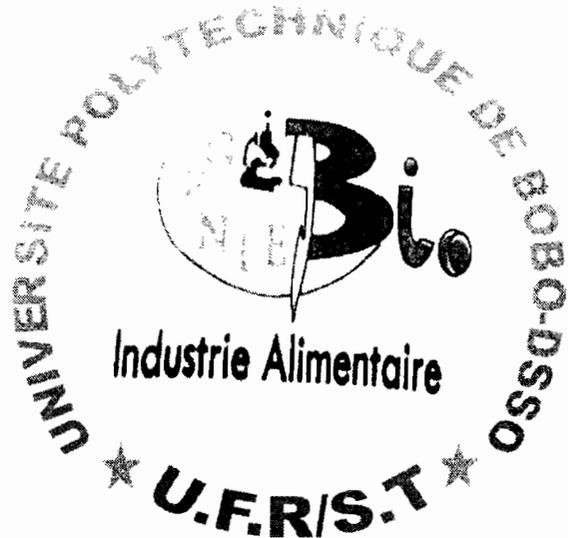


UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

UNITE DE FORMATION ET DE
RECHERCHE EN SCIENCES
ET TECHNIQUES
(UFR/ST)



Office national de l'eau
et de l'assainissement



RAPPORT DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Licence

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Biologique

Spécialité : Agroalimentaire

**THEME : « TRAITEMENT DES EAUX AGRESSIVES AU
CARBONATE DE CALCIUM : CAS DE NASSO »**

Soutenu par :
SOME Naawin-ni-afang

Directeur de rapport :

Dr MILLOGO Younoussa

Maître de stage :

Mr DABRE Hadara

DEDICACE

A mes parents pour leur soutien multiforme pendant et pour la réalisation du travail ;

A tous mes frères et sœurs qui nous ont soutenus :

A tous mes encadreurs pédagogiques.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas abouti sans la contribution et les encouragements de certaines personnes que nous tenons à remercier sincèrement. Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux et toutes celles qui, malgré leurs multiples occupations, ont accepté de nous guider et de nous accompagner durant ce travail.

Nos remerciements vont à l'endroit de :

- Docteur MILLOGO Younoussa, notre directeur de rapport pour le suivi et l'encadrement rigoureux du travail malgré ses nombreuses occupations ;
- Monsieur le Directeur régional de l'ONEA Bobo-Dioulasso qui a bien voulu nous accepter au laboratoire pour effectuer ce stage ;
- Monsieur DABRE Hadara, ingénieur de travaux en chimie, chef du laboratoire régional de Bobo-Dioulasso, notre maître de stage pour son appui technique, son encadrement et ses conseils pour la réussite de ce travail ;
- Mademoiselle BABINE Rachel, technicienne supérieure en chimie pour son appui conseil ;
- Mademoiselle OUOBA Alice, agent de laboratoire pour son appui technique et conseils ;
- l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso et l'ensemble du corps enseignant pour la formation de qualité accordée durant ces trois années d'étude.

Nous n'oublierons pas de remercier tous nos amis et camarades stagiaires sans exception pour leurs soutiens, conseils et encouragements durant cette période passée au laboratoire.

A tous et toutes, nous réitérons nos sincères remerciements et franche reconnaissance.

Table des matières

DEDICACE.....	II
REMERCIEMENTS.....	III
LISTE DE TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	VII
RESUME	VIII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL.....	3
I.1. Historique	3
I.2. Objectifs et missions de l’ONEA.....	4
I.3 Présentation administrative	5
II. PRÉSENTATION DU LABORATOIRE RÉGIONAL DE BOBO-DIOULASSO	6
III.PRÉSENTATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DE L’EAU DE NASSO	7
IV .GENERALITES SUR L’EAU	8
IV.1. Définition.....	8
IV.2. Importance de l’eau dans la vie	9
✓ L’activité de l’eau (a _w).....	9
✓ Importance	9
IV.3.Caractérisation des eaux brutes.....	10
IV.3.1. Eaux agressives.....	11
IV .3.2 Eaux incrustantes	11
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES.....	12
I. Matériels.....	12
I.1 Site de l’étude.....	12
I.2 Echantillonnage	12
I.3 Consommables	13
II.MÉTHODES	13
II.1 Les étapes de traitement de l’eau	13
- L’Aération	13
- La Reminéralisation/ mise en équilibre	14
- Désinfection.....	14
II.2. Détermination des paramètres physiques	16
II.2.1 Potentiel d’hydrogène (pH) et la température.....	16

II.2.2 Conductivité.....	16
II.2.3 Potentiel hydrogène de saturation (pHs)	16
II.3.Détermination des paramètres chimiques.....	17
II.3.1. Titre alcalimétrique(TA) / Titre alcalimétrique complet(TAC).....	17
II.3.2. CO ₂ agresif	18
II.3.3. Titre Hydrométrique ou Dureté totale (TH)	18
II.3.4. Calcium (dureté calcique Tca).....	19
II.3.5. Magnésium	19
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION	20
Tableau1 : Paramètres physiques et chimiques de l'eau brute ayant permis d'exploiter le diagramme de Hollopeau et Dubin	20
Tableau2 : Valeurs théoriques de l'équilibre de l'eau obtenues sur le diagramme de HOLLOPEAU et DUBIN et indice de LANGELIER(I _L)	21
Tableau 3 : Moyenne de tous les paramètres physiques et chimiques de l'eau en suivi-évaluation ...	22
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	28
ANNEXES.....	i

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

APE : Approvisionnement en Eau Potable

°C : degré Celsius

CaCO₃ : carbonate de calcium

Ca²⁺ : ion calcium

CaO : chaux

EBS : Eau Brute de Source

°F : degré français

g : gramme

LRB : Laboratoire Régional de Bobo-Dioulasso

méq/L : milliéquivalent par litre

mg/L : milligramme par litre

Mg²⁺ : ion magnésium

ml : millilitre

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONEA : Office national de l'eau et de l'assainissement

pH : Potentiel Hydronium /d'hydrogène

pH_s/pH_e : potentiel d'hydrogène de saturation/ potentiel d'hydrogène d'équilibre

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrométrique

UNICEF : organisation des Nations Unies pour l'Enfance

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres physiques et chimiques de l'eau brute ayant permis d'exploiter le diagramme de Hallopeau et Dubin..	20
Tableau 2 : Valeurs théoriques de l'équilibre de l'eau obtenues sur le diagramme de HOLLOPEAU et DUBIN et indice de LANGELIER(I _L).....	21
Tableau 3 : Moyenne de tous les paramètres physiques et chimiques de l'eau en suivi-évaluation.....	(22-24)
Tableau 4: Résultat expérimental du pH d'équilibre de l'eau brute de source par analyse au laboratoire.....	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les aérateurs de la station de traitement de Nasso.....	annexe viii
Figure 2 : Les pompes dans la salle de pompage.....	annexe viii
Figure 3 : Les anti-béliers au niveau de la station de traitement.....	annexe ix
Figure 4 : Bassin de reminéralisation de la station de Nasso.....	annexe ix
Figure 5 : Diagramme de production de l'eau potable à la station de Nasso.....	15
Figure 6 : Diagramme de J Hallopeau et Dubin.....	17
Figure 7 : Matériel de prélèvement et produits utilisés.....	annexe x
Figure 8 : Matériel d'analyse physico-chimique	annexe xi
Figure :9,10,11,12,13et14 : situation de l'eau sur le diagramme de Hallopeau et Dubin respectivement des échantillons du 29/12/2014 au 02/02/2015.....	annexe (ii-vii)

RESUME

Le présent travail a consisté à la détermination des caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute de Nasso et au traitement de cette eau afin de la ramener à l'équilibre. Nous avons effectué des échantillonnages sur le site à différents niveaux à savoir l'eau brute (captage+forage), à la sortie des aérateurs, à la sortie des filtres et à la sortie de la station. L'échantillonnage a été effectué six (06) fois et la fréquence est d'une semaine. A chaque échantillonnage, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques à savoir les mesures du pH, de la température, du TAC, du Tca et ensuite exploité les résultats de ces paramètres de l'eau brute sur le diagramme de Hallopeau et Dubin. Les résultats obtenus sur le graphique ont montré que l'eau de Nasso a un caractère agressif. Pour ramener cette eau à la neutralité, il était impératif d'éliminer le CO₂ dissout. Cette élimination passe par l'aération suivie de la neutralisation au Carbonate de calcium (CaCO₃).

Mots clés : Eau de Nasso, Caractéristiques physico-chimiques, Diagramme de Hallopeau et Dubin, Carbonate de calcium

INTRODUCTION

Source de vie et objet de culte depuis les origines de l'homme [1], l'eau est tout simplement la vie [2]. En effet, l'eau répond aux besoins fondamentaux de l'homme à savoir gérer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, la pêche, la production d'énergie, l'industrie, transport et tourisme. L'eau est aussi vitale pour les écosystèmes du monde; elle représente pour un adulte, 60% de son poids corporel, 75% chez le nourrisson [3]. Ces différents rôles que joue l'eau montrent à quel point il est indispensable d'en avoir accès.

Cependant, les multiples utilités de l'eau, l'action de l'homme sur l'eau, les conditions climatiques et les situations géographiques font que l'accès à l'eau est devenu aujourd'hui un problème crucial dans le monde. Plus de 1,2 milliards d'habitants n'ont pas accès à l'eau potable dans l'union européenne, 20% de toutes les eaux de surface sont gravement menacées par la pollution [2]. Le rapport du 25^e anniversaire du programme commun OMS/UNICEF a montré qu'en Afrique subsaharienne, 319 millions de personnes n'ont pas accès à un point d'eau potable.

Le Burkina Faso étant un pays sahélien et continental, il ne dispose pas d'une quantité suffisante d'eau de surface et se réfère aux eaux souterraines. En 2005, le taux d'accès en eau potable était de 60% en milieu rural et 74% en milieu urbain [3]. La ville de Bobo-Dioulasso voit sa population alimentée d'eau potable grâce aux différentes nappes du village de Nasso. Ces eaux issues des nappes sont des eaux brutes et doivent être traitées avant leur distribution. C'est l'Office national de l'eau et de l'assainissement (ONEA) à travers sa direction régionale de l'Ouest qui est chargé de l'exploitation, la production et la distribution d'eau potable dans la ville de Bobo-Dioulasso. La production suit des étapes de traitement dont le but est de rendre l'eau brute en eau de boisson potable. Ce traitement nécessite des réactifs comme le carbonate de calcium. Mais quelle quantité de carbonate de calcium faut-il allouer dans le traitement ? C'est pour répondre à ces questions que nous avons effectué une étude au laboratoire régional de l'ONEA Bobo qui a pour thème : « **traitement des eaux agressives au CaCO₃ : cas de Nasso** ». L'objectif général de ce travail est de déterminer le caractère de l'eau brute de Nasso et de s'imprégner des moyens mis en œuvre pour traiter des telles eaux.

Le présent rapport est structuré en trois grandes parties :

- la première partie concerne la synthèse bibliographique ;
- la deuxième partie est consacrée au matériel et méthodes utilisés ;

- et la troisième partie présente les résultats obtenus de notre étude suivis d'une discussion.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1. Historique

L'Energie de l'Afrique Occidentale Française (EAOF) assurait à la fois la gestion de l'eau et de l'électricité dans le temps colonial. En 1960, l'indépendance du Burkina Faso apportera beaucoup de changements dans l'entreprise. C'est ainsi qu'en 1960 fût créée la Société Africaine d'Electricité (S.AF.Elect) chargée de la gestion de l'eau et de l'énergie. Le 1^{er} Janvier 1970, il eut une séparation notable entre la gestion de l'eau et de l'énergie. De cette séparation, la Société Nationale de l'Eau (S.N.E) vit le jour et fût chargée uniquement de la gestion de l'eau et indépendante de la S.AF.Elect. La S.N.E bénéficiera du statut juridique de Société Anonyme (S.A) de droit privé. Le 13 Janvier 1970, il eut signature de convention pour la gestion de services de distribution d'eau entre la S.N.E et l'Etat du Burkina Faso. En 1976, une politique nationale de l'eau fût élaborée et en 1977, la gestion de l'eau fût transférée dans le domaine public suivi de la création de l'Office National de l'Eau (O.N.E) le 24 avril 1977. L'O.N.E bénéficiera du statut d'Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (E.P.C.I.C). Le 1^{er} novembre 1977, les activités de l'O.N.E débutèrent par la gestion du système d'approvisionnement en eau potable. En 1984, le volet assainissement fût ajouté aux activités de l'O.N.E, qui deviendra ainsi le 10 octobre 1984 l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (O.N.E.A) et héritera du statut juridique de l'O.N.E le 28 juillet 1985 par le décret n°85/387/CNR/PRES/Eau.

OUAGADOUGOU

Les travaux d'Approvisionnement en Eaux Potables (A.E.P) commencent entre 1951 et 1952 avec la construction d'une station de pompage d'eau, traitée sur le barrage N°3. La première société d'énergie et de l'eau, l'EAOF (Energie de l'Afrique Occidentale Française) fit son apparition en 1954 sous la haute volta. La Société Africaine d'Eau et d'Electricité (SAFLECT créée en 1960) prend la relève de l'EAOF qui fut à son tour remplacée par la Société Voltaïque d'Eau et d'Electricité (VOLTELEC crée en 1968) pour la gestion d'eau et d'électricité. Mais le 1^{er} janvier 1970, il ya séparation des activités de l'eau et de l'électricité. La Société Nationale des Eaux (S.N.E) fut créée et chargée de la production et de la distribution d'eau. La convention de gérances entre l'Etat et la SNE est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1970 pour les installations APE de Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koudougou, Kaya, Dori et Banfora.

BOBO-DIOULASSO

La ville de Bobo-Dioulasso fut alimentée en eau potable depuis la fin de la deuxième guerre mondiale.

1948-1951 : construction d'une station de pompage et de traitement d'eau de Nasso.

1958-1959 : construction d'un réservoir de 1000m³ à Bolomakoté.

1973-1975 : construction d'un château d'eau de 500m³ à Sarfalao, d'une station de traitement à Nasso et de deux réservoirs de 1500m³ à Bolomakoté.

1992-1993 : construction d'un château de 1900m³ à Lafiabougou.

1998-2000 : construction d'une nouvelle station de pompage, de traitement et de relevage à Nasso et à Bama. Le système d'alimentation de la ville en eau potable fut renforcé. Les travaux ont prit fin le 24 mars 2000.

De 1960 jusqu'en 1997, l'approvisionnement en eau potable (AEP) était sous la gestion d'entreprises privées.

CREATION DE L'ONEA

Créé par décret n°85/387/CNR/PRES/EAU du 22/07/1985, l'ONEA bénéficiera du statut de société d'Etat le 1^{er} janvier 1996.

1977 : création de l'Office National des Eaux (ONE) qui se charge de la gestion de toutes les entreprises et opérations de stockage, de traitement, d'épuration, de transport et de distribution d'eau brute et potable.

10 octobre 1984 : le ministère de l'eau est réorganisé et les activités de l'ONE sont étendues à l'assainissement.

22 juillet 1985 : création de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) qui est aujourd'hui une société d'Etat au capital de 3080 milliards de franc CFA.

1990 : restructuration de l'entreprise.

1994 : contrôle de la qualité de l'eau assuré par un laboratoire moderne.

20 juin 2012 : l'ONEA obtint la certification de la norme ISO 9001 version 2008 ; cette certification s'expire en 2015.

I.2. Objectifs et missions de l'ONEA

L'ONEA est une société étatique placée sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) et sous la gestion :

- du Ministère du Commerce, de la Promotion de l'Entreprise et de l'Artisanat (MCPEA) ;

- du Ministère de l'Économie et des Finances (MEF)

Ses objectifs et missions sont :

- la production et la distribution de l'eau potable, l'assainissement des eaux usées et excréta dans les centres urbains ;
- 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 excréta en milieu urbain et semi-urbain.

I.3 Présentation administrative

L'O.N.E.A du Burkina Faso est administré par une direction générale installée à Ouagadougou. Elle est composée de directions centrales comme suit :

- la Direction Financière ;
- la Direction des Ressources Humaines ;
- la Direction de l'Exploitation ;
- la Direction de la Planification et des Investissements ;
- la Direction de l'Assainissement ;
- la Direction Clientèle ;
- la Direction de Maîtrise d'œuvre de ZIGA ;

En plus des Directions Centrales, il ya trois (03) Directions rattachées à la Direction de l'Exploitation :

- la Direction Régionale d'Ouagadougou ;
- la Direction des centres auxiliaires (Nord Ouest et Est) ;
- la Direction régionale de Bobo-Dioulasso.

La Direction Régionale de Bobo-Dioulasso est structurée en six services :

- le service réseau ;
- le service production ;
- le service gestion clientèle ;
- le service assainissement ;
- le service gestion des ressources humaines ;
- et le service système de l'information géographique

Le traitement de l'eau et le suivi de sa qualité relèvent du service de production qui se compose de la station de traitement de Nasso, du laboratoire d'analyses des eaux et de la section maintenance.

II. PRÉSENTATION DU LABORATOIRE RÉGIONAL DE BOBO-DIOULASSO

Le laboratoire régional de Bobo-Dioulasso est un laboratoire chargé d'une part d'analyser les eaux usées déversées par les différentes usines de Bobo-Dioulasso suivant les normes de rejet et d'autre part de contrôler la qualité de l'eau potable distribuée dans la ville depuis la source jusqu'aux Bornes Fontaines(BF) en passant par la station de traitement, les châteaux et réservoirs. Il est situé au secteur 5 de Bobo-Dioulasso et s'est limité à l'Est par la maison de la culture, à l'Ouest par l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), au Nord par l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest et au Sud par le rond-point du cinquantenaire.

Le laboratoire comprend :

- une sous-section chimie générale¹ consacrée à l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau (potentiel d'hydrogène, conductivité, température, turbidité, chlore libre, titre hydrométrique, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, la dureté calcique et magnésienne, les chlorures) ;
- une sous- section chimie générale² pour la détermination par spectrophotométrie des ions (fer, nitrate, nitrite, ortho-phosphate, chrome, sulfate, cyanure), la chlorophylle A et les matières en suspension (MES) ;
- une sous- section de microbiologie où la qualité microbiologique de l'eau, principalement orientée sur la recherche de coliformes fécaux et totaux (germes de contamination d'origine fécale), est déterminée ;
- une sous- section d'analyse des eaux usées : cette section est réservée à l'analyse des eaux de rejet d'une part par des usines raccordées au réseau d'égout de l'ONEA telle que la BRAKINA , la SN-CITEC, la SOFIB, l'ABATTOIR et d'autre part des eaux des bassins d'épuration de DOGONA afin de s'assurer de leur conformité aux normes de rejet. Les analyses effectuées sont la température, la conductivité, le potentiel d'hydrogène, l'oxygène dissout, la demande biochimique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote Kjeldahl.

III. PRÉSENTATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DE L'EAU DE NASSO

La station de Nasso comporte un bâtiment de traitement de l'eau brute, un réservoir intermédiaire, une salle de pompage, des anti-béliers et un laboratoire d'analyse.

- Le bâtiment de traitement

Ce bâtiment comprend une unité de mise en équilibre calco-carbonique de l'eau et une unité de désinfection. Une nouvelle unité de mise en équilibre s'est installée en 2014 pour répondre à la demande croissante en eau des populations.

En ce qui concerne la première unité, elle est constituée de 06 ruisselleurs munis chacun d'un aérateur et d'un bassin de filtration pour l'ancienne unité, de 03 ruisselleurs munis chacun d'un aérateur et d'un bassin de filtration pour la nouvelle station. Dans cette unité, deux grandes opérations sont menées à savoir l'aération et la réminéralisation (mise en équilibre). L'aération est réalisée par les aérateurs qui ont pour rôle de chasser le dioxyde de carbone (CO₂) dissout dans l'eau et de favoriser le rehaussement de pH, facilitant sa mise en équilibre. La **Figure 1** montre les aérateurs de la station de Nasso en annexe ii.

Chaque bassin de filtration a une forme rectangulaire de 9m de long sur 4m de large soit 36m² de surface. Il est constitué d'un lit de sable surmonté d'une couche de carbonate de calcium. Pour la réminéralisation, l'eau aux sorties des aérateurs, passe à travers la couche de carbonate avant de traverser le lit de sable pour une meilleure filtration. La hauteur du bassin allant de la couche de carbonate jusqu'à la base des aérateurs est de 1,55m prévue par le concepteur. Une hauteur supérieure à celle-ci témoigne d'une consommation de carbonate et alerte d'un nouveau chargement.

L'unité de désinfection comprend deux électrolyseurs de chlore de type Wallace and Terman modèle OSECB, un bac dissolvant, six pompes doseuses asservies et un bac de conservation du chlore. C'est ce chlore produit qui assure la désinfection de l'eau une fois qu'elle quitte les bassins de filtration. Cette opération trouve sa noblesse grâce aux pompes doseuses qui envoient au passage de l'eau, avec un débit donné, la quantité de chlore qu'il faut pour une destruction massive ou totale des microorganismes. Après désinfection, l'eau est stockée dans le réservoir intermédiaire.

- Le réservoir intermédiaire et la salle de pompage

Le réservoir intermédiaire comporte un bassin de stockage de 850 m³ et une bache d'eau de rinçage de 150 m³. Le bassin de stockage sert de bache d'aspiration à la station de pompage. Il

a pour rôle de stocker l'eau désinfectée qui sera refoulée dans les différents réservoirs et châteaux à l'aide de pompe de refoulement.

La salle de pompage comprend sept (07) pompes. Trois de ces pompes plus une réserve refoulent l'eau vers les réservoirs de Bolomakoté (R.bolo) et le château d'eau de Lafiabougou (CH. lafia). Avec une capacité de 40 000 m³, R.bolo envoie l'eau dans la zone d'influence n° 01, puis relève l'eau vers les châteaux d'eau de Sarfalao (CH. sarfa) et Kua (CH.kua). Le CH.sarfa sert la zone d'influence n° 03 et le CH.kua sert à son tour la zone d'influence n° 04. Quant au CH.lafia, il sert la zone d'influence n° 02. Deux(02) autres pompes plus une réserve alimentent le réservoir de Bama (R.bama) qui sert la zone d'influence n° 05. Une zone d'influence est la zone où l'eau est distribuée d'un réservoir ou d'un château d'eau vers les bornes fontaines et les robinets des consommateurs. La salle de pompage comprend aussi une salle de commande et de supervision dotée d'un tableau synoptique matérialisant toute la chaîne de production, d'un ordinateur permettant de suivre tout le système de production, le fonctionnement et la commande de toutes les installations de production. La **figure2** en annexe ii montre la disposition des pompes dans la salle de pompage :

- **Les anti-béliers**

Des réservoirs anti-béliers sont intégrés au niveau des deux grandes conduites d'amener d'eau de la station vers la ville. Munis de compresseurs, leur rôle est de réguler la pression et le débit d'eau entrant ou de retour dans les conduites assurant ainsi leur protection. La **figure3** en annexe iii montre les anti-béliers au niveau de la station.

- **Le laboratoire d'analyse**

Il est doté de quelques appareils comme le turbidimètre, le pH-mètre et des burettes contenant les réactifs pour la détermination du chlore résiduel. Cette unité de proximité a pour rôle de veiller au maintien de la qualité de l'eau produite en se basant sur les paramètres comme la turbidité, le pH et le chlore résiduel. Ces paramètres sont contrôlés chaque deux heures, les valeurs comparées aux normes fixées par l'ONEA afin de relever les non conformités et d'apporter des mesures correctives immédiates au cours de la production.

IV .GENERALITES SUR L'EAU

IV.1. Définition

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur terre. L'eau est quelquefois désignée sous le nom de « solvant universel » [4].

L'eau potable est celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit répondre à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.) et à des substances indésirables et toxiques (nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempt d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie. Les normes de potabilité de l'eau diffèrent d'un pays à l'autre et celles proposées au Burkina Faso par l'ONEA répondent aux exigences de l'OMS [5].

IV.2. Importance de l'eau dans la vie

✓ L'activité de l'eau (a_w)

Du point de vue chimique et biologique, l'activité de l'eau est une grandeur qui correspond à la disponibilité de l'eau pour des réactions de toute nature. Pour les aliments riches en eau comme les fruits et légumes, la viande et produits de mer, les racines et tubercules..., cette activité de l'eau les expose à des altérations alimentaires et compromet leur qualité. Des techniques de conservations basées sur la maîtrise de l'activité de l'eau sont donc nécessaires pour maintenir la qualité de ces aliments. On peut citer le séchage, la concentration, la lyophilisation et le salage. L'eau est indispensable pour le développement de toute vie. Ainsi, les microorganismes comme les levures, les moisissures et bactéries voient leur prolifération accélérée à $a_w \geq 0,6$.

✓ Importance

L'eau est un élément clé du développement. En effet, elle permet de gérer et d'entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, de la pêche, la production d'énergie, de l'industrie, des transports et du tourisme. Aussi, l'eau est vitale pour les écosystèmes (directive-cadre de l'eau). Ce rôle physiologique selon J.M Fresnel se résume en [6]:

- l'eau constitue la plus grande masse des êtres vivants, plus de 50% pour la majorité des cas, et plus de 70% pour l'homme :
- l'eau est idéalement adaptée pour jouer le rôle de milieu et de matrice pour le développement du vivant :
- c'est au contact de l'eau que s'effectuent la plupart des réactions chimiques, biochimiques et physiques dont dépend la vie sur la terre.

IV.3.Caractérisation des eaux brutes

Les eaux brutes sont des eaux n'ayant subi aucun traitement visant à les clarifier ou à les rendre potables. On les retrouve sous forme d'eau de surface (lacs, fleuves, barrage, rivières), d'eau de source (forages, puits), d'eau atmosphérique (pluie, neige, grêle). Ces eaux naturelles lors de leur passage dans l'atmosphère, dissolvent les gaz contenus dans l'air (oxygène, azote, dioxyde de carbone). Au cours de son infiltration dans le sol, l'eau va solubiliser les ions en quantité d'autant plus importante que ceux-ci sont solubles (Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Fe²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻) [8].

Le CO₂ présent dans l'eau résulte également d'une activité bactérienne de consommation des matières organiques présentes dans le sol (humus). Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau forme l'acide carbonique et va, par son acidité, contribuer à accroître le pouvoir dissolvant de l'eau, notamment vis-à-vis des composés alcalino-terreux (calcium et magnésium).

La nature de la structure géologique du sol qui recueille, draine et stocke l'eau contribue à déterminer la composition minérale de celle-ci : les massifs granitiques peu solubles vont être associés à des eaux peu chargées en sels, mais qui pourront contenir beaucoup de CO₂ (en fonction de la qualité des couches supérieures). A l'inverse les zones calcaires et karstiques vont produire des eaux à fortes concentrations ioniques. En fonction de la minéralisation, on pourra classer les eaux en eaux dures et eaux douces. Les eaux dures sont celles qui ont une forte concentration ionique. Les eaux douces par contre ont une faible concentration en sels [8].

Par définition, les eaux douces sont des eaux qui contiennent peu de sels de calcium ou de magnésium et les eaux dures en contiennent des quantités élevées. A titre d'exemple, une eau ayant un TH de 1 °F est dite douce alors qu'une eau ayant un TH de 30 °F est dite dure.

En fonction de la minéralisation (TH et TAC définis), Tillmans a montré qu'il existe un pH dit pH de saturation (pH_s) ou pH d'équilibre au-delà duquel il va être observé une précipitation des ions calcium et bicarbonate sous forme de carbonate de calcium. Ce

précipité (couche de Tillmans) joue un rôle protecteur des parties métalliques vis-à-vis de l'eau. Les eaux peuvent donc être classées en fonction de la valeur de leur pH par rapport à leur pHs :

- si le pH est supérieur au pH d'équilibre, les eaux ont tendance à déposer du CaCO₃, elles sont dites entartrantes (incrustantes) ;
- si le pH est inférieur au pH d'équilibre, les eaux ont tendance à dissoudre du Carbonate de calcium, elles sont dites agressives.

IV.3.1. Eaux agressives

Elles se caractérisent par un pH faible, une quantité de CO₂ agressif élevée. C'est ce dioxyde de carbone libre qui est à l'origine de ce pH bas. L'eau aggressive est également caractérisée par une faible minéralisation lui conférant un potentiel de dissolution important avec les matériaux dont elle est en contact (récipients, tuyaux..). Elle a aussi la capacité de dissoudre le calcaire. L'eau aggressive a un caractère acide lui rendant corrosive. Elle attaque donc le matériau des installations et peut endommager les installations de production et de distribution. Selon le diagramme de HALLOPEAU et DUBIN, elle présente un **point1** (intersection entre le pH et le TAC) au dessous de la droite de saturation.

IV .3.2 Eaux incrustantes

Ces eaux ont une forte teneur en sels et ont la capacité de former des dépôts à l'intérieur des tuyauteries. Les conséquences de l'eau incrustante sont perçues à deux niveaux :

- au niveau des installations, les dépôts peuvent boucher les tuyauteries et endommager les installations ;
- chez le consommateur, la consommation de cette eau entraîne des dépôts de calcaire au niveau de l'uretère provoquant des calculs rénaux. Aussi, l'eau incrustante ne mousse pas au savon.

A l'opposé de l'eau aggressive, l'eau incrustante présente un **point1** au dessus de la droite de saturation dans le diagramme de HALLOPEAU et DUBIN. Son pH est supérieur au pH de saturation.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. Matériels

I.1 Site de l'étude

La commune de Bobo-Dioulasso qui couvre une superficie de 160000 ha est située dans la zone sud soudanienne, à l'ouest du Burkina Faso. Chef-lieu de la province du Houet, Bobo-Dioulasso est la seconde ville du pays et se trouve à environ 360km de la capitale Ouagadougou.

La ville se caractérise par sa vertu remarquable (végétation abondante, vergers de manguiers...). Elle est également logée dans une zone hydraulique dont les principaux bassins versant sont le Kou, le Mouhoun, le Niamé, la Comoé. Ceux-ci concentrent 60% des ressources en eau douce du pays soit 82 milliards de mètres cubes [9]

Le site de l'ONEA est situé à environ 15km de la ville de Bobo-Dioulasso dans le village de Nasso. Ce site est composé d'une grande prise d'eau de source aménagée (captage) d'une capacité de pompage de 1280m³/heure et de quatre forages de 845m³/heure de capacité et d'une station de traitement. Le captage, situé au milieu de la forêt classée de Kou pompe plus d'eau brute destinée au traitement. Ledit captage et les forages 3 et 4 sont situés à environ 1km de la station de traitement. Quant aux forages 1 et 2, ils sont à environ 200m de la station de traitement.

Tous nos échantillonnages ont été effectués au niveau de ces exploitations (captage, forages, station de traitement) et les analyses effectuées au LRB.

I.2 Echantillonnage

L'échantillonnage a été étalé sur une période d'un mois (du 29 décembre 2014 au 02 février 2015) et la fréquence de prélèvement est d'une semaine. Pour chaque jour de prélèvement, nous préparons la glacière qui est le contenant du matériel de prélèvement et du même coup protège nos échantillons contre les chocs et échauffements extérieurs (lumière, chaleur) lors de leur transport au laboratoire. Au total, nous mettons 08flacons en polyéthylène de 300ml à 500ml, 08flacons en polyéthylène de 300ml ambrés. Les échantillons sont prélevés au niveau du mélange captage+forage, à la sortie des aérateurs, à la sortie des filtres et à la sortie de la station. Les échantillons des flacons transparents sont destinés à la détermination du pH, de la température, la conductivité, le Ca²⁺, le TAC, le TH. Quant aux échantillons des flacons

ambrés, ils sont destinés à la détermination du CO_2 agressif. Nous mettons au préalable 1g de CaCO_3 en poudre dans chaque flacon ambre. Pour le prélèvement proprement dit, nous ouvrons les robinets au point de prélèvement indiqués, laissons couler l'eau un instant (une minute environ) puis nous remplissons totalement les flacons avant de refermer énergiquement les bouchons. Tous les échantillons sont placés dans la glacière puis transportés au laboratoire. La particularité des flacons ambres est leur rôle dans la détermination du CO_2 agressif car le processus de consommation du CaCO_3 par le CO_2 est non favorisé par la présence de la lumière ; donc ceux-ci jouent un rôle de protection contre la lumière.

I.3 Consommables

- flacons en polyéthylène (500ml et 300ml)
- flacons en polyéthylène ambres (200 et/ou 300ml)
- une glacière
- burette
- barreaux aimantés
- erlenmeyer de 100ml
- agitateur magnétique
- balance
- pH-mètre WTW INOLAB ph 730
- spatule
- nacelle de pesée
- pipette de 10ml
- propipette, éprouvette
- conductivimètre WTW inolab cond Level L

II.MÉTHODES

II.1 Les étapes de traitement de l'eau

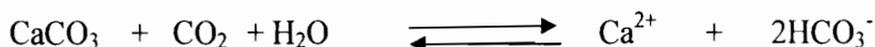
- L'Aération

Son objectif est d'éliminer ou de réduire le CO_2 agressif, d'oxyder la matière organique afin d'éviter les goûts et les odeurs désagréables, de faire précipiter le manganèse et/ou le fer des eaux souterraines et d'amorcer le processus de transformation de l'azote(N) en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-). Elle se fait par chute d'eau en cascade sur les paliers des aérateurs. En effet, l'eau brute (captage et forage) arrive au niveau des aérateurs par le haut et un courant

d'air est envoyé du bas vers le haut. Ce mouvement de contre courant permet de chasser le CO₂ agressif contenu dans l'eau vers la cheminée des aérateurs. Cette méthode d'élimination physique du CO₂ permet à l'eau de se rapprocher de son pH d'équilibre et ainsi de réduire le coût et le temps de traitement chimique par le CaCO₃ pour parfaire l'équilibre (voir **figure 1** en annexe).

- **La Reminéralisation/ mise en équilibre**

La reminéralisation vise l'atteinte de l'équilibre de l'eau. Méthode chimique d'élimination du CO₂ agressif, elle concourt au rehaussement du pH de l'eau. Le réactif utilisé est le CaCO₃. En effet, le bassin de reminéralisation est composé d'un lit de sable surmonté d'une couche bien étalée de CaCO₃. L'eau aux sorties des aérateurs descend immédiatement sur la couche de CaCO₃, traverse cette couche et passe sur le lit de sable qui retient tous les débris macroscopiques assurant alors sa filtration. C'est au cours de son passage sur la couche de CaCO₃ que le CO₂ agressif de l'eau réagit avec le CaCO₃ et donne des ions calcium et hydrogénocarbonates comme le montre la réaction suivante :



La réaction montre que la composition chimique de l'eau change après son passage sur le CaCO₃ avec l'apport d'une mole de cation et de 2 moles d'anion. Il en résulte une reminéralisation de l'eau par un apport de calcium. La **figure4** montre l'ouvrage des bassins de reminéralisation en annexe iii.

- **Désinfection**

Elle consiste à éliminer les microorganismes pathogènes de l'eau destinée à la consommation humaine. Elle est réalisée par la solution d'hypochlorite de sodium 5 à 6g/l. Ce traitement est fonction de la charge microbienne initiale de l'eau. Pour cela on réalise une demande en chlore avec l'eau brute. Cette demande en chlore correspond à la quantité de chlore que doit consommer l'eau pour éliminer les microbes et les matières organiques à laquelle s'ajoute le chlore résiduel. Le chlore résiduel est la quantité de chlore qui permet à l'eau de maintenir sa qualité microbiologique durant sa distribution et de corriger d'éventuelle contamination. Cette quantité de chlore résiduel encore appelé chlore libre est de 0,5mg/L à 5mg/L fixée par l'OMS.

En effet, pour réaliser la demande en chlore, on prélève 1L d'eau brute dans un flacon et on ajoute 1ml de solution d'hypochlorite de sodium à 6g/L. On homogénéise rapidement et on dose le chlore résiduel initial puis on place le flacon à l'abri de la lumière pendant 1heure. On

dose à nouveau le chlore résiduel : on répète l'opération jusqu'à ce que la valeur soit constante. La quantité de chlore consommée sera égale à la différence entre le chlore libre à l'instant t_f (final) et le chlore libre à l'instant t_i (initial). On note : Demande en chlore = chlore consommée + chlore libre

L'ONEA s'est fixé un résiduel de 1mg/L à 2mg/L à la sortie de la station de traitement.

Une fois le taux de traitement connu, on réalise un calage des pompes doseuses qui sont des pompes asservies. Elles injectent le chlore en fonction du débit de l'eau brute qui passe. La quantité de chlore injecté diminuera quand le débit de l'eau va baisser et inversement. L'efficacité de la désinfection est vérifiée au laboratoire par culture microbienne sur milieu gélosé (chromocult agar). Les germes incriminés sont les coliformes totaux et fécaux, germes d'origine fécale pouvant facilement contaminer les eaux et qui résistent plus au chlore. Les résultats de l'analyse microbienne seront comparés aux normes internationales en la matière.

La figure9 montre le diagramme de production de l'eau potable à Nasso.

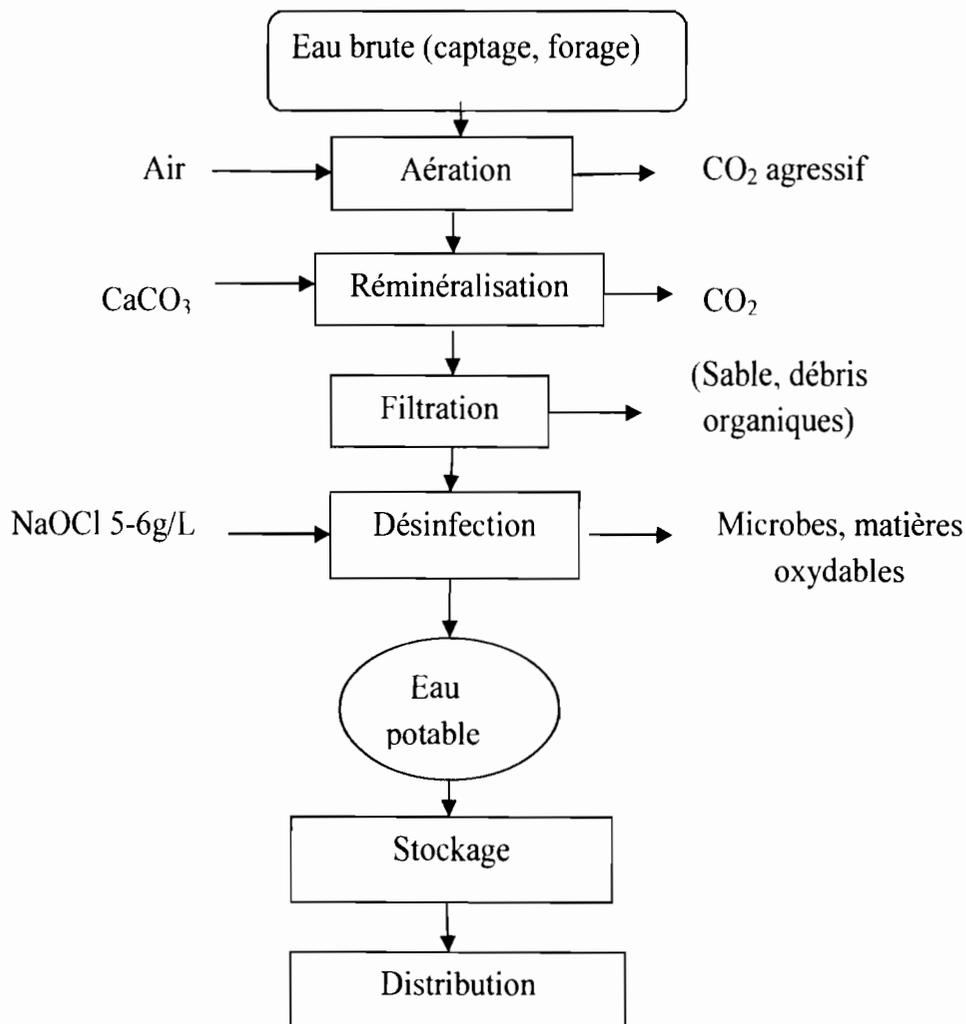


Figure5 : Diagramme de production de l'eau potable à Nasso

II.2. Détermination des paramètres physiques

II.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH) et la température

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire la concentration en ion hydronium (H⁺). L'acidité et la température de nos échantillons ont été lues à l'aide d'un pH-mètre. Les valeurs du pH et de la température sont exprimées en unité pH et en degré Celsius, respectivement.

II.2.2 Conductivité

La conductivité d'une eau représente sa capacité à faire passer le courant électrique. La valeur de la conductivité est affectée par la présence des matières solides dissoutes (calcium, magnésium, chlorures, sodium, bicarbonates, nitrates, phosphates, sulfates, fer). La conductivité traduit donc la charge minérale de l'eau. Elle a été déterminée en utilisant 100 ml de chaque échantillon grâce à un conductimètre. Les résultats sont exprimés en micro siemens par centimètre (μS/cm).

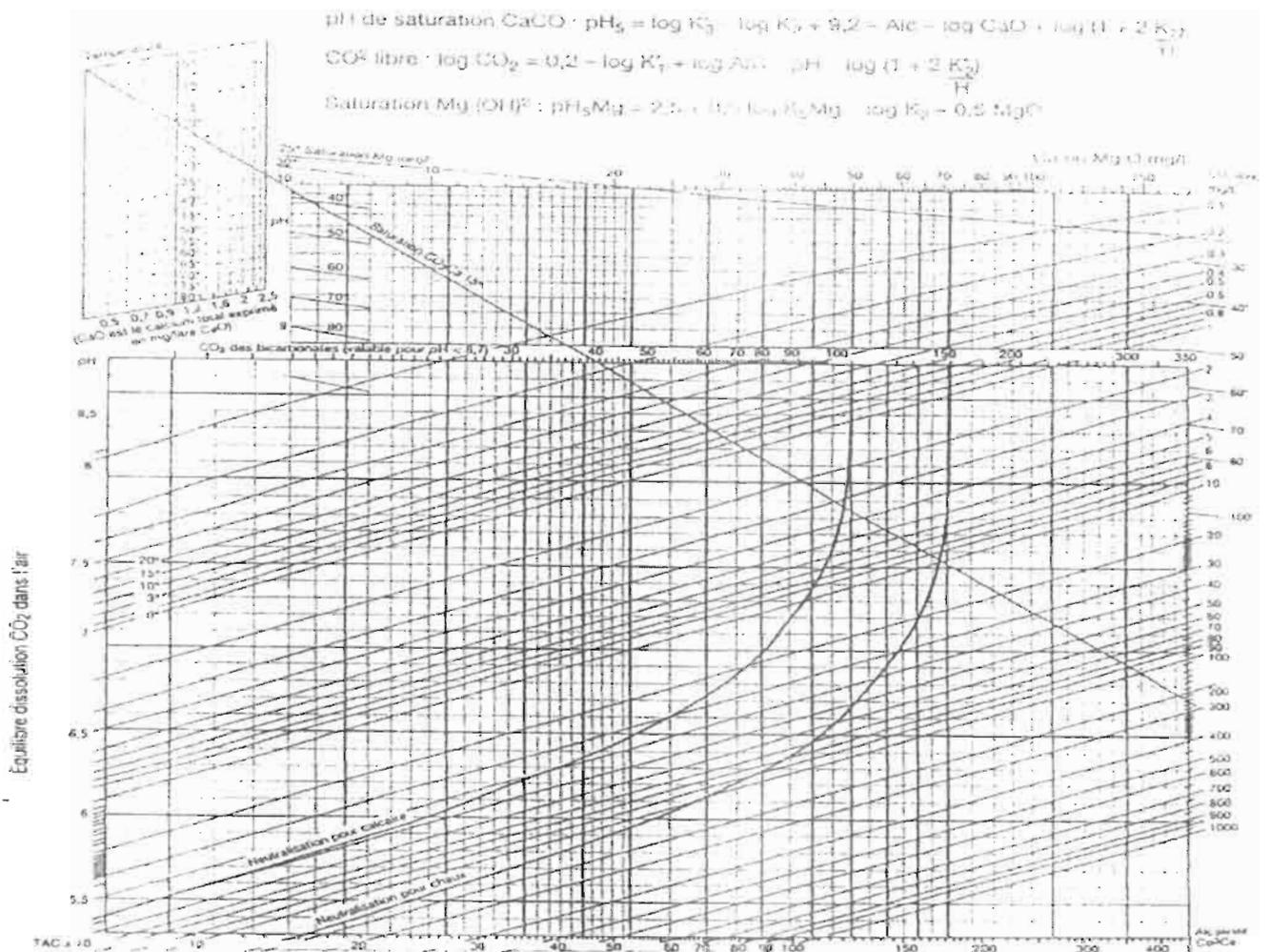
II.2.3 Potentiel hydrogène de saturation (pH_s)

Le potentiel hydrogène de saturation exprime l'état d'équilibre de l'eau. Afin de déterminer dans quelle mesure nos échantillons d'eau sont agressifs ou incrustants, les pH_s ont été déterminés. Pour chaque échantillon dont la dureté calcique, l'alcalinité totale, la conductivité et le pH sont disponibles. Le pH_s a été déterminé graphiquement selon la méthode de Hallopeau et Dubin (figure 6).

Point 1 : intersection des axes pH et TAC sur le diagramme principal

Point 2 : intersection des axes température et $\frac{TAC}{THCa}$ (calcul avec les valeurs ayant les mêmes unités) sur le diagramme auxiliaire.

Pour la détermination directe du pH_s, 1 g de carbonate ont été solubilisés dans 200 ml d'échantillons et les valeurs sont lues à l'aide du pH-mètre.



II.3. Détermination des paramètres chimiques

II.3.1. Titre alcalimétrique (TA) / Titre alcalimétrique complet (TAC)

La mesure de l'alcalinité permet d'évaluer la teneur en hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates de l'eau. Le TA mesure la teneur en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques. Le TAC, lui correspond à la teneur en alcalins libres, carbonates et bicarbonates.

Pour $4,5 < \text{pH} < 8,3$; le dosage correspond à la totalité des fonctions basiques (OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^-) qui est le TAC.

$$\text{D'où } \text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

Pour un pH supérieur à 8,3, ce sont les fonctions basiques OH⁻ et CO₃²⁻ qui sont prioritaires. En plus du TAC, on déterminera aussi le TA.

$$TA = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

Le TA vaut zéro car tous les échantillons ont un pH < 8,3, donc notre dosage est orienté uniquement au TAC. Les échantillons d'eau (100 ml) ont été titrés avec une solution d'acide chlorhydrique (0,04 M) en présence d'un indicateur mixte. Le TAC est calculé selon la formule suivante :

$$\text{TAC (mmol/l)} = (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} \times 1000) / v$$

Avec C_{HCl} : concentration de l'acide chlorhydrique (0,04M)

V_{HCl}(ml) : volume de l'acide chlorhydrique versé

V (ml) : volume de l'échantillon (100ml)

II.3.2. CO₂ agresif

Il exprime la capacité de l'eau à dissoudre le carbonate de calcium. Pour chaque point de prélèvement, deux flacons de 300 ml dont un ambré et l'autre non ambré ont été utilisés. Le TAC du flacon non ambré a été déterminé immédiatement. Dans le flacon ambré, 2 g de carbonate de calcium ont été solubilisés dans 300 ml d'échantillon sous agitation pendant 24 heures. Le TAC de la solution (TAC1) a été ensuite déterminé et la quantité de CO₂ agresif a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{CO}_2 \text{ agresif} = (\text{TAC1} - \text{TAC}) \times 22 \text{ mg/L CO}_2$$

Avec 22mg : $\frac{1}{2}$ masse molaire de CO₂ selon l'équation



TAC et TAC1 : alcalinité (en mmol/L)

II.3.3. Titre Hydrométrique ou Dureté totale (TH)

Le TH encore appelé dureté totale, détermine la concentration en ions calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺) à l'origine de la dureté de l'eau. Plus cette concentration est élevée, plus l'eau devient dure et ne mousse pas en présence de savon. Quand la concentration baisse, l'eau devient douce et est agréable à la consommation.

L'échantillon (50 ml) a été mélangé dans un erlenmeyer avec 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes de Noir Eriochrome. Le mélange a été ensuite titré avec de l'EDTA (0,01M) et le TH est calculé selon la formule suivante :

$$\text{TH} = 1000 \times (C \times V_1) / V_2$$

Avec TH (mmol/L): concentration totale en calcium et magnésium

C₁ (mol/L) : concentration de la solution de l'EDTA 0,01mol/L

V₁ (ml) : volume de l'EDTA versé

V₂ (ml) : volume de l'échantillon (50ml)

II.3.4. Calcium (dureté calcique Tca)

La dureté calcique Tca est la concentration en ion calcium présent dans l'eau. En plus du magnésium, le calcium est aussi l'un des éléments intervenant dans la dureté de l'eau.

2 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium (2 M) ont été ajoutés à 50 ml d'échantillon d'eau. Le mélange a été ensuite titré avec une solution d'EDTA (0,01M) en présence d'acide calcon carboxylique (0,2 g). Le Tca ou [Ca²⁺] est donné selon la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = 40,08 \times 1000 \times (c \times V_1) / V_2$$

Avec [Ca²⁺] : concentration en ion calcium (en mg/L)

40,08 : masse molaire du calcium (g/mol)

C : concentration de la solution de EDTA (0,01mol/L)

V₁ : volume de la solution de EDTA versé (ml)

V₂ : volume de l'échantillon (50ml)

II.3.5. Magnésium

Le magnésium n'interfère pas lors du dosage du calcium. Il a été déduit de la dureté totale et de la concentration en calcium selon la formule suivante :

TH = [Ca²⁺] + [Mg²⁺] d'où

$$[\text{Mg}^{2+}] = \text{TH} - [\text{Ca}^{2+}]$$

Avec [Mg²⁺]: concentration en magnésium en mmol/L

TH: Dureté totale en mmol/L

[Ca²⁺]: la concentration en calcium en mmol/L

TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION

La détermination des paramètres physiques et chimiques de l'eau brute a permis d'obtenir les résultats suivants que nous montre le tableau 1 :

Tableau1 : Paramètres physiques et chimiques de l'eau brute ayant permis d'exploiter le diagramme de Hallopeau et Dubin

Paramètres Date	Température (°C)	pH	TAC (mmol/L)	Tca (mg/L)	Tca (mmol/L)	TAC (°F)	Tca (°F)	TAC Tca
29/12/14	25	5,62	0,54	4,62	0,115	2,7	1,15	2,4
05/01/15	24,5	5,72	0,6	5,2	0,13	3	1,3	2,30
12/01/15	24	5,67	0,67	6	0,15	3,35	1,5	2,23
19/01/15	25	5,73	0,52	4,8	0,12	2,6	1,2	2,16
26/01/15	26	5,71	0,52	4,6	0,115	2,6	1,15	2,26
02/02/15	26	5,71	0,49	4,8	0,12	2,45	1,2	2,04

Nous avons utilisé ces paramètres selon la méthode de Hallopeau et Dubin et réalisé des graphes (figures 12 à 17 en annexe). Sur tous les graphes, l'eau de Nasso présente en Point1 au dessous de la droite de saturation ce qui caractérise les eaux agressives. Ces graphes nous ont permis de déterminer le pHe de l'eau ainsi que les quantités de CaCO₃ à allouer au traitement pour aboutir à cet équilibre. Les quantités de CO₂ libre se trouvant dans l'eau, les quantités de CO₂ agressif à éliminer et celles du CO₂ à l'équilibre sont également connues sur ces graphes. Le tableau 3 ci-dessous montre les valeurs théoriques de l'équilibre de l'eau obtenues sur les graphes ainsi que l'indice de LANGELIER (I_L).

Tableau2 : Valeurs théoriques de l'équilibre de l'eau obtenues sur le diagramme de HOLLOPEAU et DUBIN et indice de LANGELIER(I_L)

Paramètres Date	pHe	CO ₂ libre (mg/L)	CO ₂ équilibrant (mg/L)	CO ₂ agressif (mg/L)	Taux de traitement (mg de CaCO ₃ /L)	Indice de LANGELIER(I _L) = pH-pHe
29/12/14	7,40	120	20	100	245	-1,78
05/01/15	7,42	115	18	97	230	-1,70
12/01/15	7,30	140	28	112	270	-1,63
19/01/15	7,50	95	15	80	209	-1,77
26/01/15	7,48	96	15	81	212	-1,77
02/02/15	7,48	94	15	79	208	-1,77

Selon LANGELIER, chercheur chimiste, si le I_L est positif, alors l'eau est incrustante et si le I_L est négatif, l'eau est agressive. Dans le tableau, tous les échantillons présentent un I_L négatif. Donc cet indice permet de confirmer encore le caractère agressif de l'eau de Nasso.

Nous avons également effectué un suivi-évaluation des paramètres de l'eau à la sortie des aérateurs, à la sortie des filtres et à la sortie de la station pour voir l'impact des étapes de traitement sur l'eau et comparer le pHe à la sortie de la station par rapport au pHe théorique indiqué sur les graphes. Sur ce, nous avons effectué des analyses quand les aérateurs étaient à marche mais aussi quand ils étaient à l'arrêt. Les trois premiers tableaux ci-dessous présentent les résultats des paramètres physiques et chimiques de l'eau quand les aérateurs étaient à marche correspondant aux dates du 29/12/2014, 19/01/2015 et 26/01/2015. Les trois derniers tableaux eux regroupent les résultats des paramètres physiques et chimiques de l'eau quand les aérateurs étaient à l'arrêt correspondant aux dates du 05/01/2015, 12/01/2015 et 02/02/2015.

Tableau 3 : Moyenne de tous les paramètres physiques et chimiques de l'eau en suivi-évaluation

Analyses du 29/12/2014 : aérateurs en marche				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,62	6,57	7,56	7,2
T° (°C)	25	25,67	24,87	28,1
Conductivité (µs/cm)	54,37	63,23	123,4	139,9
Ca ²⁺ (mmol/L)	4,62	4,89	18,67	20
TAC(mmol/L)	0,54	0,68	1,37	1,4
TH (mmol/L)	0,29	0,29	0,64	0,86
CO ₂ agressif (mg/L)	110	80	1,95	1,7

Analyses du 19/01/2015 : aérateurs en marche				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,73	7,15	7,81	7,35
T° (°C)	25	24,43	23,87	23,8
Conductivité (µs/cm)	49,71	49,65	73,21	87,1
Ca ²⁺ (mmol/L)	4,8	5,06	10,57	12,8
TAC(mmol/L)	0,52	0,54	0,8	0,84
TH (mmol/L)	0,3	0,35	0,52	0,6
CO ₂ agressif (mg/L)	85	65	3,68	2,66

Analyses du 26/01/2015 : aérateurs en marche				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,71	7,11	8,02	7,75
T° (°C)	26	23,43	23,72	23,4
Conductivité (μs/cm)	57,22	51,57	75,11	85,9
Ca ²⁺ (mmol/L)	4,6	5,69	9,06	8,8
TAC (mmol/L)	0,52	0,52	0,72	0,8
TH (mmol/L)	0,3	0,29	0,50	0,6
CO ₂ agressif (mg/L)	84,6	62	3,16	2,31

Analyses du 05/01/2015 : aérateurs à l'arrêt				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,72	6,01	7,31	7,7
T° (°C)	24,5	24,06	23,17	27,6
Conductivité (μs/cm)	53,87	44,80	131,60	122,6
Ca ²⁺ (mmol/L)	5,2	4,27	18,58	14,4
TAC (mmol/L)	0,6	0,6	1,53	1,26
TH (mmol/L)	0,37	0,36	0,84	0,58
CO ₂ agressif (mg/L)	100	96	3,47	2,05

Traitement des eaux agressives au CaCO₃ : cas de Nasso

Analyses du 12/01/2015 : aérateurs à l'arrêt				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,67	6,10	7,22	7,0
T° (°C)	24	22,83	24,57	21,9
Conductivité (µs/cm)	54,56	52,21	125,96	93,5
Ca ²⁺ (mmol/L)	6	5,07	20,56	21,6
TAC (mmol/L)	0,67	0,61	1,56	1,68
TH (mmol/L)	0,4	0,42	0,78	0,84
CO ₂ agressif (mg/L)	120	117	8,31	7,03

Analyses du 02/02/2015 : aérateurs à l'arrêt				
Echantillons Paramètres	Eau brute (captage+forage)	Sortie aérateurs	Sortie filtres	Sortie station
pH	5,71	6,64	7,58	7
T° (°C)	26	25,30	24,35	24,2
Conductivité (µs/cm)	57,77	54,81	94,03	107,2
Ca ²⁺ (mmol/L)	4,8	4,71	12,97	12
TAC (mmol/L)	0,49	0,53	0,94	0,9
TH (mmol/L)	0,36	0,32	0,6	0,54
CO ₂ agressif (mg/L)	84	79	3,16	2

Ces résultats ont montré que quand les aérateurs sont en marche, le pH à leur sortie est nettement plus élevé et le CO_2 agressif est beaucoup plus réduit que quand ils sont à l'arrêt. Cela témoigne du rôle que jouent les aérateurs à l'élimination du CO_2 agressif permettant le rehaussement du pH. En comparant les pHe de l'eau obtenus sur le diagramme d'HALLOPEAU et DUBIN (valeurs théoriques) aux pH de l'eau à la sortie station (valeurs pratiques), nous constatons que les valeurs sont sensiblement proches avec une variation de 0,2 à 0,4. Cette légère différence montre que l'équilibre de l'eau est difficile à atteindre en pratique qu'en théorie. Nous avons vérifié cette hypothèse par la détermination du CO_2 agressif éventuel dans l'eau à la sortie de la station. En présence du CaCO_3 , l'eau à la sortie des filtres ou à la sortie station a encore consommé le réactif et cela a été possible car l'eau cherchait toujours son équilibre.

Après la reminéralisation au CaCO_3 (sortie filtre et sortie station), nous avons constaté que les paramètres de l'eau à savoir le pH, le TH, le Tca et la conductivité augmentent. Le CaCO_3 a donc modifié la composition chimique de l'eau en libérant des ions Ca^{2+} qui augmente le TH et des ions HCO_3^- augmentant l'alcalinité TAC. La conductivité elle est fonction des ions présents dans l'eau. Plus ils y a d'ions, plus elle croît. Le CaCO_3 en réagissant avec le CO_2 agressif échappé à l'aération, libère une mole de Ca^{2+} et deux moles de HCO_3^- . Alors, le nombre des anions augmente doublement plus que celui des cations. L'eau tend inéluctablement vers la basicité et son pH monte au fur et à mesure qu'elle consomme le CaCO_3 . Il en résulte une diminution du CO_2 agressif.

Le tableau 5 ci-dessous présente le résultat expérimental du pH d'équilibre de l'eau brute de source de Nasso. L'expérience a montré que l'eau de Nasso devrait atteindre son équilibre autour des pH de 8,60. Or selon l'OMS, l'eau potable distribuée doit avoir un pH inférieur à 8. La plage cible visée par l'ONEA est de 7 à 8. L'ONEA s'est fixé cette plage normative pour plusieurs raisons. D'abord pour respecter la réglementation en matière d'eau potable établie pour les organismes internationaux notamment l'OMS. Aussi, il a le souci de préserver ses installations car à partir des pH >7, l'eau commence à être incrustante et peut engendrer des dépôts de CaCO_3 au niveau des conduites, donc risque de boucher les conduites. Des dysfonctionnements surviennent immédiatement avec rupture de la chaîne de production. Egalement, un des points critiques dans le diagramme de production de l'eau de Nasso en se basant sur les principes de l'HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), est la désinfection. Cette désinfection devient inefficace quand le pH de l'eau va au delà de 7. A ces pH, l'hypochlorite de sodium (NaOCl) perd son pouvoir bactéricide et peut laisser des

éventuels microorganismes toujours en vie dans l'eau. Le consommateur est alors exposé à des maladies d'origine hydrique.

Tableau4: Résultat expérimental du pH d'équilibre de l'eau brute de source par analyse au laboratoire

Temps de réaction	Evolution du pH	Température (°C)
pH initial	5,62	23,1
Après aération manuelle	7,26	19,5
Après 24heures en présence de CaCO ₃ et sous agitation	8,57	22,4
Après 26 heures sous mêmes conditions	8,59	22,2
Après 48 heures sous mêmes conditions	8,60	22,9
Après 50 heures sous mêmes conditions	8,60	22,8
Après 52 heures sous mêmes conditions	8,60	22,9

Par ailleurs, nous avons étalé nos échantillonnages et analyses sur la période d'un mois, dans un autre regard de vérifier le niveau de maîtrise de la production. De ce fait, nous avons constaté que les paramètres de l'eau ainsi traitée n'ont pas une variation considérable les uns des autres. En considérant le paramètre pH de l'eau brute, il n'enregistre qu'une variation de 0 à 0,11.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au cours de notre stage à l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement au service laboratoire régional de Bobo-Dioulasso, notre étude était la détermination du caractère agressif de l'eau brute de Nasso et de s'imprégner des moyens mis en œuvre pour son traitement. Au vu de nos résultats d'analyses, nous avons constaté que l'eau brute de Nasso a un caractère agressif et que l'élimination du CO_2 agressif dissout est indispensable pour corriger ce caractère. Cela passe nécessairement par une méthode physique qui est l'aération complétée par une méthode chimique qui est la reminéralisation/mise en équilibre calco-carbonique avec le carbonate de calcium.

Sur la base de nos analyses et constats faits durant notre stage, nous formulons deux recommandations à l'endroit de l'ONEA :

- Tenir une maintenance des aérateurs afin qu'ils soient plus efficaces pour l'élimination du CO_2 agressif
- Curer les filtres car les débris et sable retenus y restent et diminuent doucement la capacité des bassins et aussi évaluer les quantités de CaCO_3 à charger mensuellement sur la base de notre travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : DAO.Y. avril 2015, suivi du traitement d'une eau de boisson au carbonate de calcium : cas de Nasso, UCAO/UUB .34p ;

[2] : Directive cadre sur l'eau, union européenne

[3] : MADJITOLOUM.L, juillet 2013, contrôle de la qualité physico-chimique de l'eau potable distribuée par l'ONEA dans la ville de Bobo-Dioulasso au niveau des bouts de réseau, UCAO/UUB, 36p ;

[4] : anonyme, eau potable, [http : www.wikipedia](http://www.wikipedia), consulté le 06/03/2015

[5] : Organisation mondiale de la santé, Genève 2004, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 3^e édition, volume 1, 110p ;

[6] : wwweth.cern.ch/~dittmar/thoiry/EAUVIE.pdf JM Fresnel, l'eau indispensable pour la vie, 15 Mai 2009, 31p

[8] : Equilibre calcocarbonique et traitement des eaux souterraines agressives -R.Seux-session de formation continue << traitement des eaux de consommation>> Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg-2002 ;

[9] : Anaïs Kady COULIBALY, août 2013, << Qualité de l'eau distribuée dans la ville de Bobo-Dioulasso>>, UPB, 33p

Webographie :

http://www.oieau.org/cnfme/spip.php?page=article_plateforme&id_rubrique=22&id_article=174

www.aquadosil.fr/cariboost_files/calco-carbonique.pdf

pravarini.free.fr/EquilWin_fr.pdf

ANNEXES

Les figures 9, 10, 11, 12, 13 et 14 montrent la situation de l'eau sur le diagramme de Hallopeau et Dubin respectivement des échantillons du 29/12/2014 au 02/02/2015.

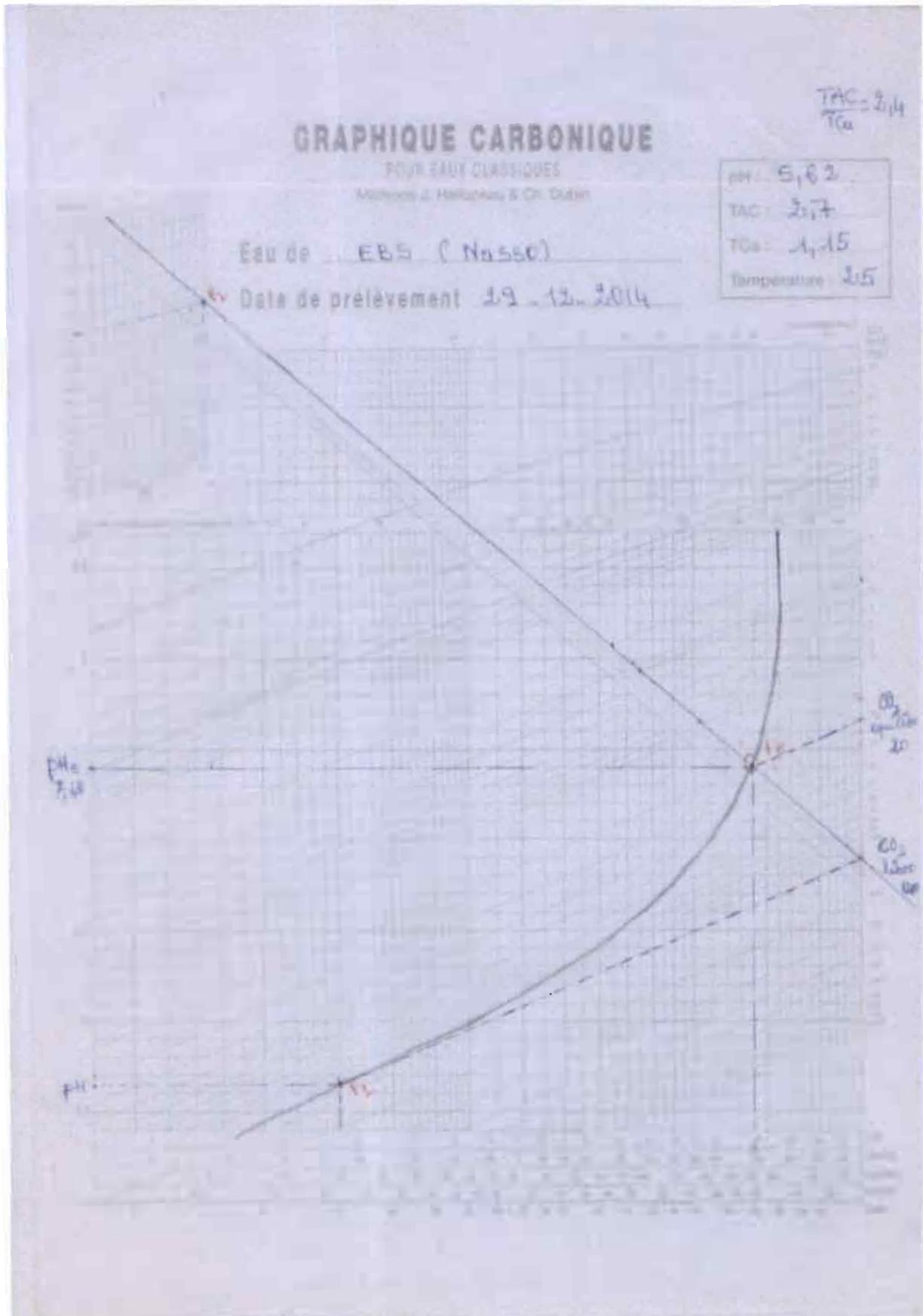


Figure9 : situation de l'échantillon d'eau du 29/12/2014 sur le diagramme de Hallopeau et Dubin

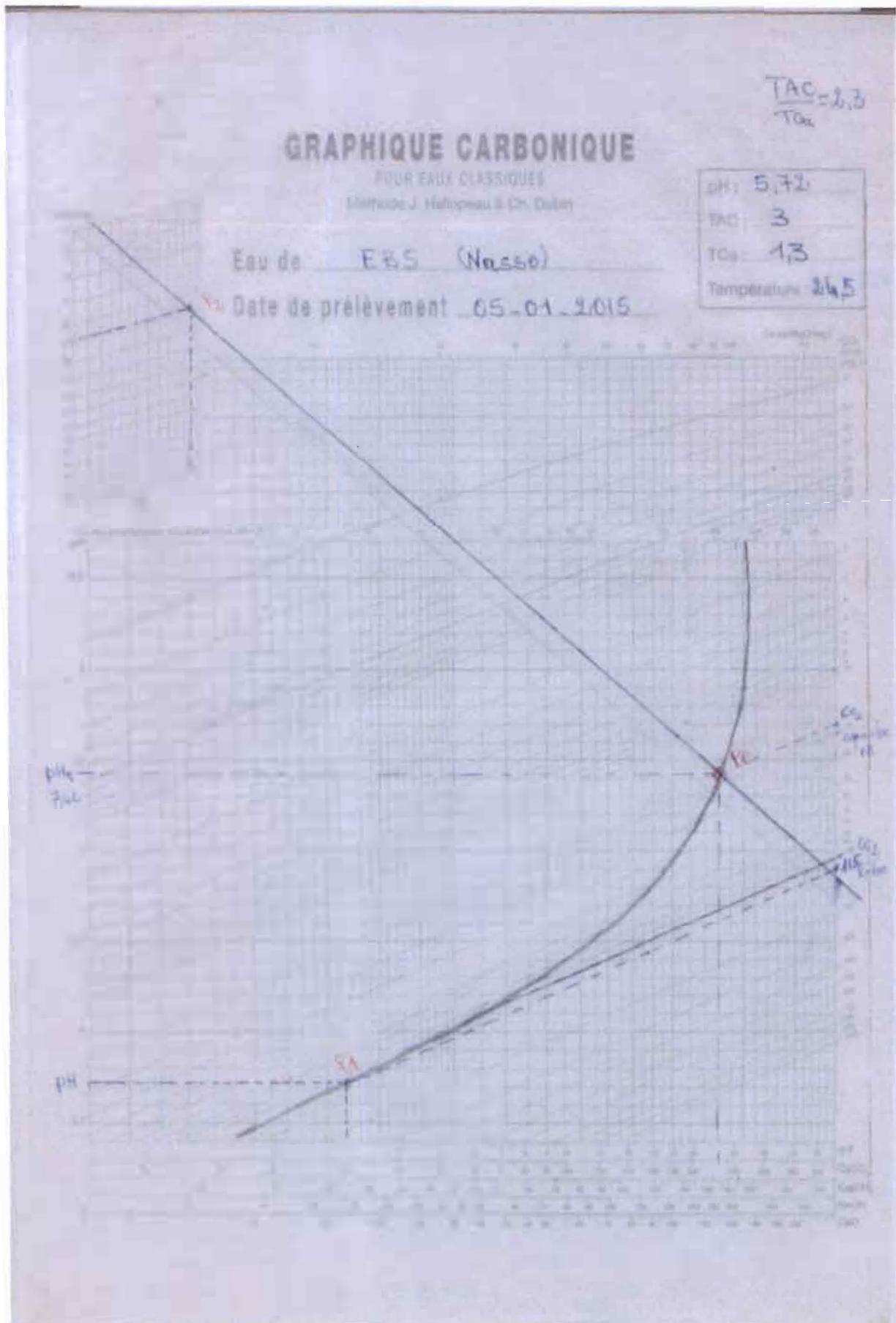


Figure10 : situation de l'échantillon d'eau du 05/01/2015 sur le diagramme de Hallopeau et Dubin

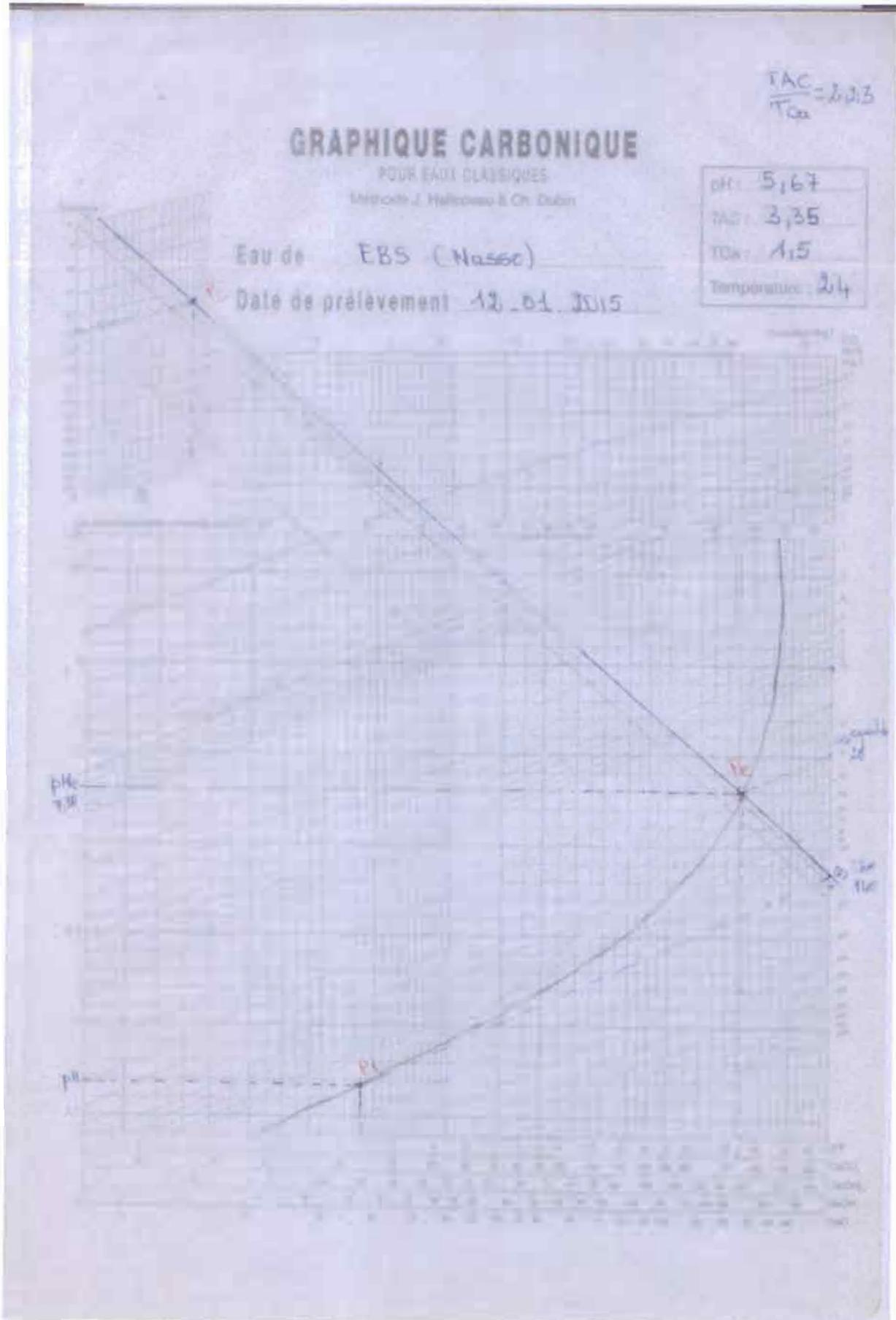


Figure11 : situation de l'échantillon d'eau du 12/01/2015 sur le diagramme de Hallopeau et Dubin

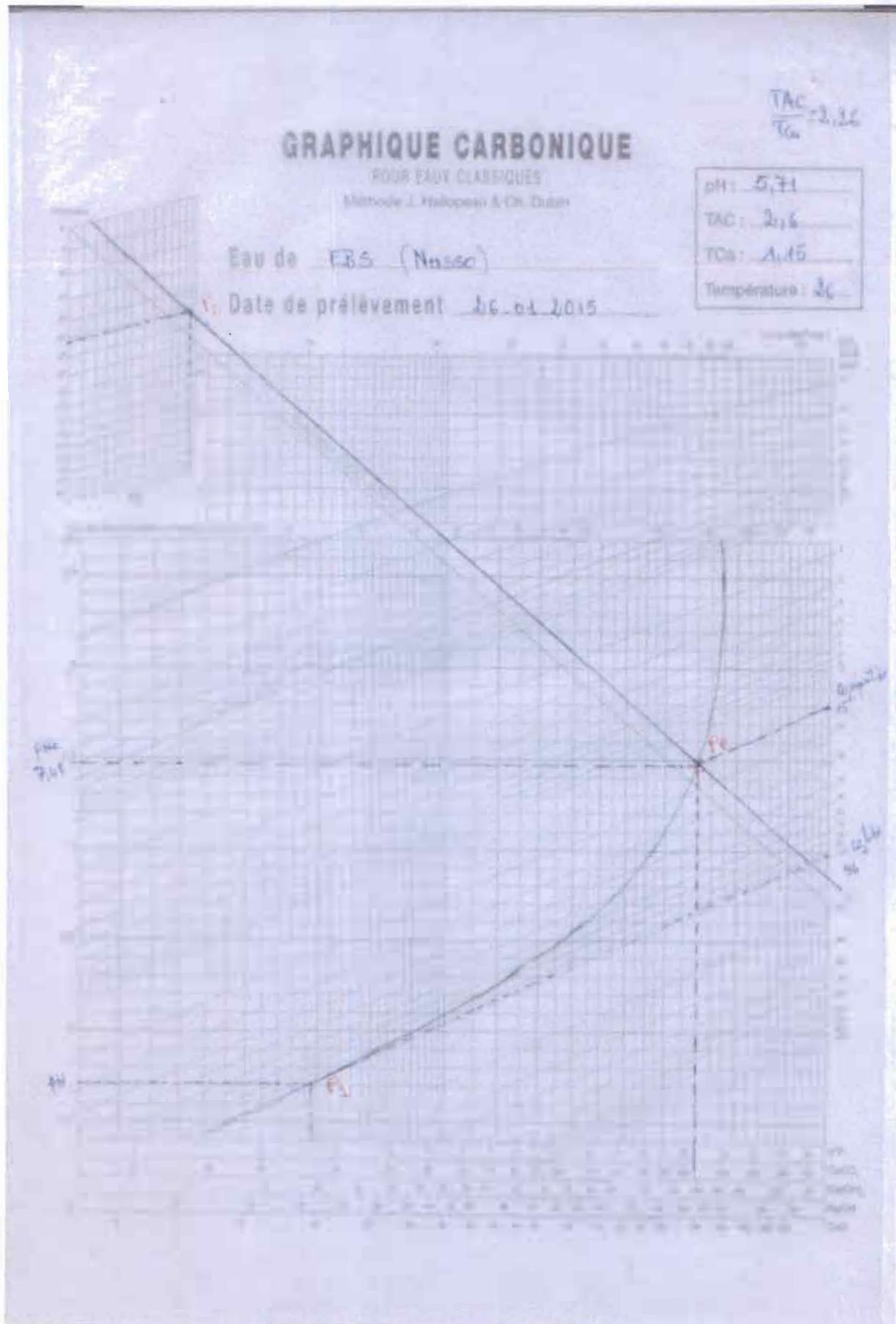


Figure13 : situation de l'échantillon d'eau du 26/01/2015 sur le diagramme de Hallopeau et Dubin

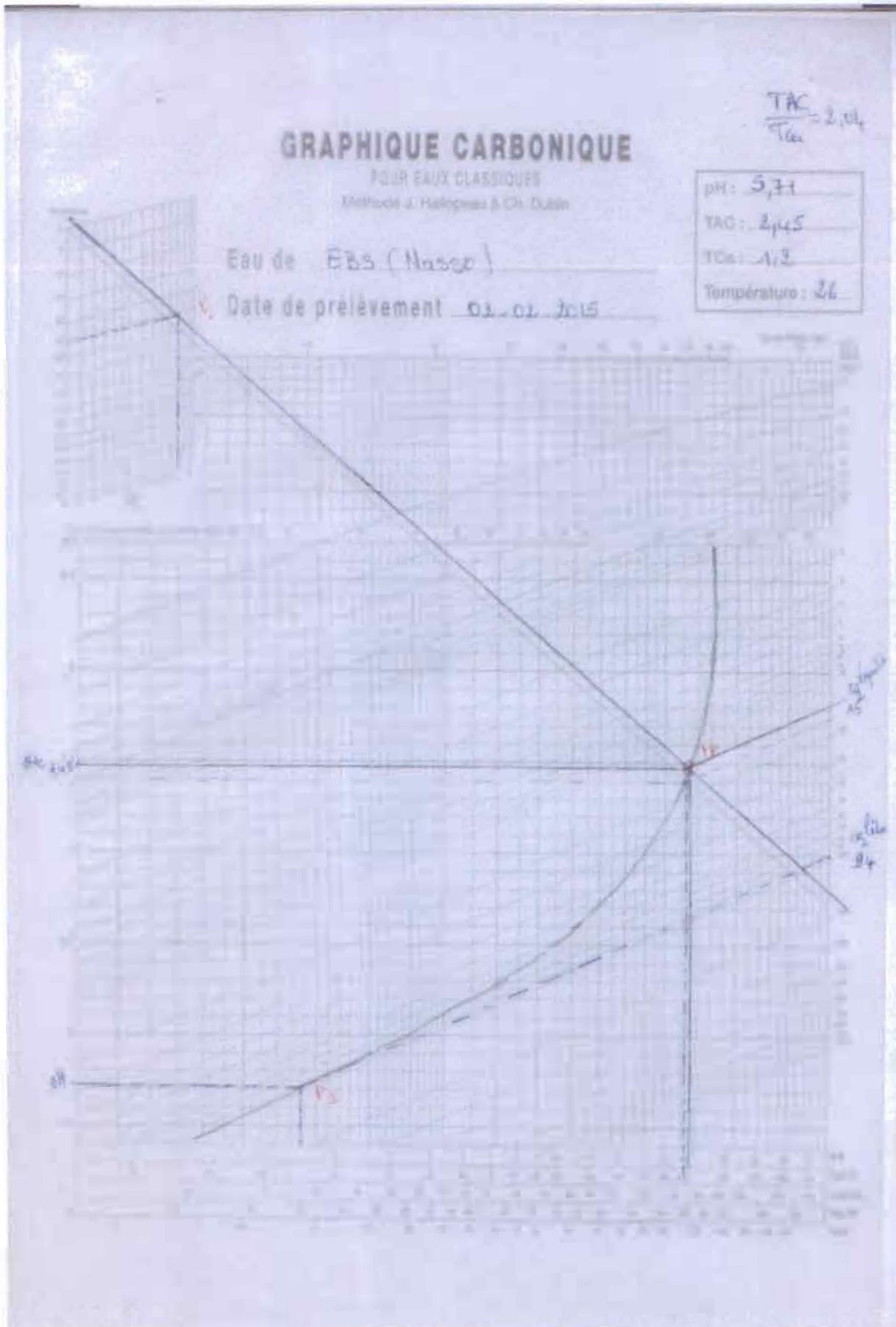


Figure14 : situation de l'échantillon d'eau du 02/02/2015 sur le diagramme de Hallopeau et Dubin

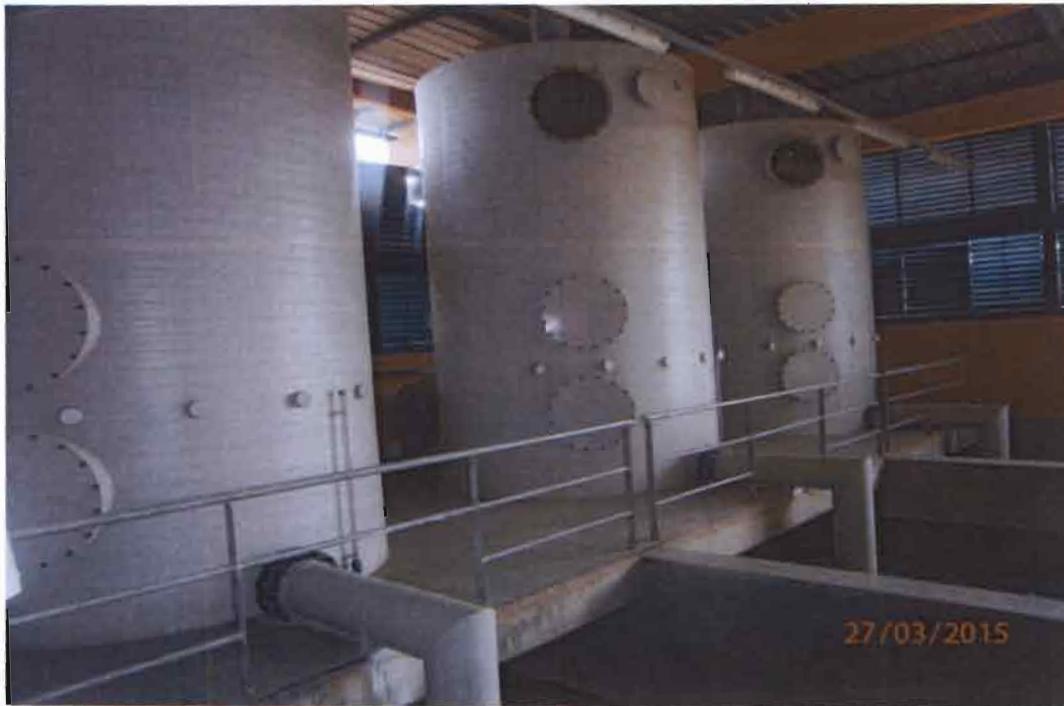


Figure1 : les aérateurs



Figure2: Les pompes dans la salle de pompage



Figure3: les anti-béliers



Figure4 : Bassin de reminéralisation



Flacons ambrés



Indicateur mixte



Figure7 : matériel de prélèvement et produit



Burette de shilling



pH-mètre



Balance analytique



Barreau aimaté



Spatule



conductivimètre



Agitateur magnétique multipostes

Figure8 : matériel d'analyses physico-chimiques