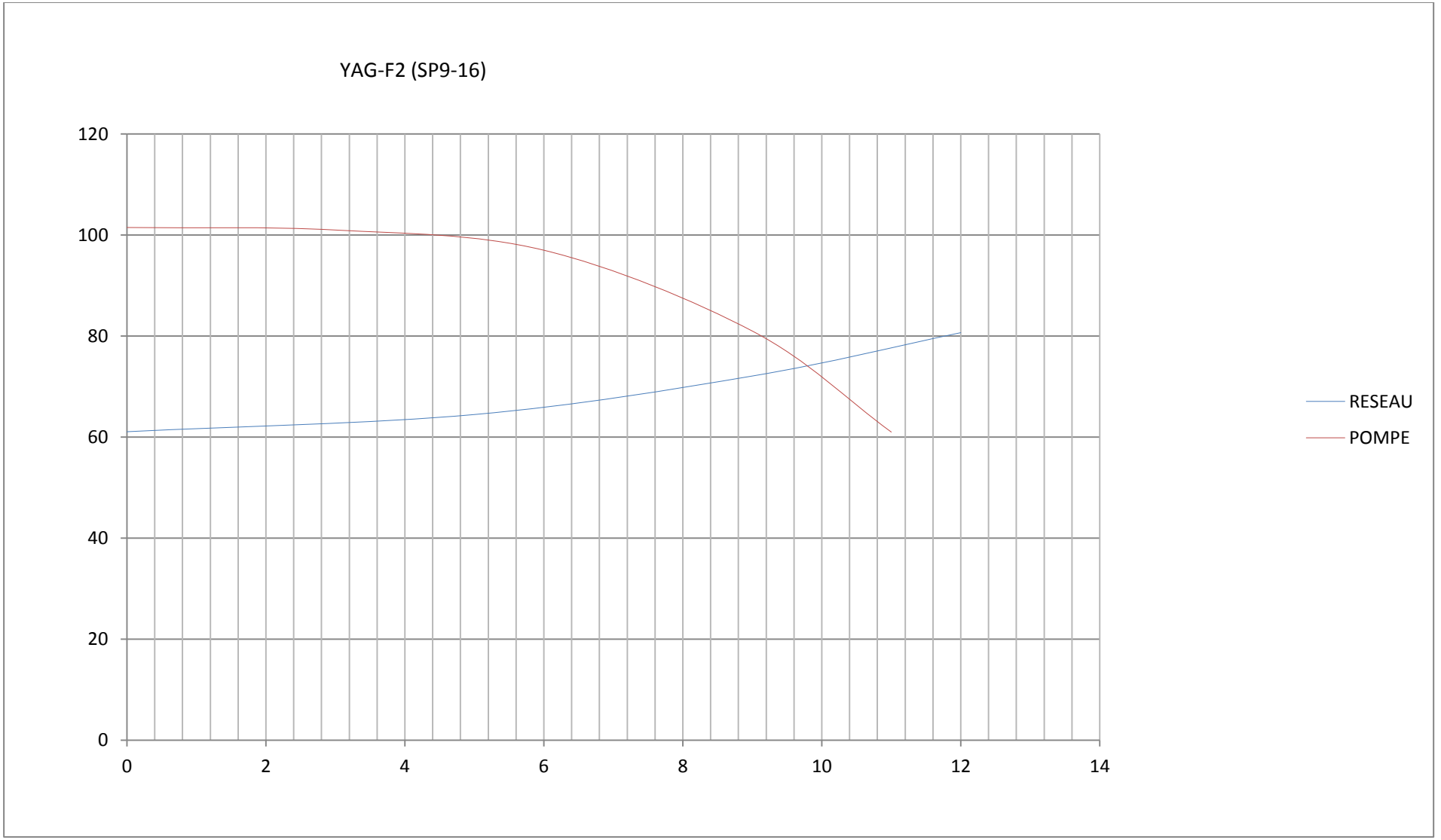

NAG-F2 (SP5A-21)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
RESEAU
POMPE

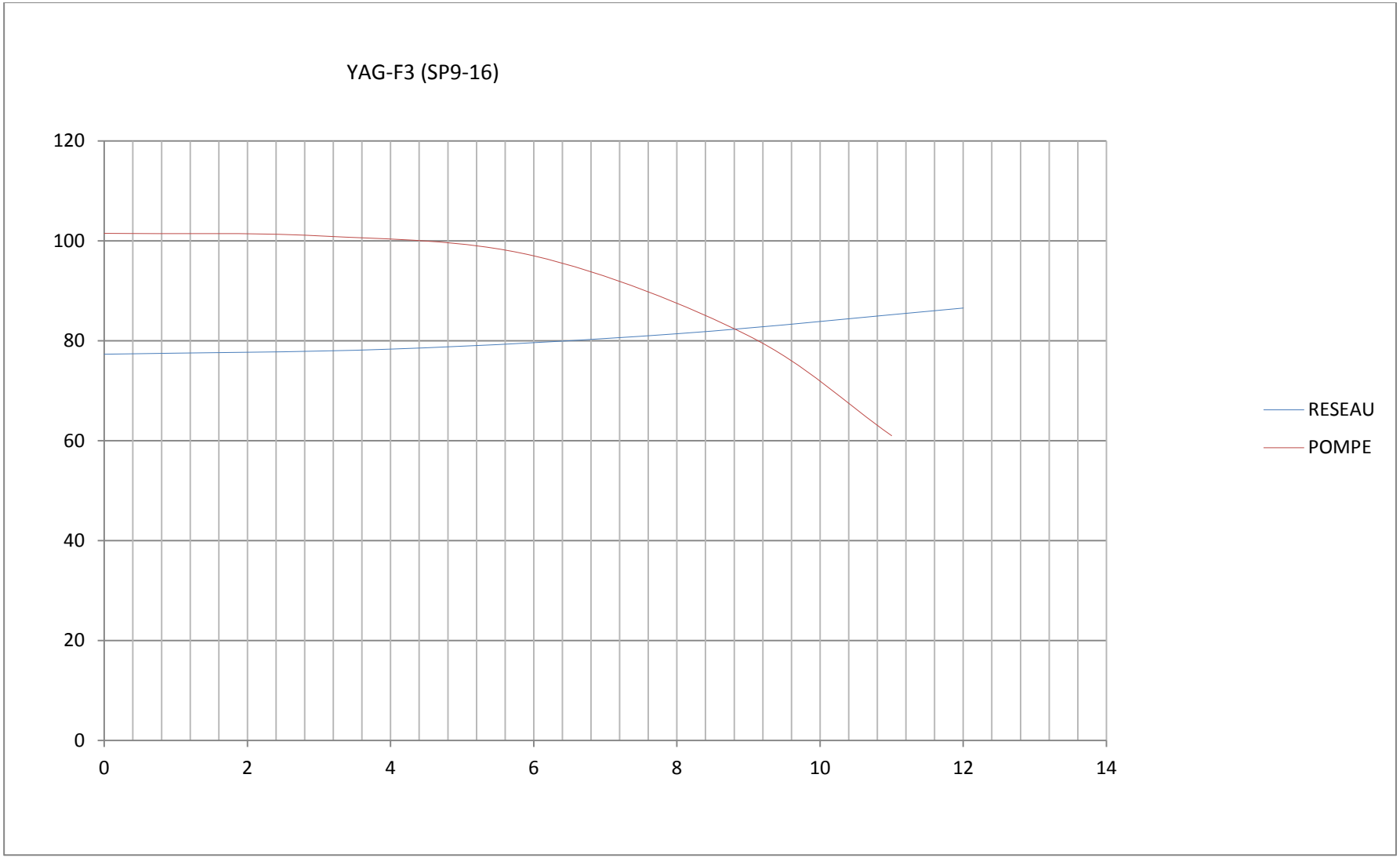
XXX


NAG-F3 (SP9-13)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
RESEAU
POMPE


NAG-F4 (SP14-20)
140
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
RESEAU
POMPE


YAG-F1 (SP5A-21)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
RESEAU
POMPE

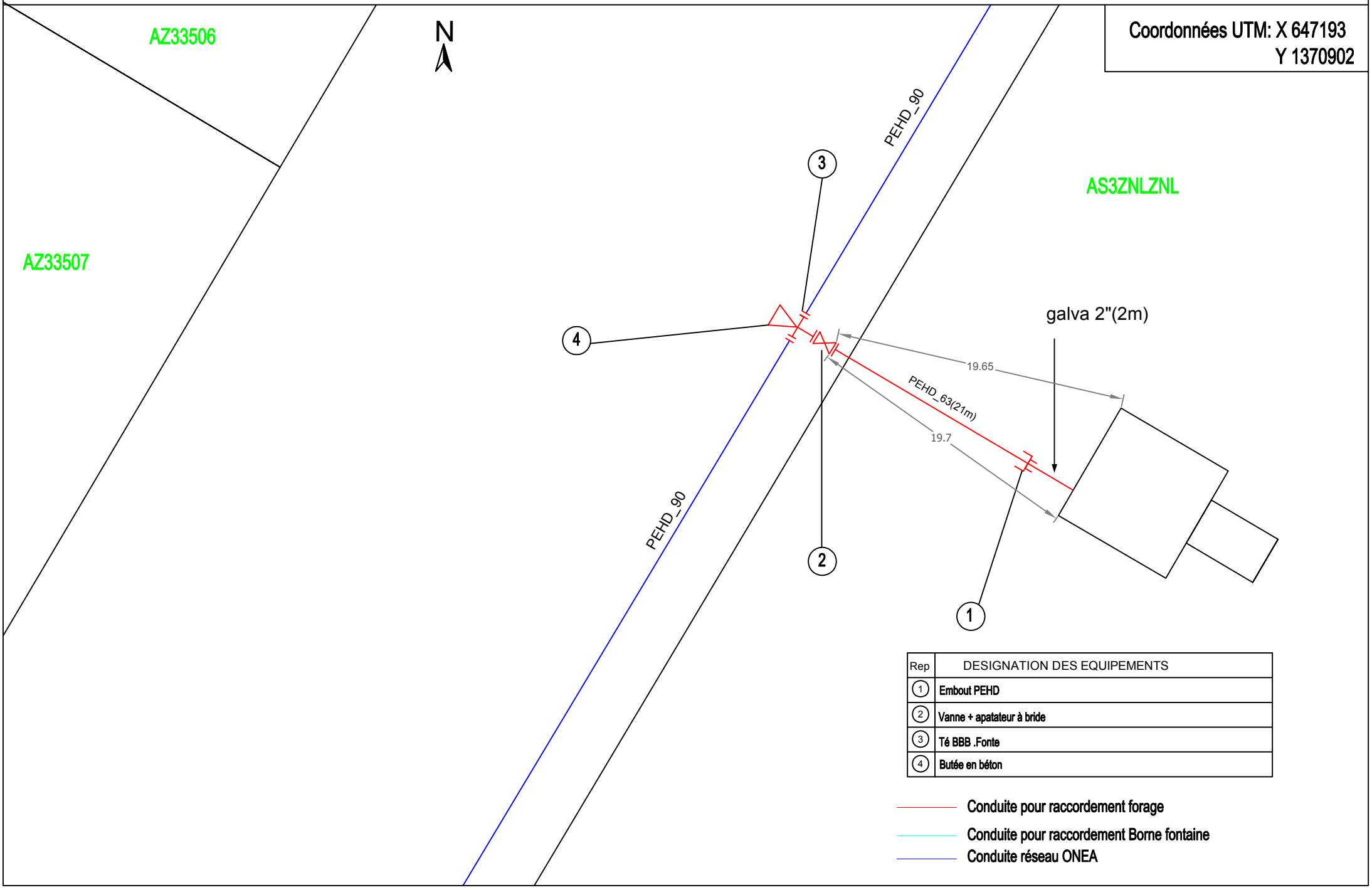

YAG-F2 (SP9-16)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
RESEAU
POMPE


YAG-F3 (SP9-16)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
RESEAU
POMPE

ANNEXE 6 : Schémas d'implantation et de raccordement des forages

Ci-apres, les schémas d'implantation et de raccordement au réseau ONEA, des différents postes d'injection d'eau.

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE BSK_F1



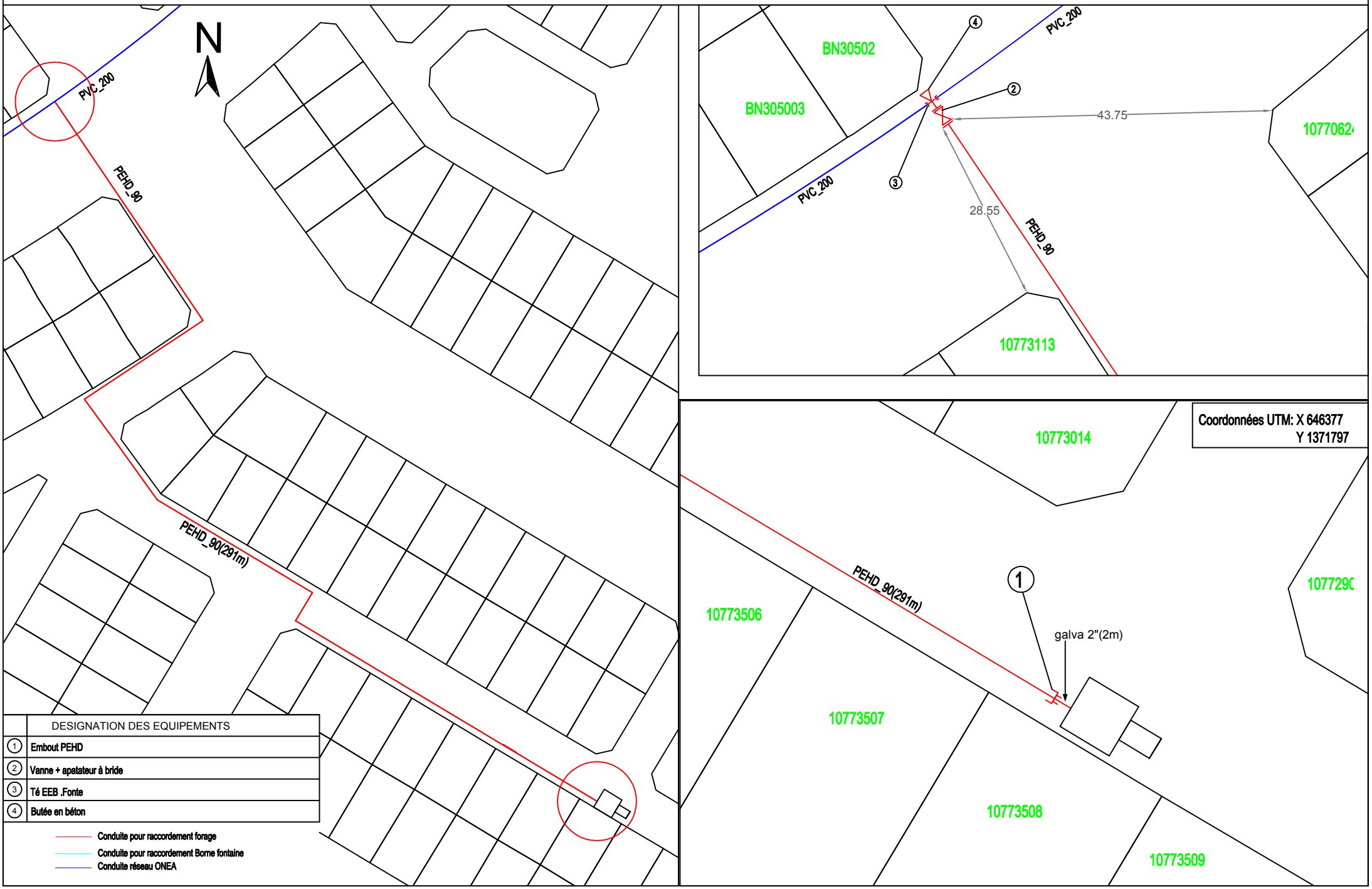
Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té BBB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage

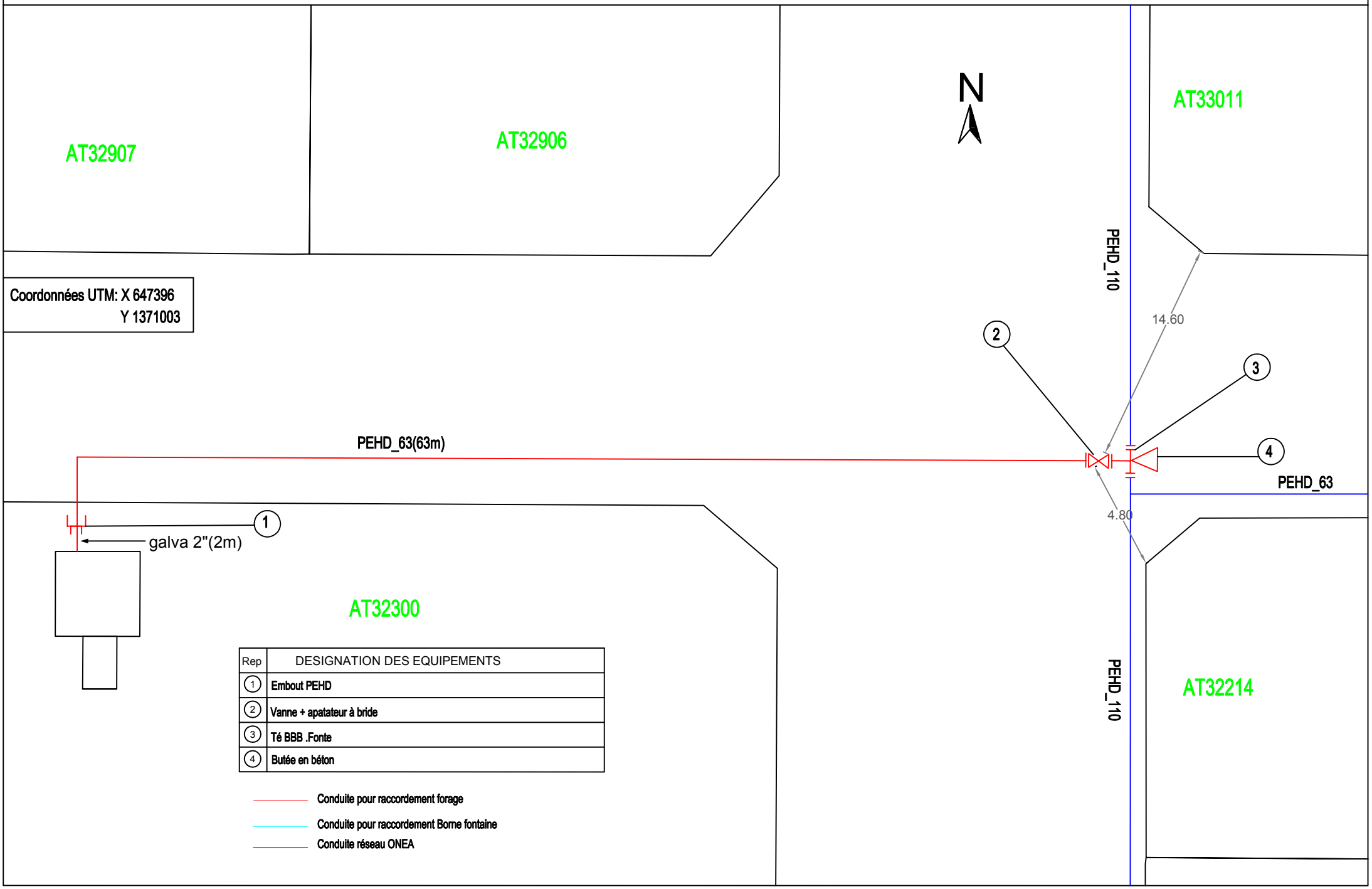
Conduite pour raccordement Borne fontaine

Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE BSK_F2



SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE BSK_F4



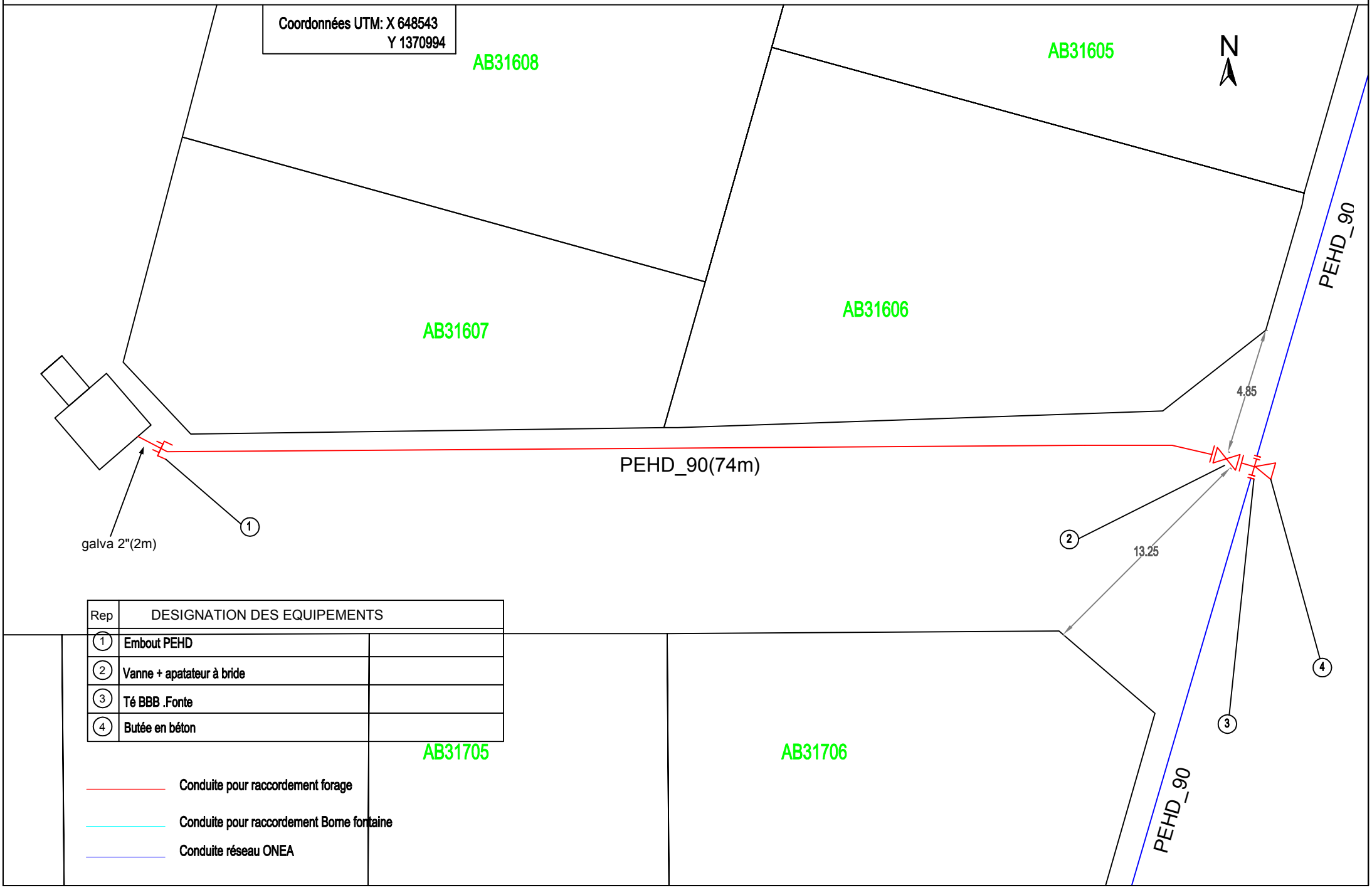
Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té BBB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage

Conduite pour raccordement Borne fontaine

Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE BSK_F6



Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS	
1	Embout PEHD	
2	Vanne + apatateur à bride	
3	Té BBB .Fonte	
4	Butée en béton	

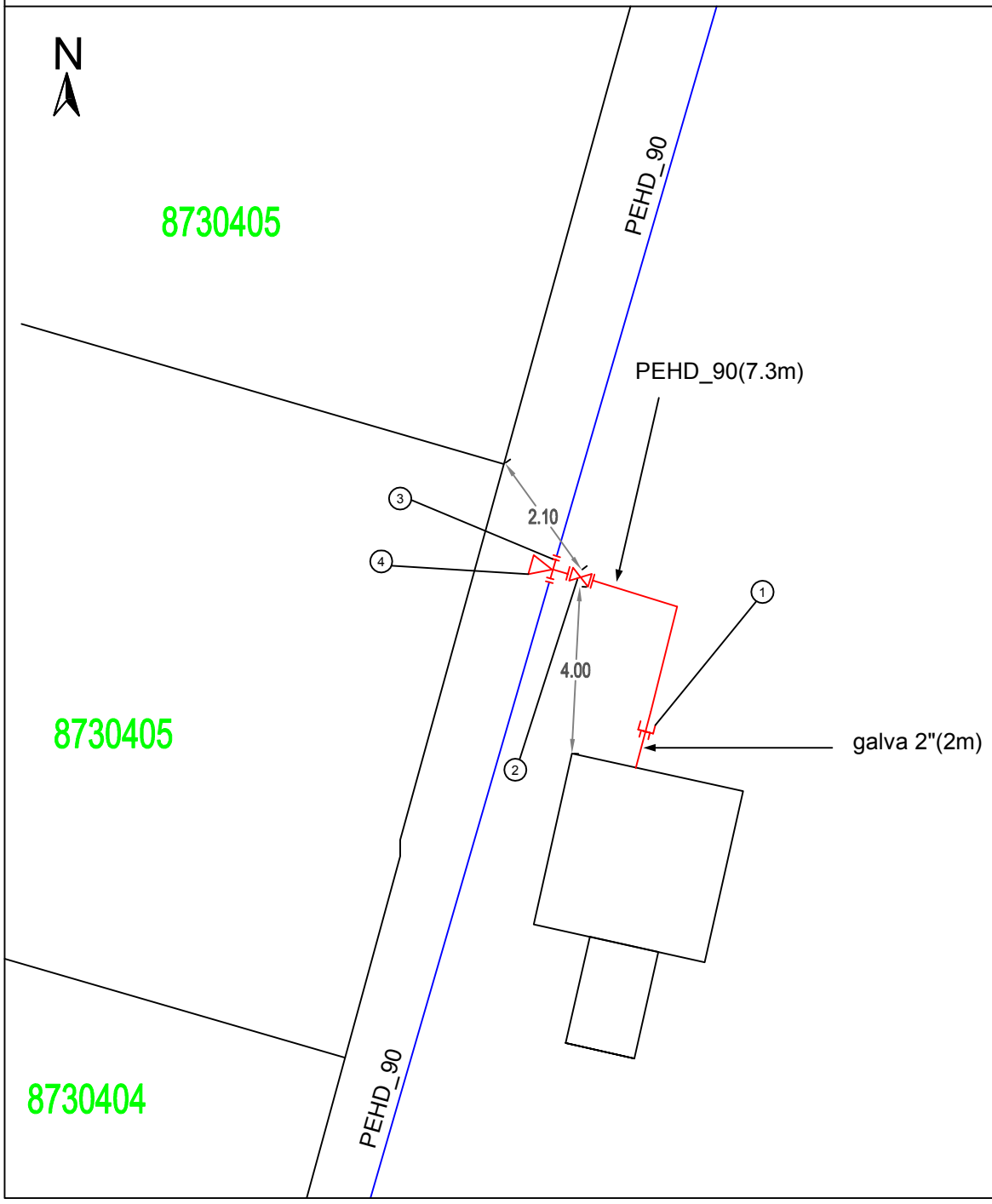
Conduite pour raccordement forage

Conduite pour raccordement Borne fontaine

Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE NAG-F1

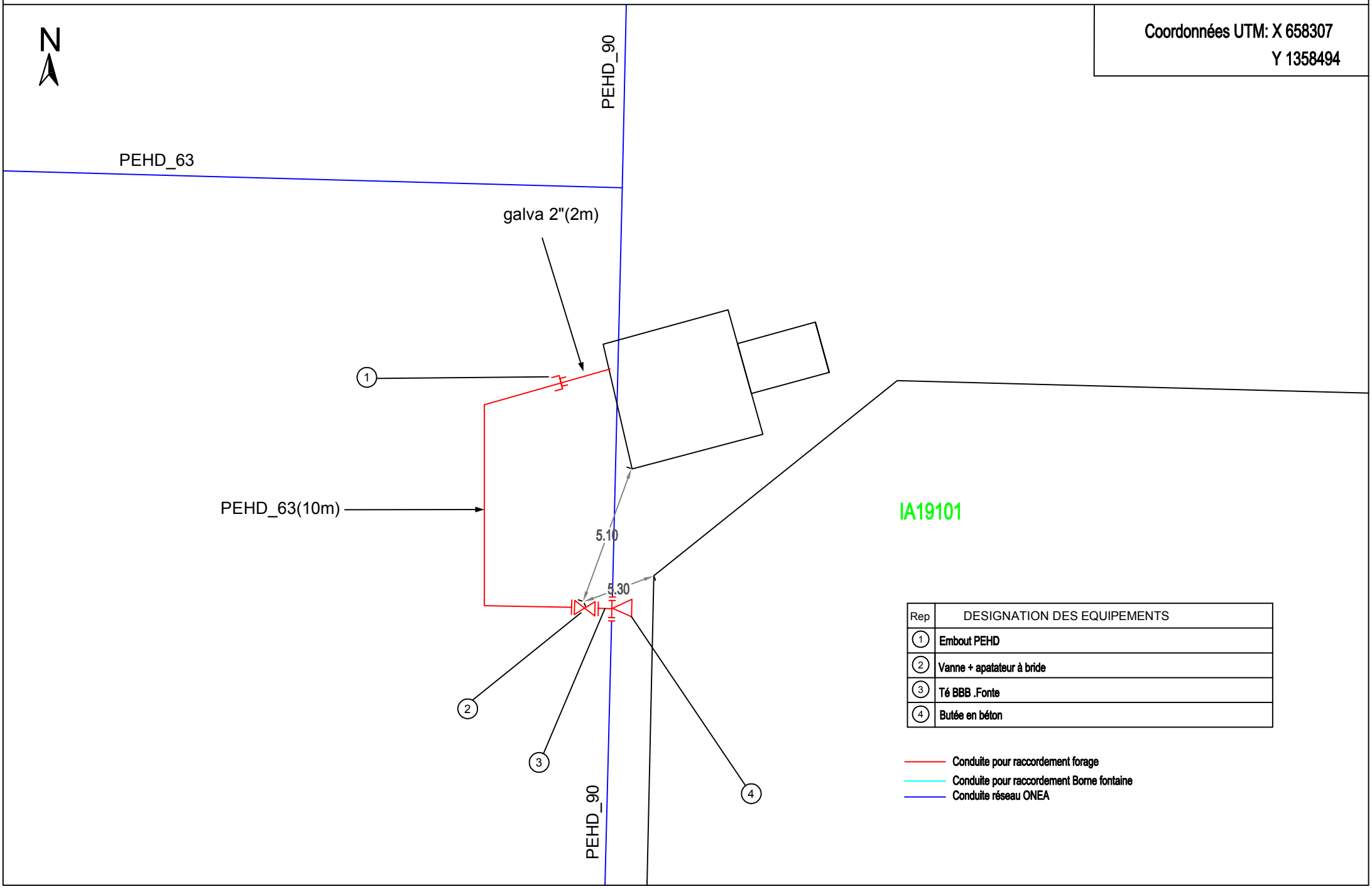
Coordonnées UTM: X 657439
Y 1358670



Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té BBB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage
Conduite pour raccordement Borne fontaine
Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE NAG-F2



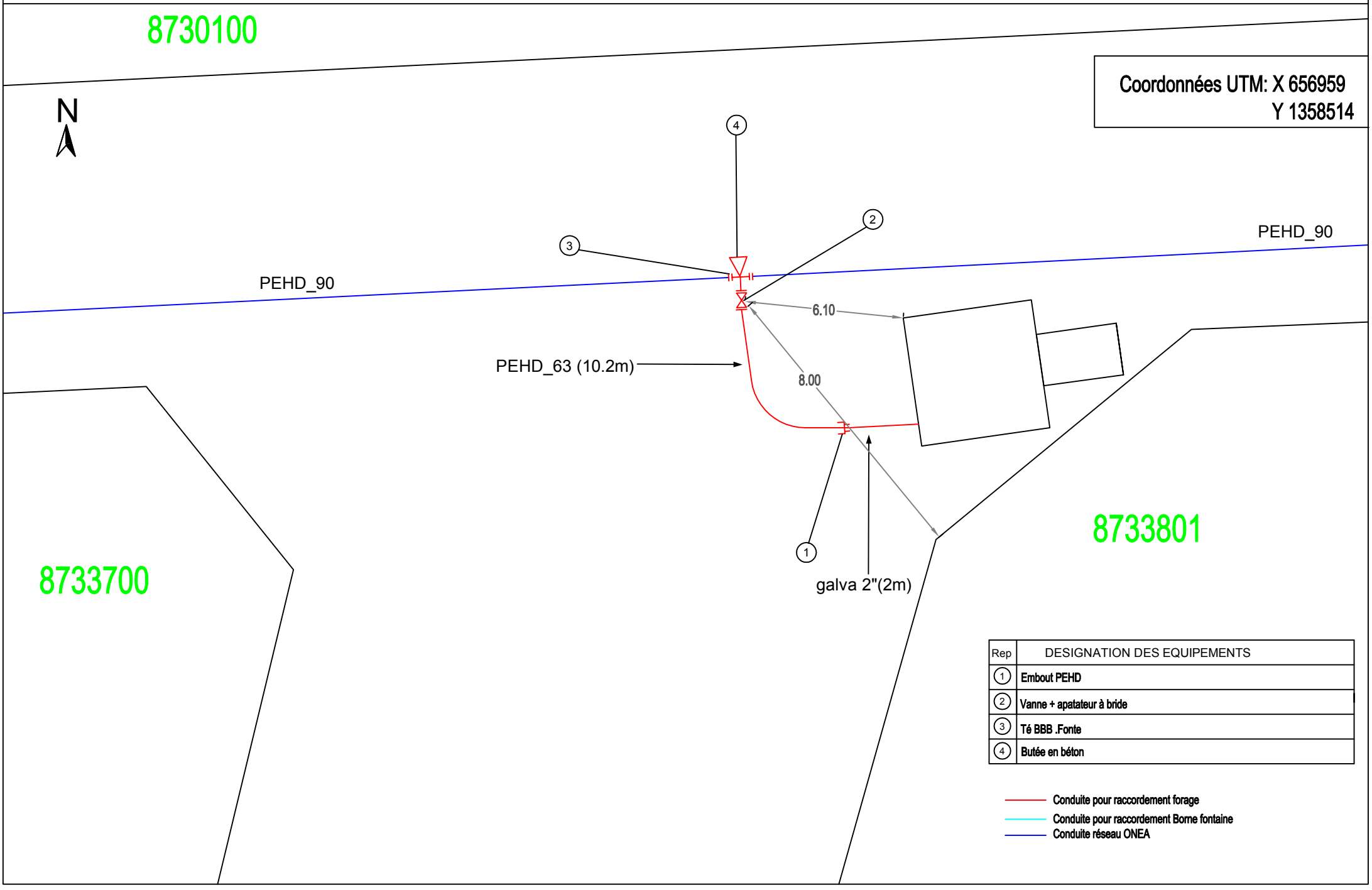
Coordonnées UTM: X 658307
Y 1358494

IA19101

Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té BBB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage
Conduite pour raccordement Borne fontaine
Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE NAG-F3



Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té BBB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage
Conduite pour raccordement Borne fontaine
Conduite réseau ONEA

SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE NAG-F4

Coordonnées UTM: X 657291
Y 1358030

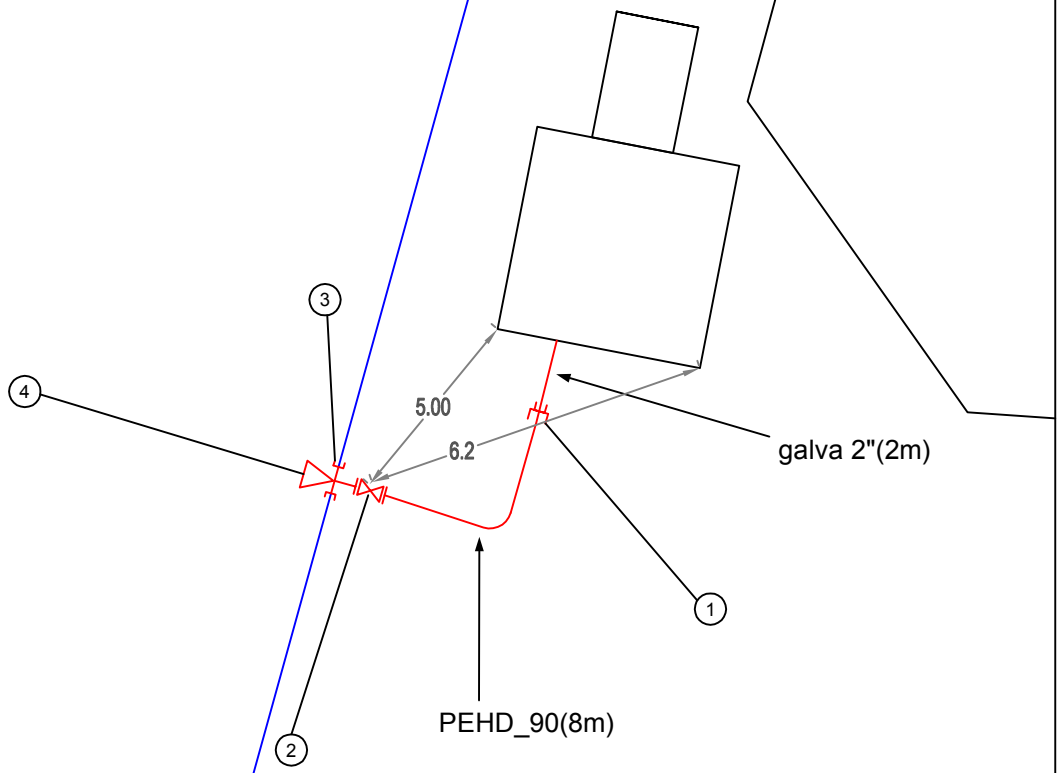
8731600

N

PCV_160

PVC 200

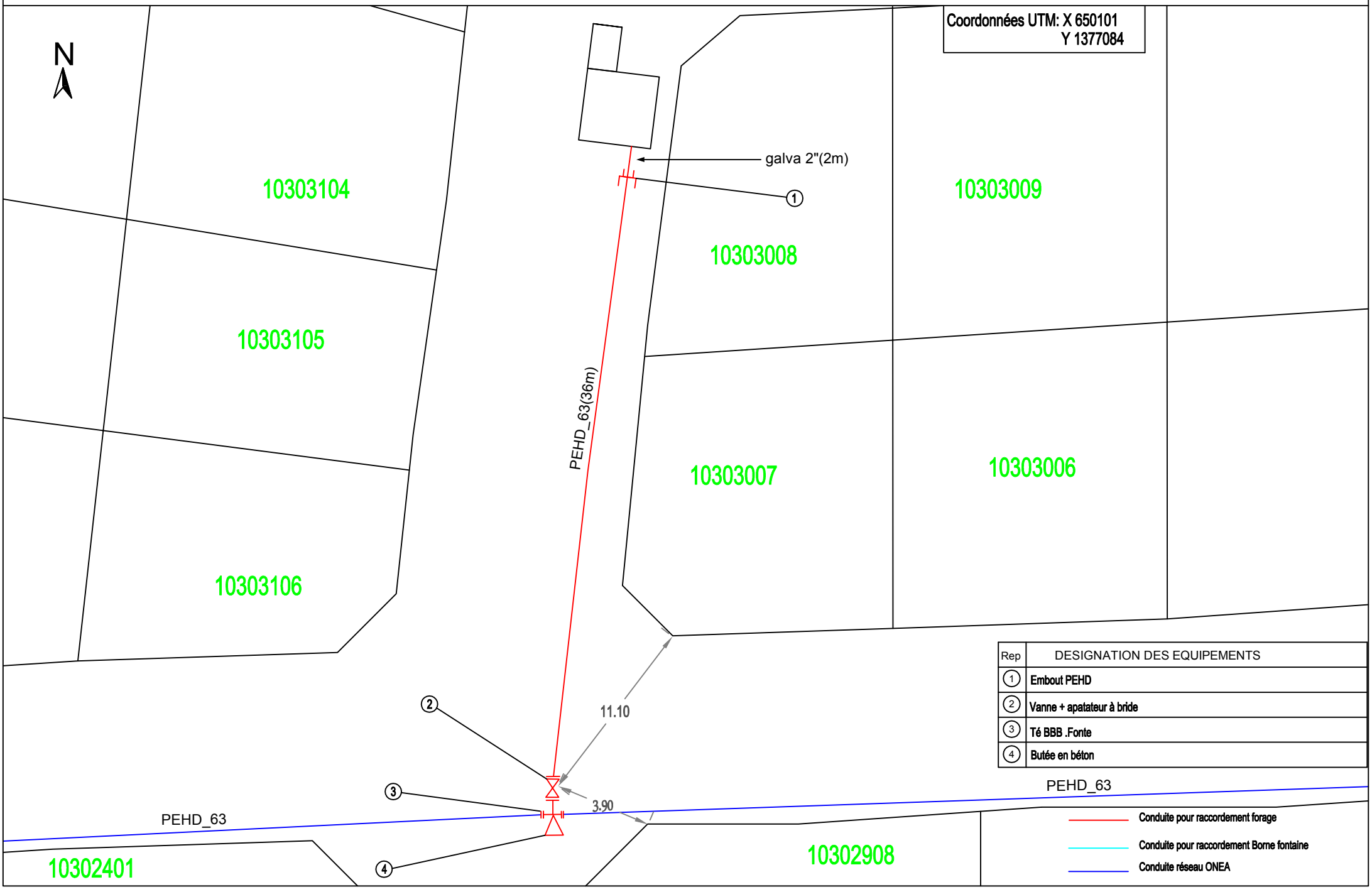
8700122



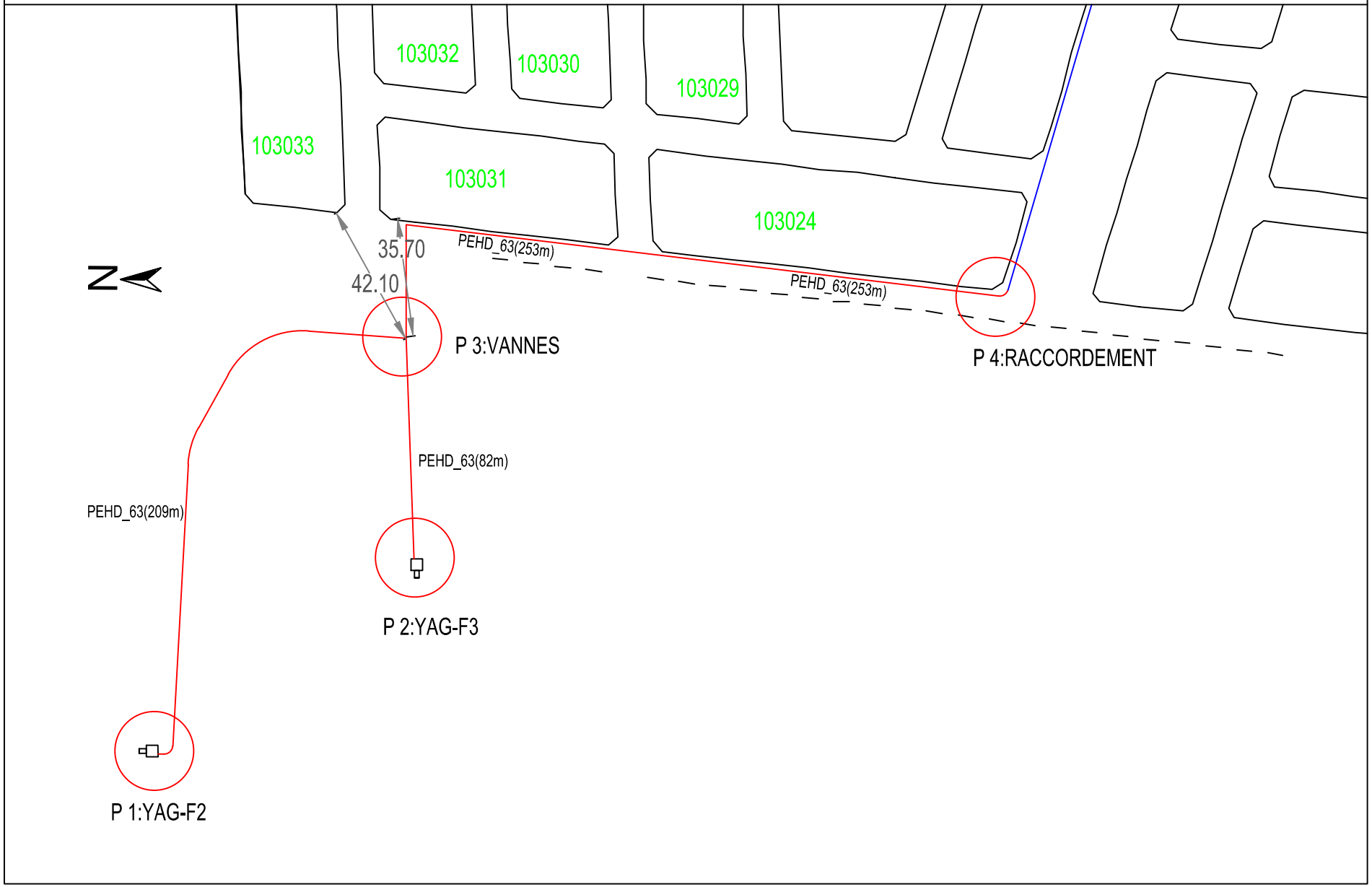
Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur à bride
3	Té EEB .Fonte
4	Butée en béton

Conduite pour raccordement forage
Conduite pour raccordement Borne fontaine
Conduite réseau ONEA

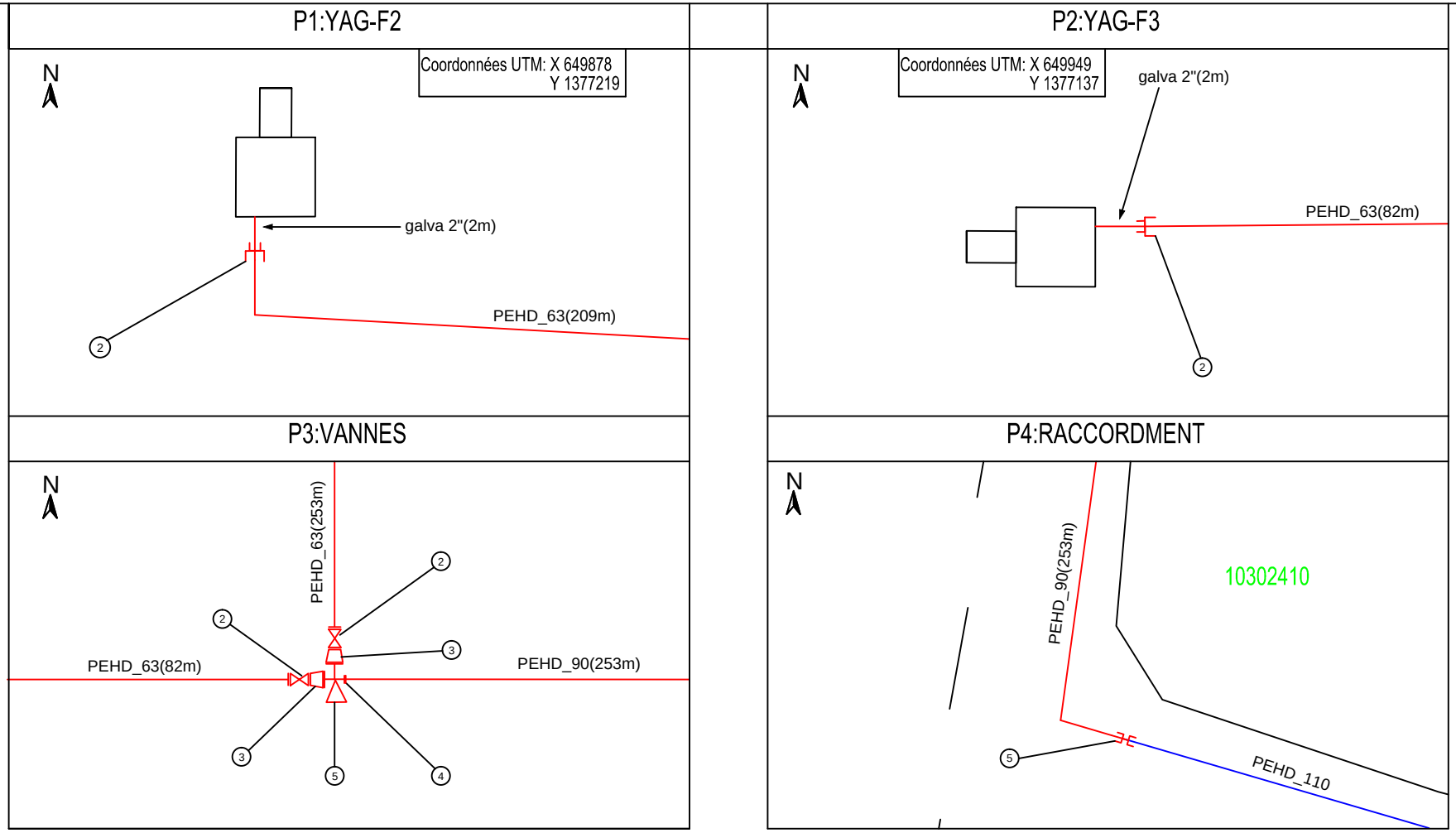
SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE YAG_F1



SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE YAG_F2 ET YAG-F3



SCHEMA D'IMPLANTATION ET DE RACCORDEMENT DU FORAGE YAG_F2 ET YAG-F3



Rep	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS
1	Embout PEHD
2	Vanne + apatateur a bride
3	Cone de reduction
4	Te BBB .Fonte
5	Butee en beton

Conduite pour raccordement forage

Conduite pour raccordement Borne fontaine

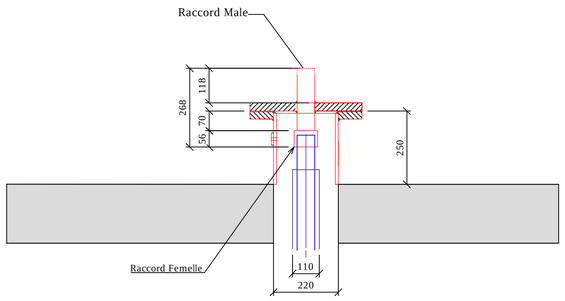
Conduite reseau ONEA

ANNEXE 7 : Plan d'un PIE

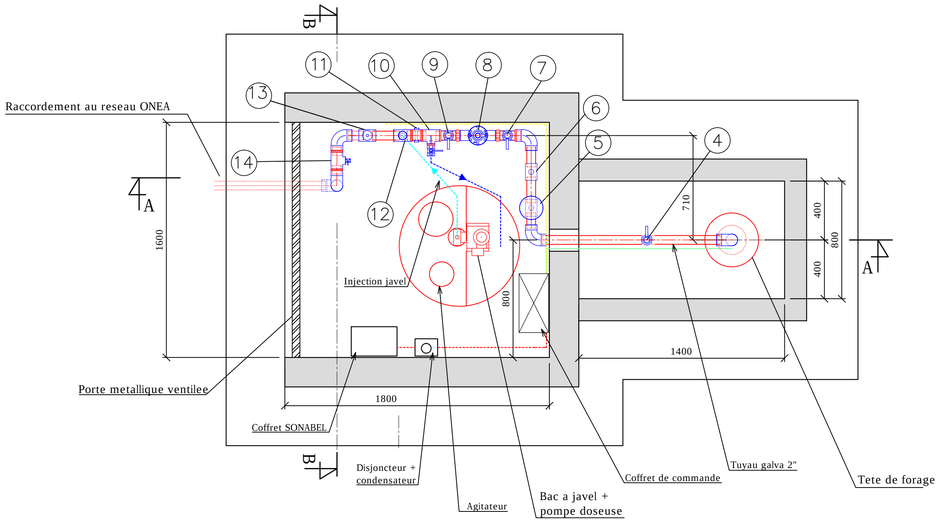
Nous présenterons dans la suite, le plan type d'un PIE, ainsi que le plan d'exécution.

DETAIL TETE DE FORAGE

Ech 1/10



VUE EN PLAN



NOMENCLATURE	
REPERE	**DESIGNATION**
1	**Groupe électropompe immergé**
2	Colonne montante en polyuréthane Bleu - 2''
3	Tête de forage DN200
	PIECES DE ROBINETTERIE
	Du regard du forage jusqu'au local
4	Vanne 1/4T 2" pour régulation du débit
	A l'entrée du local jusqu'au raccordement réseau
5	Té 2"x1" + Ventouse avec robinet d'isolement 1"
6	Té 2"x1/2" + Vanne 1/2" pour branchement mano (optionnel)
7	Vanne 1/4T 2"
8	Compteur DN 50
9	Vanne 1/4T 2"
10	Té 2"x1/2" + Robinet 1/2" pour alimentation bac à javel
11	Clapet anti retour 2"
12	Té 2"x1/2"+ Canne injection javel
13	Té 2"x 1/4" + Vanne 1/4T 1/4" + Capteur de pression
14	Té FF 2"x1/2" + Robinet pour analyses
15	Vanne 1/4T 2"

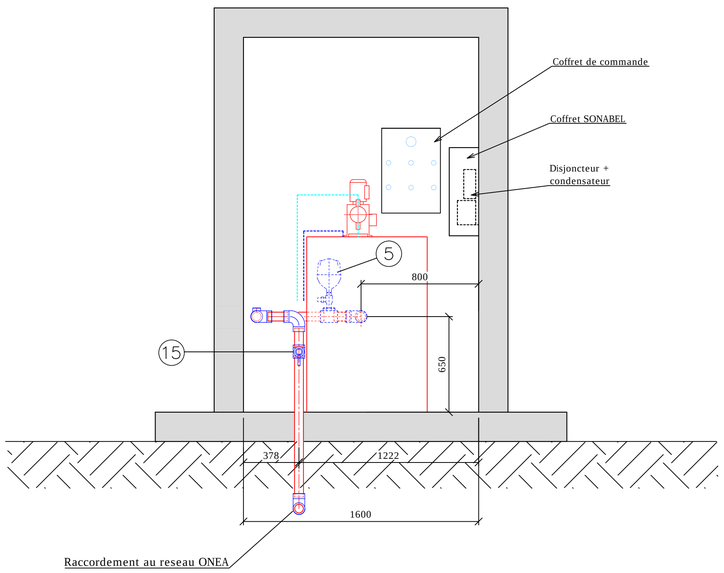
Tube de remplissage de la cuve a javel

Tube d'injection de javel

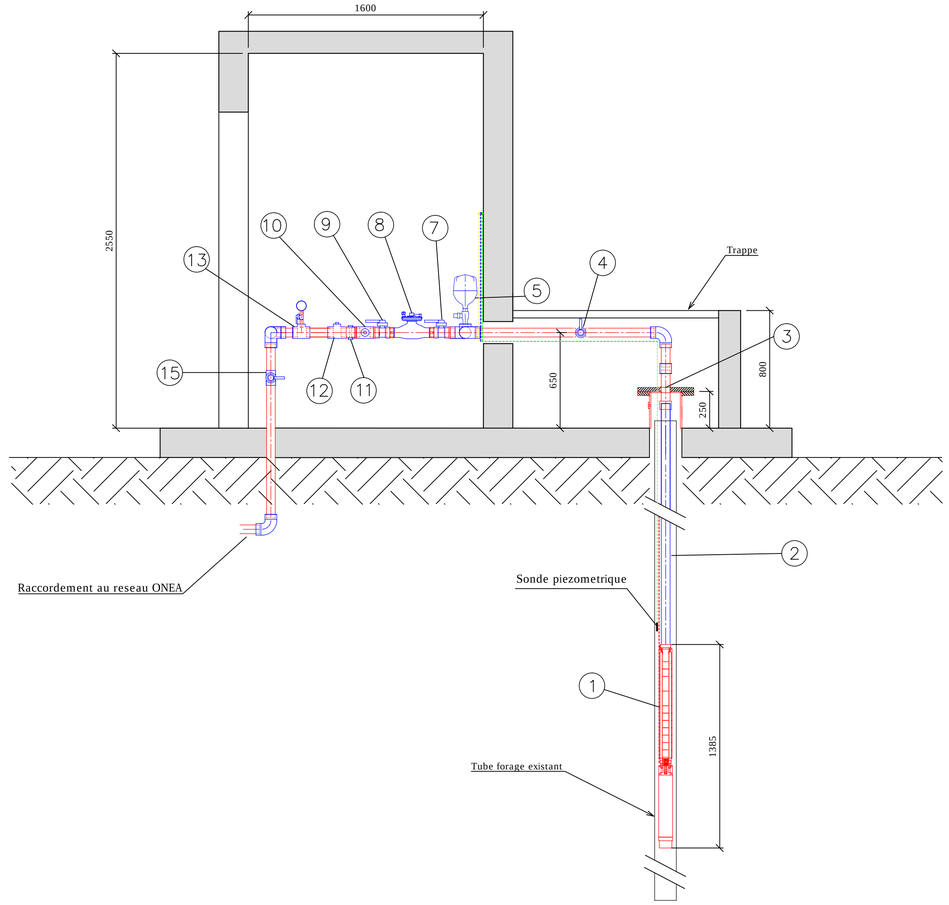
Cable sonde piezometrique

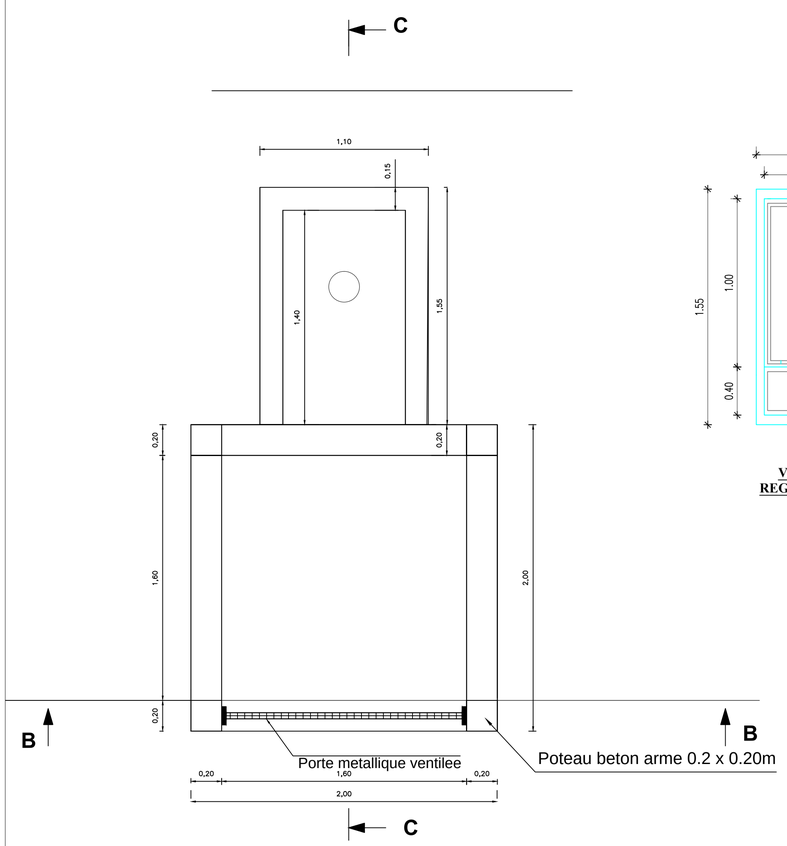
Cable capteur de pression

COUPE B—B

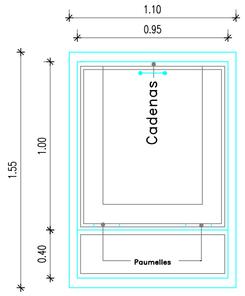


COUPE A—A

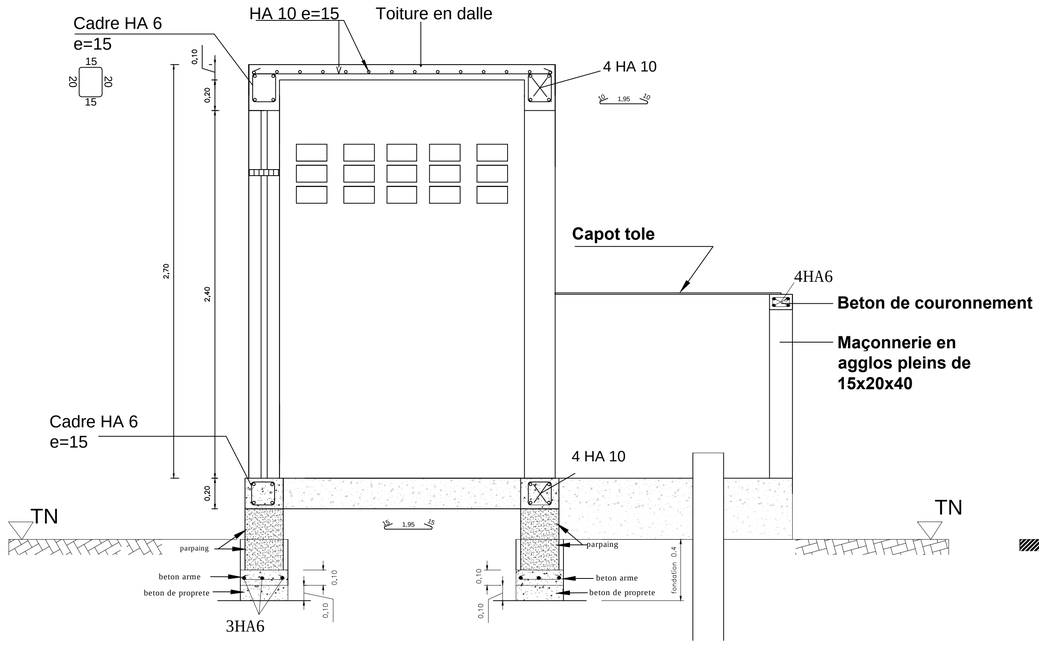




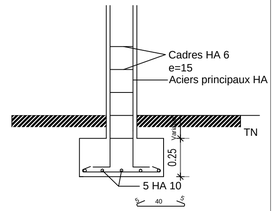
Vue en plan



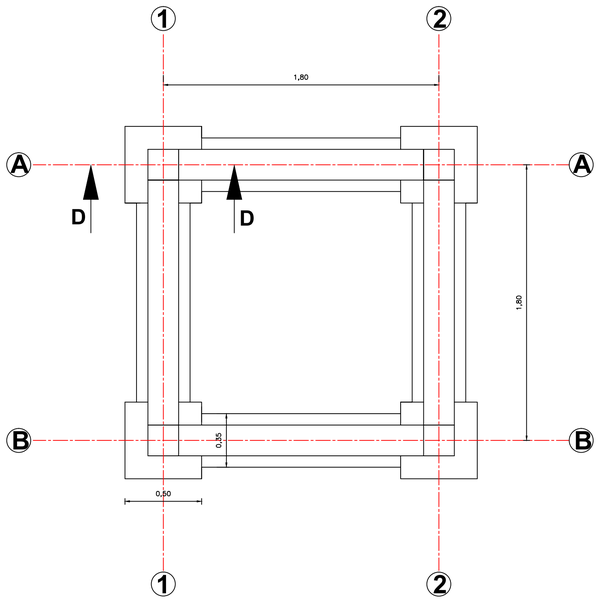
VUE DE DESSUS
REGARD DE FORAGE



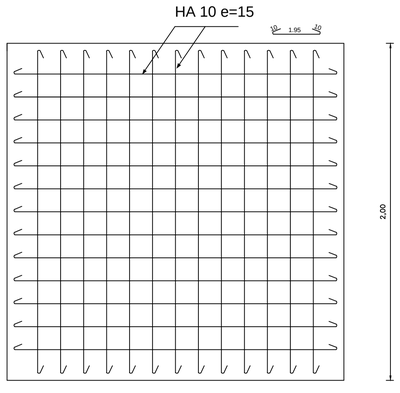
Coupe C-C
Ferraillage



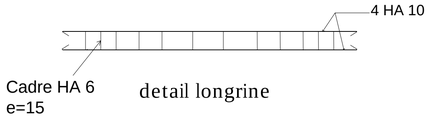
Coupe D-D



PLAN DE FONDATION



PLAN DE FERRAILLAGE
DALLE HAUTE



PLANS D'EXECUTION

ANNEXE 8 : Notice Impact Environnemantal (NIE)

L'évaluation des impacts environnementaux et sociaux est l'un des outils les plus efficaces pour intégrer les préoccupations environnementales dans la prise de décisions. Cette évaluation doit être appliquée dans chaque projet ou activité afin de garantir les intérêts de la protection de l'environnement. L'étude concerne aussi bien les effets bénéfiques que néfastes pour chaque activité.

Selon la gravité des impacts d'un projet, nous pouvons procéder à une Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) ou à une Notice d'impact Environnemental Sommaire (NIES).

Au Burkina Faso, de nombreuses lois et décrets ont été mise en place pour obliger les institutions privée ou publique à prendre en compte le respect de l'environnement dans l'élaboration de leurs travaux et aménagements.

Ainsi le décret du N° 342 du 17/07/2001 subdivise en 3 catégories les projets selon l'importance de leurs impacts sur l'environnement :

Catégorie A : Projets soumis à EIE parce que susceptibles d'avoir des impacts négatifs importants sur l'environnement;

Catégorie B : Projets soumis à NIE parce que impacts négatifs jugés moins importants que dans le premier cas;

Catégorie C : Projets exemptés d'EIE et de NIE car impacts sur l'environnement jugés négligeables

Notre projet de réalisation des Postes d'Injection d'Eau est classé dans la catégorie B et est donc soumis à la réalisation d'une Notice d'Impact Environnemental (NIE)

Identification des impacts : Tableau de Léopold

phase du projet	Activités	Impacts	Milieu Bio physique				Milieu Humain	
			Faune	Flore	Sol	Air	Santé	Economie
préparation du site	Transport des équipements	Perturbation de la circulation						X
		Nuisance sonore					X	
		Accident de circulation					X	X
Construction/Réalisation	Terrassement	Coupe d'arbres	X	X				
		Risque d'accident					X	X
		Perturbation du cadre	X	X	X			
		Nuisance sonore					X	
		Pollution (gaz, poussières)				X	X	
	Construction des locaux	Risque d'accident					X	X
		Perturbation du cadre	X	X	X			
		Nuisance sonore					X	
		Pollution (gaz, poussières)				X	X	
	Installation des équipements	Nuisance sonore					X	
		Risque d'accident					X	X

	Pose de canalisation enterrée	Modification du terrain naturel	X	X	X			
		Risque d'accident					X	X
		Perturbation du cadre (déviation)						X
		Pollution (poussières)				X	X	X
	Travaux d'alimentation en énergie	Nuisance sonore					X	
		Risque d'accident					X	X
Exploitation	Fonctionnement des PIE	fuites						X
		Pannes						X
		Amélioration du cadre de vie					X	X

Evaluation des impacts

L’évaluation de l’importance des impacts est faite suivant 3 critères que sont l’intensité, la portée et la durée.

Critères	Catégorie	Description
Portée spatiale	ponctuelle	Au niveau du site du projet
	Locale	A moins de 10 km du site du projet
	Régionale	A plus de 10 km du site du projet
Intensité	Faible	Effets mineurs n'affectant pas les fonctions naturelles de l'écosystème ou impact légèrement positif ou négatif sur les conditions socio-économiques
	Moyenne	Altération négative modérée des fonctions naturelles de l'écosystème ou impact modérément positif ou négatif sur les conditions socio-économiques
	Forte	Altération négative importante des fonctions naturelles de l'écosystème ou impact considérablement positif ou négatif sur les conditions socio-économiques
Durée	Court terme	Inférieur à 1 an
	Moyen terme	1 à 10 ans
	Long terme	supérieur à 10 ans

Matrice de Fecteau

Impacts	Milieu récepteur	Nature de l'impact	Portée	Intensité	Durée	Importance
Perturbation de la circulation	Economie	Négatif	Locale	Forte	Court terme	Modérée
Nuisance sonore	Santé	Négatif	Ponctuelle	Forte	Court terme	Mineure
Accident de circulation	Santé/Economie	Négatif	Locale	Moyenne	Court terme	Mineure
Coupe d'arbres	Faune/Flore	Négatif	Ponctuelle	Faible	Court terme	Mineure
Risque d'accident	Santé/Economie	Négatif	Ponctuelle	Moyenne	Court terme	Mineure
Pollution (gaz, poussières)	Santé	Négatif	Locale	Moyenne	Moyen terme	Modérée
Modification du terrain naturel	Faune/Flore/sol	Négatif	Ponctuelle	Moyenne	Moyen terme	Mineure
fuites	Economie	Négatif	Ponctuelle	Faible	Court terme	Mineure
Pannes	Economie	Négatif	Ponctuelle	Moyenne	Court terme	Mineure
Amélioration du cadre de vie	Santé/Economie	Positif	Régionale	Forte	Long terme	Majeure

Impacts	Milieu récepteur	Action à mener	Objectif de l'action	Acteur de l'action	Lieu de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi
Perturbation de la circulation	Economie	Panneau de signalisation de travaux/Transport en dehors des heures de pointes	Signaler l'exécution de travaux et permettre une meilleure fluidité dans les déplacements	Entreprise	Dans la commune	Pendant la durée des travaux	constat d'accident
Nuisance sonore	Santé	Utilisation d'appareil émettant des bruits faible/sensibilisation de la population environnante sur les désagréments	Amener les riverains à comprendre les désagréments, Assurer la sécurité du personnels, diminuer le bruit	Entreprise	Sur le site	Pendant la durée des travaux	Nombre de plainte
Accident de circulation	Santé/Economie	Panneau de signalisation de travaux/Transport en dehors des heures de pointes	Signaler l'exécution de travaux et permettre une meilleure fluidité dans les déplacements	Entreprise	Dans la commune	Pendant la durée des travaux	constat d'accident
Coupe d'arbres	Faune/Flore	Reboisement	Permettre un renouvellement de la flore et de la faune	Entreprise	Dans la commune	sur 2 ans	Nombre d'arbre planté

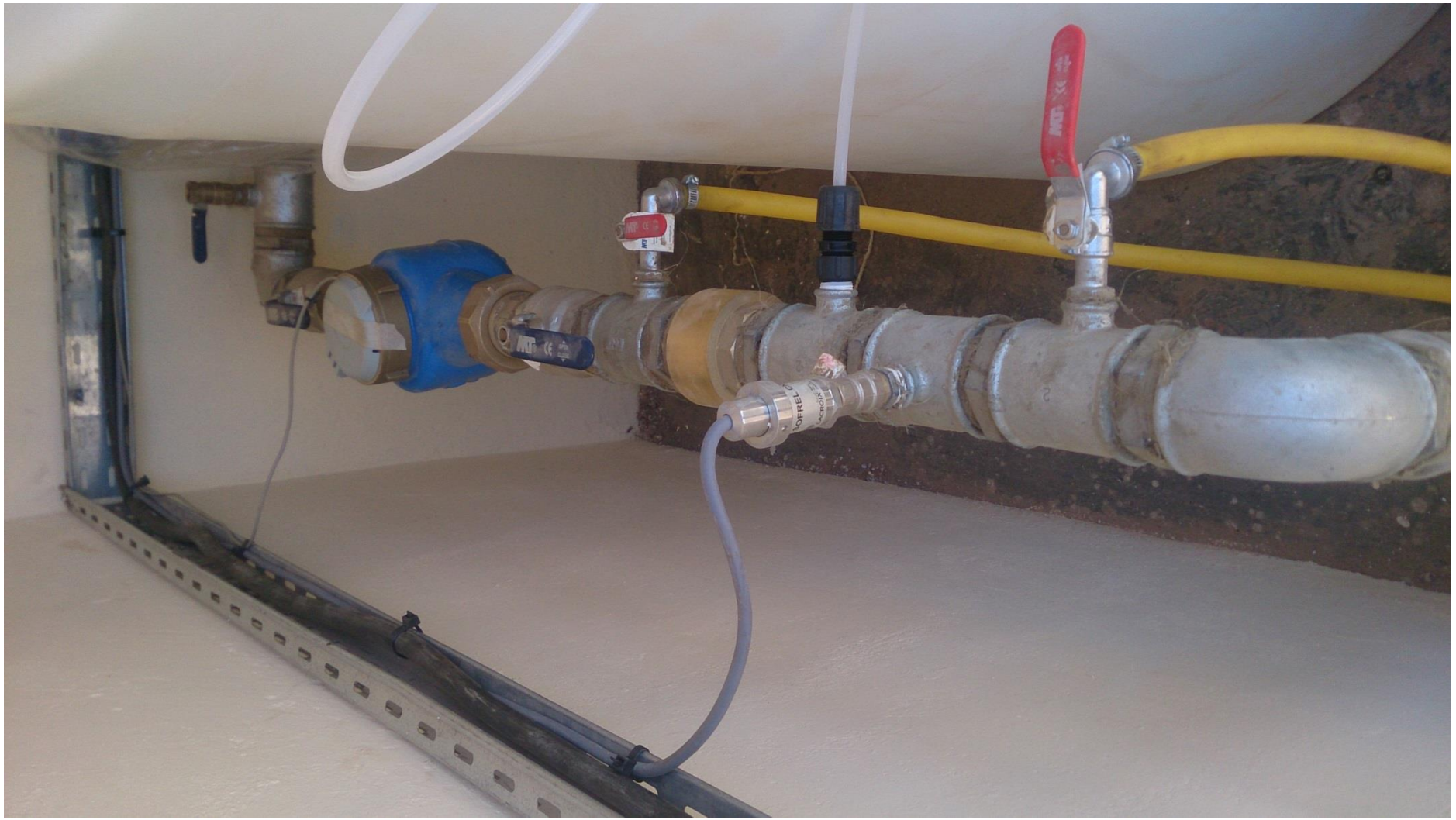
Risque d'accident	Santé/Economie	Appliquer les mesures de sécurité (port de casque, chaussures de sécurité, etc)	Assurer la sécurité du personnel	Entreprise	Sur le site	Pendant la durée des travaux	constat d'accident
Pollution (gaz, poussières)	Santé	Capotage des installations/filtres	Réduire la pollution par les gaz et la poussière	Entreprise	Sur le site	Pendant la durée des travaux	Nombre de plainte
Modification du terrain naturel	Faune/Flore/sol	Remise en état des lieux/Reboisement	Permettre un renouvellement de la flore et de la faune, remettre à l'état initial le site	Entreprise	Sur le site	sur 2 ans	Etat du terrain après les travaux
fuites	Economie	Maintenance/Entretien	Eviter les problèmes de fuite et arriver à une intervention rapide	Maitre d'œuvre (ONEA)	Sur le site	Pendant la durée de vie des installations	Rapport de d'entretien
Pannes	Economie	Maintenance/Entretien	Eviter les problèmes de fuite et arriver à une intervention rapide	Maitre d'œuvre (ONEA)	Sur le site	Pendant la durée de vie des installations	Rapport de d'entretien
Amélioration du cadre de vie	Santé/Economie	Maintenance/Entretien	Permettre la pérennité des PIE	Maitre d'œuvre (ONEA)	Dans la région	Pendant la durée de vie des installations	Taux accès à l'eau potable/Nombre de coupure d'eau signalé

ANNEXE 9 : Devis quantitatif et Estimatif

N°	DESIGNATION	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
I	**INSTALLATION DE CHANTIER-ETUDE TECHNIQUE**				
I.1	Installation et repli de chantier	FF	1	2500000	2 500 000
I.2	Etudes techniques d'exécution détaillée (plans d'exécution des ouvrages)	FF	1	1000000	1 000 000
I.3	Etablissement de plans de recollement des ouvrages exécutés	FF	1	500000	500 000
	TOTAL I				4 000 000
II	**FOURNITURES ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION**				
II.1	**Pompes**				
II.1.1	Fourniture et installation de pompe immergée SP5A-21	U	2	3000000	6 000 000
II.1.2	Fourniture et installation de pompe immergée SP9-13	U	1	3000000	3 000 000
II.1.3	Fourniture et installation de pompe immergée SP9-16	U	3	3000000	9 000 000
II.1.4	Fourniture et installation de pompe immergée SP11-15	U	2	3000000	6 000 000
II.1.5	Fourniture et installation de pompe immergée SP14-13	U	1	3500000	3 500 000
II.1.6	Fourniture et installation de pompe immergée SP14-17	U	1	3500000	3 500 000

II.1.7	Fourniture et installation de pompe immergée SP14-20	U	1	3500000	3 500 000
II.1.8	Fourniture et installation de pompe doseuse série G	U	11		-
II.1.9	Fourniture et installation d'agitateur	U	11		-
II.1.10	Construction de la tête de forage	U	11	50000	550 000
II.1.11	Bac de dosage	U	11	500000	5 500 000
II.2	**Conduite de refoulement**				
II.2.1	Fourniture et pose de colonne montante en polyuréthane bleu 2"	ml	594	4000	2 376 000
II.2.2	Fourniture et pose de conduite en Galva 2"	ml	77	9000	693 000
II.2.3	Fourniture et pose de conduite en PEHD DN 63 PN 16	ml	395	6500	2 567 500
II.2.4	Fourniture et pose de conduite en PEHD DN 90 PN 16	ml	634	7500	4 755 000
II.3	**Accessoires de robinetteries et jonctions**				
II.3.1	Robinet vanne 1/4 T	U	33	10000	330 000
II.3.2	Coude	U	83	10000	830 000
II.3.3	Compteur	U	11	30000	330 000
II.3.4	Vanne d'isolement	U	12	20000	240 000
II.3.5	Té	U	10	10000	100 000
II.3.6	Embout	U	12	10000	120 000
II.3.7	Clapet anti-retour	U	11	25000	275 000
	TOTAL II				47 666 500

III	OUVRAGES ANNEXES ET PRESTATIONS DIVERSES				
III.1	Construction du local	U	11	700000	7 700 000
III.2	Fourniture de pièces de rechange pour l'entretien du réseau	FF	1	1000000	1 000 000
III.3	Fourniture de pièces de rechange pour l'entretien électromécanique	FF	1	1000000	1 000 000
III.4	Formation et suivi de l'exploitant	FF	1	1000000	1 000 000
	TOTAL III				10 700 000
IV	**Equipements électriques et de télégestion**				
IV.1	Alimentation en énergie	FF	1	224419099	224 419 099
IV.2	Armoire électrique	U	11	1000000	11 000 000
IV.3	capteur et appareil de télégestion	FF	1	10000000	10 000 000
IV.4	Autres (disjoncteurs, contacteurs, relais)	FF	1	5000000	5 000 000
	TOTAL IV				250 419 099
V	**Divers**				30 000 000

TOTAL HT	342 785 599
TVA	18%
TOTAL	404 487 007
Prestation de service (10% du budget)	40 448 701
TOTAL GENERAL	444 935 708

ANNEXE 10 : Photos