

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de
l'Environnement
Spécialité Ecologie



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Evaluation d'impact de l'eau de consommation
du barrage de Tichi Haf : entre rareté et dégradation
selon les exigences de ISO 14044 et ISO 14046**

Présenté par :

BELAITOUCHE Fatima

Soutenu le : 05 Juin 2018

Devant le jury composé de :

Mme. Hamaidi Ghania	MAA	Président
M. Khemmoudj Kadour	MCB	Examinateur
M. Benhamiche Nadir	MCA	Encadreur
M. Mansouri Hafed Eddine	Expert National ISO	Co encadreur
Melle Achat Sabiha	MCA	Invitée

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

En premier lieu je remercie le **Bon Dieu** le tout puissant, qui m'a procuré, patience, courage et volonté afin de réaliser ce modeste travail.

Ce dernier est l'aboutissement d'un chemin au cours duquel j'ai bénéficié de l'encadrement, des encouragements et du soutien de plusieurs personnes, à qui je tiens à dire sincèrement merci ;

- ✓ Aux êtres les plus chers aux monde « *mes parents* » pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de me voir réussir et pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée ;
- ✓ Mon encadreur, Monsieur **Benhamiche Nadir**, de m'avoir encadré et pour sa disponibilité et ses précieux conseils et orientations académiques ;
- ✓ Mon Co encadreur, Monsieur **Mansouri Hafed Eddine**, de m'avoir aidé, orienté, encouragé, et ses précieux conseils pratiques ;
- ✓ Monsieur **Gharbi Mohamed Riad** expert national ISO ;
- ✓ Madame **Hamaidi** et Monsieur **Khemmoudj**, de m'avoir fait l'honneur de juger ce travail ;
- ✓ Professeur **Madani Khodir** ;
- ✓ Monsieur **Habet**, Directeur de l'Environnement de Bejaia ;
- ✓ Monsieur **Dahgane**, Directeur du barrage de Tichi Haf;
- ✓ Monsieur **Athmaniou**, Directeur de l'Office National de l'Assainissement de Bejaia ;
- ✓ Monsieur **Achemoukh**, chef de circonscription et **Bouda** chef de bureau à la Circonscription des Forêts d'Akbou;
- ✓ Monsieur **Chaouch**, chef de département à la station de traitement d'Ait R'zine ;
- ✓ Monsieur **Khemtache**, de l'Algérienne des Eaux de Bejaia ;
- ✓ Madame **Touati** de l'Office National de l'Assainissement de Bejaia ;
- ✓ Monsieur **Messahli**, chef de service à la Direction des Ressources en Eau Bejaia ;
- ✓ A mes collègues, chacun avec sa manière de me donner courage : **Anki Ouali, Aourir Ouardi, Chettouh A/Aziz, Kali Zina, Yousfi Billal, Hammache Hassen, Brahiti Farid** ;
- ✓ Un remerciement spécial à ma collègue, que je considère comme une grande sœur, Madame **Yahiaoui Salima**, qui a toujours été avec moi et m'encourager ;
- ✓ Mon amie **Alaa Ali Hussein**, son mari **Settar Fares** et leur ami **Ziani Yacine**, pour leur soutien ;
- ✓ Mon amie **Achat Sabiha** pour son soutien et conseils.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ✓ Mes très chers parents qui m'ont toujours encouragé et poussé d'aller plus loin dans mes ambitions, c'est grâce à eux que j'ai pu atteindre mes objectifs, que le bon dieu me les protège ;
- ✓ A mes deux frères Hicham, Hadi et sa femme Laurence ;
- ✓ A la mémoire de mes deux grands-pères : Mohamed Chérif et Mouloud ;
- ✓ A la mémoire de mon oncle : Khali Mustapha ;
- ✓ A la mémoire de mon frère Mohamed Cherif ;
- ✓ A mes deux grands-mères maternelle et paternelle ;
- ✓ A mes tantes maternelles et paternelle ;
- ✓ A toute la famille Belaitouche et Feddila ;
- ✓ A mes amies ; Salima, Alaa, Sabiha, Naima, Fatiha et Nassima.

FATIMA

Listes des tableaux

Tableau I	les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (JORA, 2011)	3
Tableau II	Températures moyennes mensuelles en degrés Celsius corrigées de la région d'étude pour la période (ONMB 1978-2017)	15
Tableau III	La répartition des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bejaia et notre région d'étude (ONMB 1970-2017)	16
Tableau IV	les données climatiques corrigées (températures moyennes et hauteurs totales mensuelles des précipitations) (ONMB 1978-2017)	16
Tableau V	le facteur de caractérisation de l'empreinte eau rareté relatif à l'Algérie selon la base de données Aware	24
Tableau VI	le facteur de caractérisation de l'impact eutrophisation selon la base de données Recipe	24
Tableau VII	le facteur de caractérisation de d'écotoxicité marine selon la base de données Usetox	25
Tableau VIII	les quantités de produits durant la phase de construction du barrage de Tichi Haf en fonction de l'unité fonctionnelle	25
Tableau IX	les quantités de produits durant la phase d'exploitation du barrage de Tichi Haf en fonction de l'unité fonctionnelle	27
Tableau X	les quantités de produits durant la phase de traitement de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle	29
Tableau XI	les quantités de produits durant la phase de transport de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle	30
Tableau XII	les quantités de produits durant la phase de l'utilisation de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle	31
Tableau XIII	les quantités de produits durant la phase de fin de vie en fonction de l'unité fonctionnelle	32
Tableau XIV	Le total des valeurs de l'empreinte eau rareté par trimestre (année 2017)	33
Tableau XV	le total des valeurs de l'impact d'eutrophisation par trimestre (année 2017)	34
Tableau XVI	le total des valeurs de l'impact d'écotoxicité marine par trimestre (année 2017)	35
Tableau XVII	tableau de l'empreinte eau rareté et dégradation (année 2017)	36

Listes des figures

Figure 01	Cycle de l'eau dans la nature (Bouziani, 2015)	4
Figure 02	Le cadre de l'empreinte eau (ISO, 2014)	9
Figure 03	Les étapes de traitement de l'eau du barrage de Tichi Haf, dans la station de traitement d'Ait R'zine (ADE, 2018).	11
Figure 04	Les phases de l'empreinte eau (ISO, 2014)	12
Figure 05	Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Boussellam (Lambardi, 1984)	14
Figure 06	diagramme Ombrothermique Bagnouls et Gausson de notre zone d'étude (bassin versant Boussellam) (1978-2017).	17
Figure 07	classification climatique de la région d'étude d'après le diagramme d'Emberger	18
Figure 08	Schéma du transfert de Tichi Haf -Bejaia. (La Station de traitement de l'eau du barrage -Ait R'zine-, 2018)	19
Figure 09	le système étudié	20
Figure 10	Schéma du système d'étude	23
Figure 11	Schéma du système phase de construction du barrage de Tichi Haf	26
Figure 12	Schéma du système phase d'exploitation du barrage de Tichi Haf (cas du 1 ^{ier} trimestre)	28
Figure 13	Schéma du système phase de traitement de l'eau d'Ait R'zine (cas du 1 ^{ier} trimestre)	30
Figure 14	Schéma du système phase de transport de l'eau (cas du 1 ^{ier} trimestre)	31
Figure 15	Schéma du système phase d'utilisation de l'eau (cas du 1 ^{ier} trimestre)	31
Figure 16	Schéma du système phase de fin de vie de l'eau utilisées (cas du 1 ^{ier} trimestre)	32
Figure 17	Graphe de l'empreinte eau rareté par trimestre	33
Figure 18	Graphe de l'impact d'eutrophisation par trimestre	34
Figure 19	Graphe de l'impact d'écotoxicité marine par trimestre	35
Figure 20	Graphe de l'empreinte eau rareté et dégradation	37

Listes des abréviations

Listes des abréviations

ISO : International Standard Organization

ACV : Analyse de Cycle de Vie

ICV : Inventaire du Cycle de Vie

ANBT : Agence Nationale des Barrages et des Transferts

ADE : l'Algérienne Des Eaux

BPSB : la Direction de la Planification et de Suivi des Budgets

ONM : l'Office National de la Météorologie

JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire

FC : Facteur de Caractérisation

UF : Unité fonctionnelle

AEP : Alimentation en Eau Potable

Sommaire

I. Introduction	1
II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau	3
II.1 L'eau	3
II.1.1 La composition de l'eau	3
II.1.2 Le cycle de l'eau	4
II.2 L'Organisation Internationale de Normalisation	5
II.2.1 Présentation de l'Organisation	5
II.2.2 Les normes ISO	5
II.3 Les différents types d'eaux	6
II.3.1 Eau douce	6
II.3.2 Eau saumâtre	6
II.3.3 Eau de surface	6
II.3.4 Eau de mer	6
II.3.5 Eaux souterraines	7
II.3.6 Eau fossile	7
II.3.7 Bassin versant	7
II.4 Termes relatifs à l'eau	7
II.4.1 Utilisation de l'eau	7
II.4.2 Prélèvement d'eau	7
II.4.3 Dégradation de l'eau	7
II.4.4 Qualité de l'eau	8
II.4.5 Disponibilité en eau	8
II.4.6 L'eutrophisation de l'eau	8
II.4.7 L'écotoxicité	8
II.5 Termes relatifs à l'analyse du cycle de vie et à l'évaluation de l'empreinte eau	8
II.5.1 L'empreinte eau	8
II.5.2 Evaluation de l'empreinte eau	9
II.5.3 Cycle de vie	9
II.5.4 Analyse du cycle de vie (ACV)	9
II.5.5 Inventaire du cycle de vie ICV	9
II.5.6 Evaluation de l'impact de l'empreinte eau	10
II.6 Les barrages	10
II.7 Le traitement des eaux	10
II.8 Le traitement des eaux de surface	10
III. Matériels et méthodes	12
III.1 Définition des objectifs et du champ de l'étude	12
III.1.1 Définition des objectifs	12
III.1.2 Définition de champ de l'étude	13
III.1.3 Présentation du barrage de Tichi Haf	18
III.1.4 Présentation de la station de traitement Tichi Haf, à Ait R'zine (unité de production Akbou)	20
III.1.5 le système étudié	20
III.2 la phase d'inventaires	25
IV. Résultats et interprétations	33
IV.1 Evaluation d'impact et interprétations	33
IV.1.1 Evaluation d'impact et interprétation par impact par trimestre	33
IV.1.2 Evaluation d'impact et interprétation par dominance de l'empreinte eau rareté et dégradation	36
Conclusion	38
Bibliographie	
Annexes	

I- INTRODUCTION

I. Introduction

Si la Terre s'appelle la planète bleue, ce n'est pas un hasard. Elle est recouverte à 71% d'eau et de couleur bleue clairement visible sur les images satellitaires (**Belhadji, 2017**).

L'eau douce est essentielle à toutes les formes de vie et en effet fondamentale pour la santé de l'Homme, le développement durable sur le plan socio-économique et la sécurité alimentaire. A l'aube du troisième millénaire, le secteur de l'eau est confronté à de nouvelles mutations qui s'opèrent partout dans le monde : la croissance de la population, les migrations, l'urbanisation, les changements climatiques, l'évolution de l'utilisation des sols et le développement économique (**Dahinden, 2012**).

La consommation humaine de l'eau ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne. Ainsi, on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface (**Belhadji, 2017**).

En Algérie, l'eau est une ressource rare, fragile et inégalement répartie sur le territoire. La demande en eau est continuellement en augmentation et l'utilisation des eaux de surface s'avère une nécessité incontournable. (**Belhadji, 2017**).

La question de l'eau et de sa gestion est devenue de plus en plus centrale dans le débat mondial sur le développement durable. Cet intérêt a été suscité par la demande croissante en eau, la rareté de l'eau de plus en plus criante dans de nombreuses régions et/ou la dégradation de la qualité de l'eau. Cela entraîne la nécessité d'une meilleure compréhension des impacts relatifs à l'eau en vue d'améliorer la gestion de l'eau au niveau local, régional, national et mondial (**ISO, 2014**).

Il est souhaitable, par conséquent, de disposer de techniques d'évaluation appropriées pouvant être utilisées de manière cohérente à l'échelle internationale (**ISO, 2014**).

Dans cette étude nous essayerons d'évaluer l'empreinte eau rareté et dégradation de production de 180 L/H/J d'eau de bonne qualité à partir du barrage de Tichi Haf, destinée à l'utilisation des habitants des 20 communes de la Wilaya de Bejaia, qui sont alimentées à partir du même barrage et ce, pour les quatre trimestres de l'année 2017.

L'étude se basera sur les quatre étapes de l'approche méthodologique de la norme ISO 14044 et la norme ISO 14046 ; définir l'objectif et le champ de l'étude, suivi de la phase d'inventaire et l'évaluation de l'impact, et enfin nous terminerons par l'interprétation des résultats.

I. Introduction

Le système d'étude est composé de six phases : la construction du barrage, l'exploitation du barrage, le traitement de l'eau brute issue du barrage, la distribution (adduction), l'utilisation de l'eau par le citoyen et la dernière phase est la fin de vie.

En l'absence de stations d'épurations pour les vingt communes alimentées du barrage de Tichi Haf, nous prendrons en considération celle de Sidi Ali Lebhar, qui traite une partie des eaux usées de la commune de Bejaia.

Afin de mieux situer sur le contexte dans lequel s'inscrit cette étude, une revue de la littérature est présentée sur l'eau et l'empreinte eau, le deuxième volet est voué à la mise en œuvre de matériels et méthodes utilisés.

Enfin le troisième chapitre comporte résultats et interprétations.

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.1. L'eau

II.1.1 La composition de l'eau

L'eau est constituée essentiellement de molécule de H₂O et des constituants d'éléments chimiques et d'oligoéléments, principalement, très important dans l'alimentation de l'humain. La réglementation nationale et internationale fixés des paramètres de qualité pour les eaux de consommation humaine (Tab. 1).

Tableau I : les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (**JORADP, 2011**)

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en Ca	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité Ph	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Températures	°C	25
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	0
	Entérocoques	n/100 ml	0
	Bactéries sulfite-réductrices y compris les spores	n/20 ml	0

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.1.2. Le cycle de l'eau

L'eau circule en permanence dans l'atmosphère sur la terre et sous la terre, entraînée dans un cycle sans fin. Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore et devient de la vapeur d'eau qui forme les nuages. Les nuages sont poussés par le vent. Lorsqu'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense. Elle retombe sur le sol, sous forme de pluie, de neige ou de grêle. L'eau ainsi retombée ruisselle sur le sol ou s'infiltrate dans le sous-sol. Elle vient grossir les fleuves, qui eux-mêmes retournent à la mer et le cycle recommence (Fig.1) (http://www.luciademedrano.es/Comenius/Materiales/eau_1_niveau.pdf).

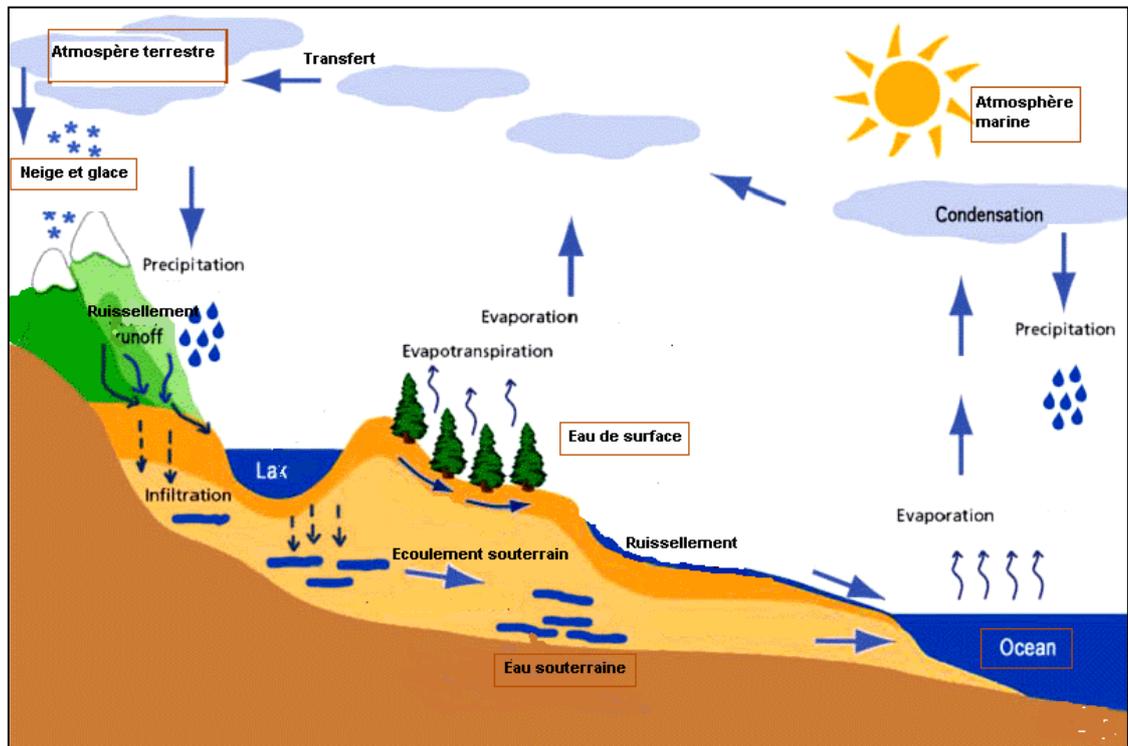


Figure 01 : Cycle de l'eau dans la nature (Bouziani, 2015)

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.2 L'Organisation Internationale de Normalisation

II.2.1 Présentation de l'Organisation

Le nom **ISO** (International Standard Organization), choisi pour être identique dans toutes les langues un exemple de normalisation, est un organisme non gouvernemental de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 165 pays. Cette organisation, créée en 1947, a pour but de produire des normes internationales dans les domaines industriels et commerciaux appelées normes ISO. Elles servent les intérêts du public, en général, lorsque celui-ci agit en qualité de consommateur et utilisateur. Le secrétariat central de l'ISO est situé à Genève, en Suisse. Il assure aux membres de l'ISO le soutien administratif et technique, coordonne le programme décentralisé d'élaboration des normes et procède à leur publication (<https://www.iso.org/fr/about-us.html>)

II.2.2 Les normes ISO

(a) Définition de la norme

Les Normes internationales sont des rouages indispensables. Elles établissent des spécifications de premier ordre pour les produits, les services et les systèmes dans une optique de qualité, de sécurité et d'efficacité. Elles jouent un rôle prépondérant pour faciliter le commerce international (<https://www.iso.org/fr/about-us.html>)

(b) La norme ISO 14046

« Management environnemental (Empreinte eau), principes, exigences et lignes directrices » :

La présente Norme internationale a pour objectif de fournir aux organisations, aux gouvernements et autres parties intéressées du monde entier une vision transparente, cohérente, reproductible et crédible pour les évaluations et les comptes rendus de l'empreinte eau des produits, des processus ou des organisations (**ISO, 2014**).

- **Domaine d'application**

La présente norme internationale spécifie les principes, les exigences et les lignes directrices relatifs à l'évaluation de l'empreinte eau des produits, des processus et des organisations basées sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). Elle fournit les principes, les exigences et les lignes directrices pour la conduite et le compte rendu d'une évaluation de l'empreinte eau en tant qu'évaluation autonome, ou en tant que partie d'une évaluation environnementale plus complète (**ISO, 2014**).

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

(c) La norme ISO 14044

« Management environnemental (Analyse du cycle de vie) » :

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) traite les aspects environnementaux et les impacts environnementaux potentiels, par exemple l'utilisation des ressources et les conséquences environnementales des émissions, tout au long du cycle de vie d'un produit, de l'acquisition des matières premières à sa production, son utilisation, son traitement en fin de vie, son recyclage et sa mise au rebut (à savoir, « du berceau à la tombe ») (ISO, 2006).

La présente norme internationale couvre deux types d'études : les études d'analyse du cycle de vie (ACV), et les études d'inventaire du cycle de vie (ICV). Les études d'ICV sont similaires aux études d'ACV, mais ne comportent pas de phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie. Il convient donc de ne pas confondre les études d'ICV avec la phase d'inventaire d'une étude d'ACV (ISO, 2006).

II.3 Les différents types d'eaux

II.3.1 Eau douce

Eau contenant une faible concentration de solides dissous, l'eau douce contient normalement moins de 1 000 mg/l de solides dissous et elle est généralement considérée comme appropriée pour être prélevée et soumise à un traitement conventionnel afin de produire de l'eau destinée à la consommation humaine (ISO, 2014).

II.3.2 Eau saumâtre

Eau contenant des solides dissous avec une concentration inférieure à celle de l'eau de mer, mais en quantités dépassant les spécifications normalement acceptables pour un usage communal, domestique ou d'irrigation, la concentration totale de solides dissous dans l'eau saumâtre peut varier de 1 000 mg/l à 30 000 mg/l (ISO, 2014).

II.3.3 Eau de surface

Eau superficielle de ruissellement ou de stockage telle que les rivières et les lacs, à l'exclusion de l'eau de mer (ISO, 2014).

II.3.4 Eau de mer

Eau d'une mer ou d'un océan. L'eau de mer a une concentration de solides dissous supérieure ou égale à 30 000 mg/l (ISO, 2014).

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.3.5 Eaux souterraines

C'est une eau contenue dans une formation souterraine et qui peut en provenir (ISO, 2014).

II.3.6 Eau fossile

C'est une eau souterraine dont la durée de régénération naturelle dépasse l'échelle de temps de la vie humaine. Le terme « eau non renouvelable » est parfois utilisé pour ce concept (ISO, 2014).

II.3.7 Bassin versant

C'est une zone depuis laquelle le ruissellement superficiel direct dû aux précipitations s'écoule par gravité dans un cours d'eau ou un autre *réservoir d'eau*, les termes « bassin hydrologique », « bassin récepteur » et « bassin fluvial » sont parfois utilisés pour le concept de « bassin versant » (ISO, 2014).

II.4 Termes relatifs à l'eau

II.4.1 Utilisation de l'eau

L'utilisation de l'eau par l'activité humaine inclut, sans toutefois s'y limiter, tout prélèvement d'eau, rejet d'eau ou autre activité humaine à l'intérieur du bassin versant, ayant un impact sur le débit et/ou la qualité de l'eau, y compris les utilisations sans prélèvement telles que la pêche, les loisirs, le transport (ISO, 2014).

Le terme « consommation d'eau » est souvent utilisé pour décrire l'eau extraite d'un bassin versant et n'y retournant pas. La consommation d'eau peut être due à l'évaporation, la transpiration, l'intégration dans un produit, ou au rejet dans un autre bassin versant ou dans la mer (ISO, 2014).

II.4.2 Prélèvement d'eau

Extraction anthropique d'eau d'un réservoir d'eau, ou d'un bassin versant, de manière permanente ou temporaire. Le terme « captage d'eau » est parfois utilisé pour ce concept (ISO, 2014).

II.4.3 Dégradation de l'eau

C'est l'évolution négative de la qualité de l'eau (ISO, 2014).

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.4.4 Qualité de l'eau

Ce sont des caractéristiques physiques (thermiques par exemple), chimiques et biologiques de l'eau eu égard à son adéquation pour une utilisation envisagée par l'Homme ou par des écosystèmes (ISO, 2014).

II.4.5 Disponibilité en eau

C'est le degré selon lequel les Hommes et les écosystèmes disposent de ressources en eau suffisantes pour leurs besoins. La qualité de l'eau peut également avoir une influence sur la disponibilité, par exemple si la qualité n'est pas suffisante pour répondre aux besoins des utilisateurs (ISO, 2014).

II.4.6 L'eutrophisation de l'eau

L'eutrophisation est le phénomène d'enrichissement excessif des eaux en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore stimulateurs de la production primaire. C'est un problème qui se pose depuis longtemps dans les eaux douces et se trouve accéléré par les déchets agricoles et industriels suite aux activités anthropiques. Il représente une menace croissante pour les plans d'eau en général et induit une dégradation importante de la qualité des eaux. Ceci peut se traduire par des pertes économiques et des risques pour la santé humaine. (Lacaze, 1996).

II.4.7 L'écotoxicité

Quantifie les impacts potentiels sur les écosystèmes causés par l'émission de polluant toxique dans l'air, l'eau et le sol (Barna L., Beneto E., 2006)

II.5 Termes relatifs à l'analyse du cycle de vie et à l'évaluation de l'empreinte eau

II.5.1 L'empreinte eau

Indicateur(s) quantifiant les impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau. Si les impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau n'ont pas été évalués de manière exhaustive, le terme « empreinte eau » ne peut être appliqué qu'avec un qualificatif. Un qualificatif consiste en un ou plusieurs mots supplémentaires utilisés conjointement au terme « empreinte eau » afin de décrire la ou les catégories d'impact étudiées dans le cadre de l'évaluation de l'empreinte eau, par exemple, « empreinte de la rareté de l'eau », « empreinte de l'acidification de l'eau ». (ISO, 2014).

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

Rappel: Cadre de l'empreinte Eau

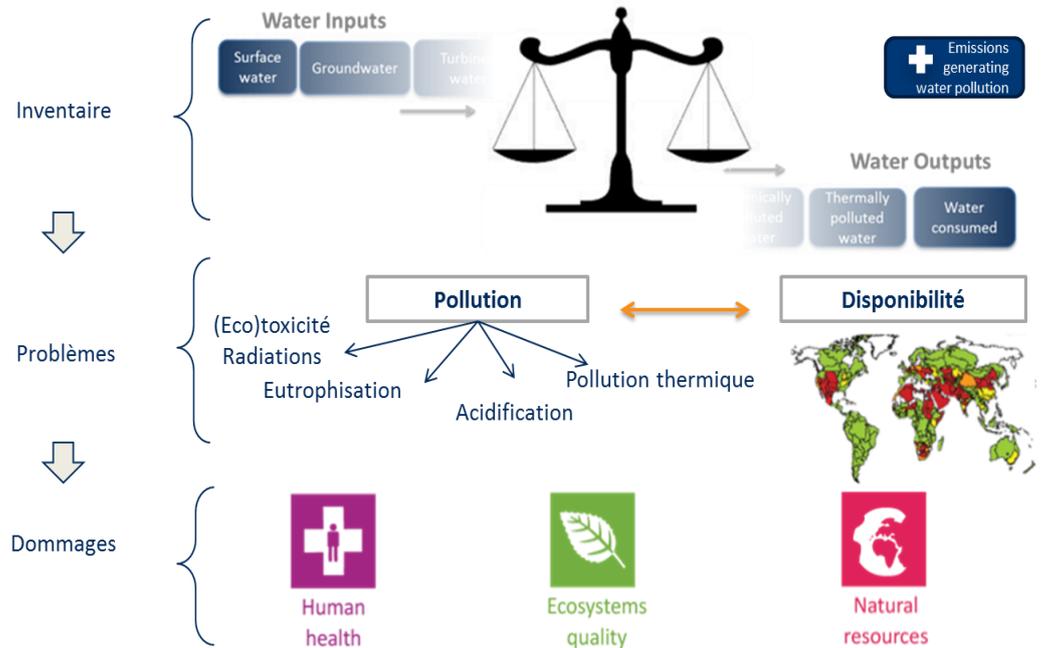


Figure 02 : Le cadre de l'empreinte eau (ISO, 2014)

II.5.2 Evaluation de l'empreinte eau

Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau utilisée ou affectée par un produit, un processus ou une organisation (ISO, 2014).

II.5.3 Cycle de vie

Phases consécutives et liées d'un système de produits, de l'acquisition des matières premières ou de la génération des ressources naturelles à l'élimination finale (ISO, 2014).

II.5.4 Analyse du cycle de vie (ACV)

Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie (ISO, 2006).

II.5.5 Inventaire du cycle de vie ICV

Phase de l'analyse du cycle de vie, impliquant la compilation et la quantification des intrants et des extrants, pour un système de produits donné au cours de son cycle de vie (ISO, 2006).

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

II.5.6 Evaluation de l'impact de l'empreinte eau

Phase d'une évaluation de l'empreinte eau, après l'inventaire de l'empreinte eau, destinée à comprendre et évaluer l'ampleur et l'importance des impacts environnementaux potentiels relatifs à l'eau d'un produit, d'un processus ou d'une organisation (ISO, 2014).

II.6 Les barrages

Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à en réguler son débit et/ou à stocker de l'eau, notamment pour le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture, une réserve d'eau potable (Touati, 2010).

II.7 Le traitement des eaux

Le traitement de l'eau est un procédé obéissant à des procédures très précises. Il dépend de la qualité initiale de l'eau, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau traitée est en permanence analysée, car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition (Algérienne Des Eaux, 2018).

L'objectif du traitement est de protéger les consommateurs de micro-organismes pathogènes et d'impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé (Algérienne Des Eaux, 2018).

Une eau de surface issue d'un barrage suivra toujours un traitement complet, physique et chimique, alors qu'une eau souterraine (forage) n'est soumise qu'à un traitement chimique de désinfection, avec de l'hypochlorite de calcium ou de sodium (eau de javel à 48°) (Algérienne Des Eaux, 2018).

II.8 Le traitement des eaux de surface

La filière classique de traitement, quelle que soit l'origine de l'eau, est constitués d'une désinfection, étape obligatoire, préalable aux étapes (Fig. 3) :

II. Revue de la littérature sur l'eau et l'empreinte eau

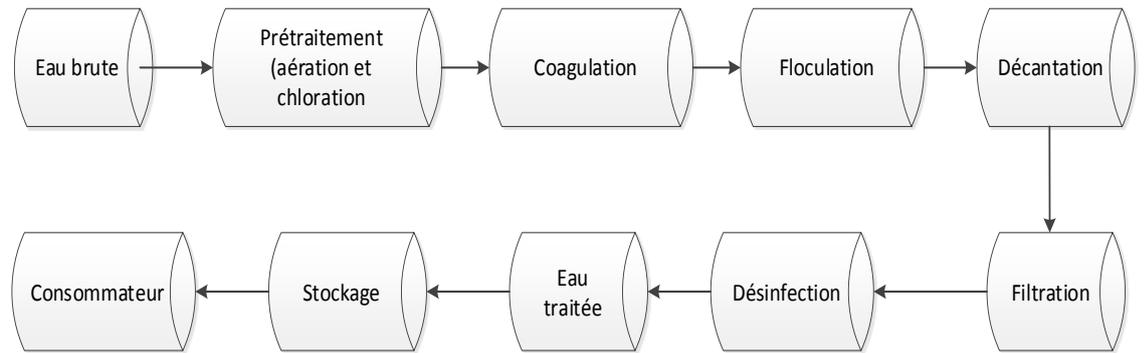


Figure 03 : Les étapes de traitement de l'eau du barrage de Tichi Haf, dans la station de traitement d'Ait R'zine (Algérienne Des Eaux, 2018).

III. Matériels et méthodes

III. Matériels et méthodes

Il y a quatre phases dans une étude de l’empreinte eau (Fig. 04) :

- La phase de définition des objectifs et du champ de l’étude,
- La phase d’inventaire,
- La phase d’évaluation de l’impact,
- La phase d’interprétation.

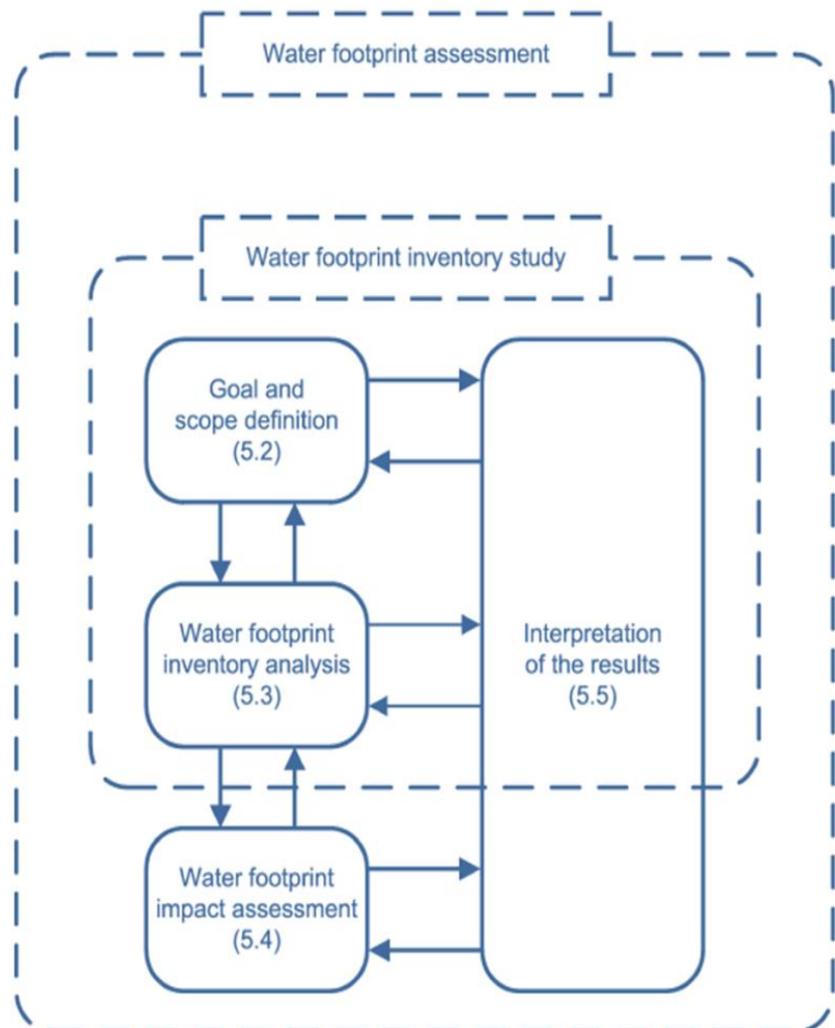


Figure 04 : Les phases de l’empreinte eau (ISO, 2014)

III.1. Définition des objectifs et du champ de l’étude

III.1.1. Définition des objectifs

L’objectif de cette étude est d’évaluer l’empreinte eau, rareté et dégradation (écotoxicité marine et eutrophisation), pour produire 180 litre d’eau pour un usage domestique d’un habitant de la Wilaya de Bejaia et ce, à partir du barrage de Tichi Haf, ainsi, il serait possible de déterminer quelle(s) phase (s) la plus impactante dans le système.

III. Matériels et méthodes

La fonction du système, la potabilité de l'eau permet la survie des êtres vivants et les activités humaines fondamentales. Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de la définir, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

III.1.2. Définition du champ de l'étude

- **La Wilaya de Bejaia**

La wilaya de Bejaia est située au Nord Est de l'Algérie, d'une superficie de 3 268 Km², sur le littoral Méditerranéen, sur une longueur de 95 Km. Elle est traversée par l'Oued Soummam et l'Oued Boussellam. Elle est délimitée par les Wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'Ouest, Bouira et Bordj Bou Arreridj au Sud, Sétif et Jijel à l'Est et la mer Méditerranéenne au Nord (**Direction de la Planification et de Suivi des Budgets, 2018**).

- **La commune de Bouhamza**

La commune de Bouhamza, est située au Sud-ouest de la wilaya de Bejaia, sur le versant Nord de l'Oued Boussellam. C'est une nouvelle commune, issue du dernier découpage administratif (1984). Elle fait partie de la daïra de Seddouk, et est limitée administrativement comme suit :

- Au Nord, par la commune d'Amalou,
- Au Sud, par les communes de Tamokra et d'Ait R'zine,
- A l'Est, par la commune de Beni Maouche,
- À l'Ouest, par la commune d'Akbou.

Elle compte environ 9 719 habitants en 2017. Elle s'étend sur une superficie de 77,86 km², soit une densité moyenne d'environ de 125 personnes au km²(**Direction de la Planification et de Suivi des Budgets, 2018**).

a. Hydrologie

La commune de Bouhamza est située dans le bassin versant de Boussellam qui passe à sa limite Sud et Sud-Ouest. Le réseau hydrographique est très dense (Fig. 5), cette densité est liée au relief et à l'altitude (**Direction de la Planification et de Suivi des Budgets, 2018**).

III. Matériels et méthodes

b. La Climatologie

En l'absence d'observations au niveau de la région étudiée nous avons utilisées les données recueillies de la station météorologique de Bejaia auxquelles nous avons appliqué la méthode de correction proposée par Seltzer en 1946 et décrite ci-dessous. La période d'observation pour les précipitations s'étale sur 48 ans (de 1970 à 2017) et pour les températures 40 ans (**Office National de la Météorologie, Station Bejaia, 1978 à 2017**).



Figure 05 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Boussellam (Lambardi,1984).

III. Matériels et méthodes

c. Température

L'abaissement des températures maximales est de **0,65°C** pour une élévation de **100m** d'altitude et celle de minimales est de l'ordre de **0,4°C** pour la même élévation d'altitude. L'altitude maximale de notre zone d'étude est de l'ordre de **1674 m** et l'altitude minimale est de **2 m**. Ce qui signifie que l'altitude moyenne de notre zone d'étude est d'environ **836 m**.

Tableau II : Températures moyennes mensuelles en degrés Celsius corrigées de la région d'étude pour la période (**Office National de la Météorologie, Station Bejaia, 1978-2017**).

Mois T (°C)	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
T° max	11,15	11.62	13.28	15.01	17.53	21.03	24.13	24.88	22.79	20.07	15.42	12.27
T° min	4.14	4.33	5.69	7.49	10.63	14.33	17.33	17.91	15.8	12.56	8.44	5.33
T° moy	7.64	7.97	9.48	11.25	14.08	17.68	20.73	21.39	19.29	16.31	11.93	8.8

T° max: Température maximale.

T° min: Température minimale.

T° moy : $(T^{\circ} \text{max} + T^{\circ} \text{min}) / 2$: Température moyenne.

Le tableau II représente les données de températures minimales (**T° min**), maximales (**T° max**) et moyennes (**T° moy**). Il en ressort que le mois de janvier est le plus froid à une valeur **4.14 °C**, alors que les mois de juillet et août sont les plus chauds à des valeurs **24.13°C** et **24.88°C**.

d. Les précipitations

Les précipitations ont un rôle très important en région méditerranéenne. Elles sont caractérisées par leur régime irrégulier et leur répartition inégale (sécheresse de l'été). Elles se présentent essentiellement sous forme de pluie mais aussi sous forme de neige en période hivernale et au printemps (**Sersoub, 2012**).

Pour les précipitations, une élévation de **100m** d'altitude va engendrer un gradient pluviométrique de l'ordre de **40mm** (**Seltzer, 1946**).

Les précipitations moyennes annuelles de Bejaia ($P_{an}=783.85\text{mm}$) (Tab. III).

Les précipitations moyennes annuelles corrigées du bassin versant Boussellam ($P'_{an}=783.85+334.4=1118.25\text{mm}$).

Donc, le rapport $K = P_{an} / P'_{an}$ est égal à 0.7 ($K=0.7$).

Les précipitations mensuelles du site de bassin versant Boussellam sont le résultat du produit des données brutes de la station de Bejaia par le coefficient **K=0.7**.

III. Matériels et méthodes

Tableau III : La répartition des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bejaia et notre région d'étude (**Office National de la Météorologie, Station Bejaia, 1970-2017**).

Mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	P (mm)
Bejaia	110.75	93.35	86.27	68.61	42.12	13.68	5.95	12.05	48.91	76.84	101.44	123.9	783.85
Bou Sellam	77.52	65.34	60.38	48.02	29.48	9.57	4.16	8.43	34.23	53.78	71	86.71	548.62

Le régime pluviométrique de Bassin versant de Boussellam présente une certaine variabilité. La moyenne la plus basse est enregistrée durant le mois de Juillet avec **4.16mm**, alors que le mois les plus pluvieux est Décembre et Janvier avec des moyennes mensuelles de **86.71mm** et **77.52mm**.

e. Synthèse des données climatiques

1- Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

D'après Bagnouls et Gaussen (1957) un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P, exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne T, du mois, exprimée en degré Celsius. Partant de ce principe, la durée et l'importance de la période sèche peuvent être déterminées par le diagramme ombrothermique proposé par ces deux auteurs (Fig. 6). Ce diagramme est obtenu par un graphique où les mois de l'année sont en abscisse, les précipitations moyennes mensuelles (P en mm), en ordonnée de droite, les températures (T en degrés centigrades), en ordonnée de gauche et à une échelle double. La période sèche s'individualise lorsque la courbe des précipitations passe sous celle des températures, c'est à dire lorsque $P < 2T$.

Tableau IV : les données climatiques corrigées (températures moyennes et hauteurs totales mensuelles des précipitations) (**Office National de la Météorologie, Station Bejaia, 1970-2017**).

mois	J	F	M	A	M	J	JUI	A	S	O	N	D
T° moy	7,64	7,97	9,48	11,25	14,08	17,68	20,73	21,39	19,29	16,31	11,93	8,8
P (mm)	79,45	64,09	57,84	45,72	29,07	9,19	3,62	8,98	33,17	49,95	71,65	90,06

III. Matériels et méthodes

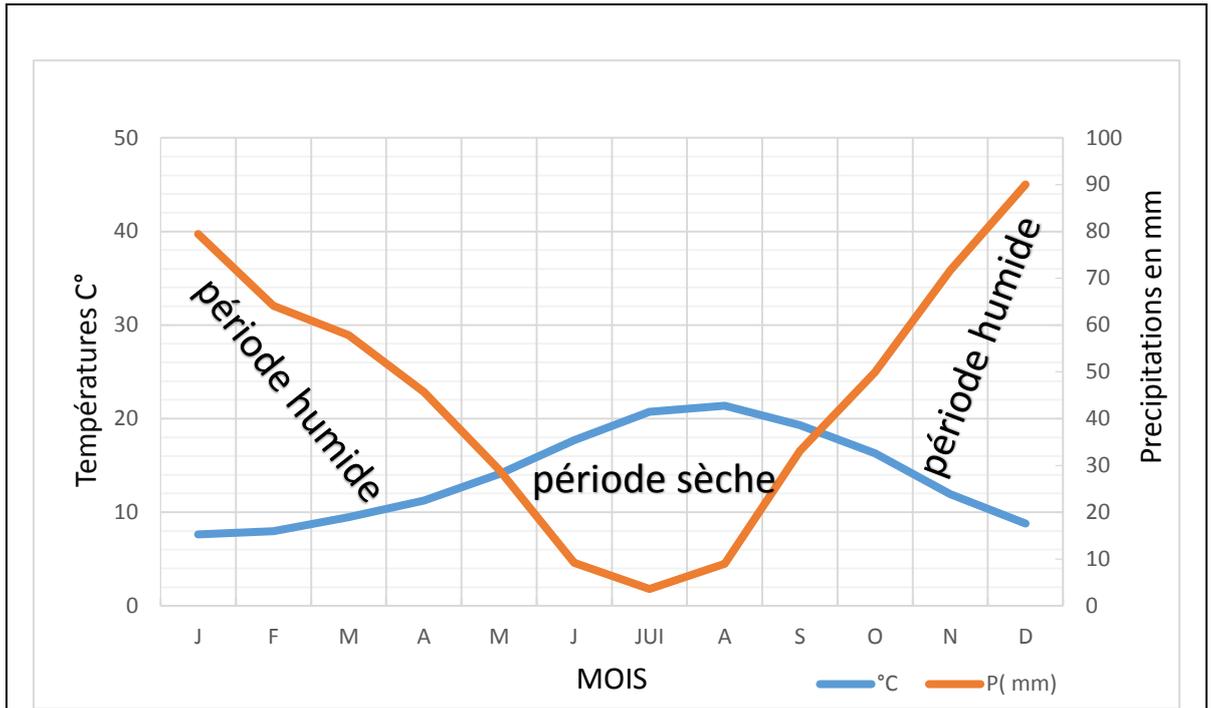


Figure 06 : diagramme Ombrothermique Bagnouls et Gaussen de notre zone d'étude (bassin versant Boussellam) (1978-2017).

Le diagramme pluviothermique obtenu montre l'existence de deux périodes. La période sèche débute dès la deuxième semaine du mois de Mai jusqu'à la fin du mois de septembre et la période humide commence le début d'octobre jusqu'au début du mois de mai.

2- Climagramme d'Emberger

La classification bioclimatique la plus utilisée en Afrique du Nord et particulièrement en Algérie, est celle d'Emberger corrigé par Stewart, et cela en se basant sur les données de températures et de précipitations. Le Climagramme d'Emberger (Fig. 7) est exprimé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

P : Précipitation annuelle moyenne.

M : Maximum annuel moyen de la température.

m : Minimum annuel moyen de la température.

- Calcul de Q_2 pour notre région d'étude (bassin versant boussellam) : P= 548.62 mm, M=24.88°C, m=4.14°C

$$Q_2 = \frac{3.43 \cdot 542.79}{24.88 - 4.14} \quad Q_2 = 89.76$$

III. Matériels et méthodes

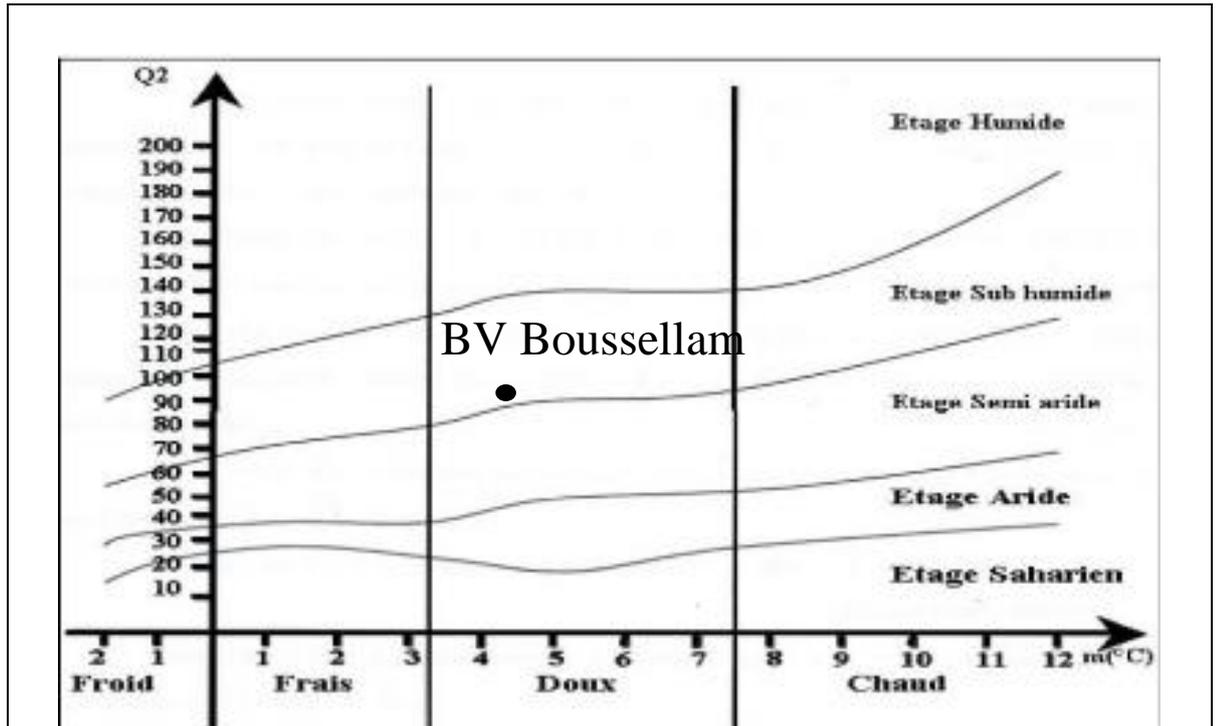


Figure 07: classification climatique de la région d'étude d'après le diagramme d'Emberger

f. Les vents :

A défaut de données locales, celles de Bejaia peuvent être considérées géographiquement similaires à quelques différences près, pour ce qui est des vents du sud, en raison de la situation d'abri de la plaine, du fait de la présence de l'amphithéâtre de montagnes qui l'entoure, les directions dominantes des vents sont les suivantes selon la période de la journée (**Office National de la Météorologie, Station Bejaia, 2017**) :

- Elles sont Ouest et Nord-Ouest tôt dans la matinée ;
- Elles sont plutôt Nord-Est et ensuite est et ouest à la mi-journée ;
- Elles sont surtout Nord-Est et ensuite Ouest et Nord-Ouest ;

III.1.3 Présentation du barrage de Tichi Haf

Le Barrage de Tichi Haf, d'une hauteur de 84 m et longueur de 70 Km, est situé près du village Mahfouda, commune de Bouhamza, dans la daïra de Seddouk, Wilaya de Bejaia (36° 23' 26" Nord, 4° 23' 25" Est). Il est implanté sur le lit de l'Oued Bousellam, un des affluents de l'Oued Soummam, à environ 20 Km de la vallée de la Soummam. Il se situe à 7 Km à l'amont de la station hydrométrique de Sidi Yahia. La surface du bassin versant au site du barrage est de 3980 km², la capacité de la retenue est de **81844 Hm³**. (**Coyne et Bellier, 1996**).

III. Matériels et méthodes

III.1.4 Présentation de la station de traitement Tichi Haf, à Ait R'zine (unité de production Akbou)

La station de traitement d'Ait R'zine est située, approximativement à une distance de 2,5 Km du barrage de Tichi Haf, sur la rive gauche de l'Oued Bousellam, sur une superficie de 5 Ha environs (**Station de traitement de l'eau de barrage -Ait R'zine-, 2018**).

La station a été créée le 28 Avril 2011. Elle est dotée d'un laboratoire d'analyse équipé d'un matériel permettant d'effectuer toutes les analyses physico chimiques et bactériologiques et cela conformément aux Normes Algériennes et Internationales. Vingt (20) communes sont raccordées directement au Transfert principal de Tichi Haf. (**Station de traitement de l'eau de barrage -Ait R'zine-, 2018**).

L'eau traitée au niveau de cette station sera acheminée vers deux autres stations, l'une est située à Tamokra et l'autre à Timezrit, dans lesquelles une chloration est rajoutée en cas de nécessité (**Station de traitement de l'eau de barrage -Ait R'zine-, 2018**).

III.1.5. Le système étudié

Cette partie précise les étapes de l'analyse de l'empreinte eau. Les étapes de ce système sont : la réalisation, l'exploitation du barrage, la production, le transport (la distribution), l'utilisation et la fin de vie (Fig. 09, 10).

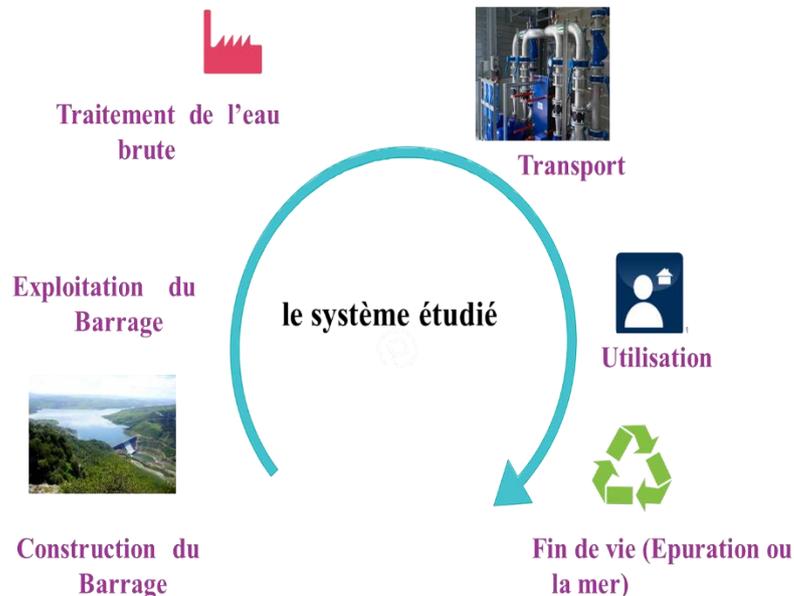


Figure 09 : Le système étudié

III. Matériels et méthodes

➤ Phases de cycle de vie incluses dans l'étude

- Réception de l'eau dans le barrage ;
- Traitement de l'eau acheminée du barrage dans la station de traitement d'Ait R'zine et chloration dans la station de Timezrit.
- Distribution (transport) de l'eau vers les réservoirs via les conduites et les pompes ;
- Transport de l'eau des réservoirs vers le consommateur ;
- Utilisation : consommation d'eau et d'énergie ;
- Transport des eaux usées des habitations vers la station d'épuration des eaux usées (Sidi Ali Lebhar) ;
- Fin de vie du produit (eau).

➤ Phases de cycle de vie exclues dans l'étude

L'étude menée a exclu la prise en compte des biens d'investissements. Ces biens d'investissements sont ;

- Le volume d'eau du barrage évaporé, car la Direction du barrage de Tichi Haf n'a pas réalisé un bassin d'évaporation ;
- La fabrication des produits chimiques utilisés dans le traitement de l'eau brute et les eaux usées domestiques, cause absence de données fiables.
- La phase de construction du barrage est exclue de l'interprétation, vu le temps alloué à ce présent mémoire.

a. Les hypothèses

Nous prenons en considération les données de l'Algérienne des Eaux. La dotation théorique d'un habitant par jour en eau potable est de 180 litre, pour l'année 2017. Donc notre étude se basera sur les 180 litres d'eau de qualité satisfaisante répondant à la norme nationale de potabilité pour l'utilisation et consommation humaine d'un habitant des 20 communes de la wilaya de Bejaia.

Nous avons plusieurs hypothèses ;

- ✓ Nous supposons que les 180 L d'eau sont utilisés de la manière suivante : 2 litres pour la consommation directe, 50 litres pour la cuisine, 50 litres pour l'hygiène corporelle et le reste pour la lessive et le parterre.
- ✓ Nous supposons que 20% de l'eau utilisées est dirigées vers les stations d'épurations, au nombre de quatre au niveau de la Wilaya de Bejaia. Dans le cas de notre étude, nous ne prendrons en considération que celle de Sidi Ali Lebhar, car c'est la seule station d'épuration qui reçoit les eaux usées issues de l'utilisation de l'eau du barrage de Tichi Haf) et 80% sont rejetées directement à la mer.

III. Matériels et méthodes

- ✓ Nous n'avons pas pris en considération le transport de l'eau du barrage de Tichi Haf vers la station de traitement d'Ait R'zine, car il n'y a pas de consommation d'énergie (le transport se fait par gravité),
- ✓ Nous supposons qu'il n'y a pas de fuites durant le transport (de la station de traitement jusqu'aux ménages), car vu le temps, c'est impossible de vérifier tous les raccordements ;
- ✓ Nous supposons que l'Algérienne des Eaux utilise 50 véhicules (Pick up) pour le suivi des pompes, qui consomment 45L/2J de carburants.

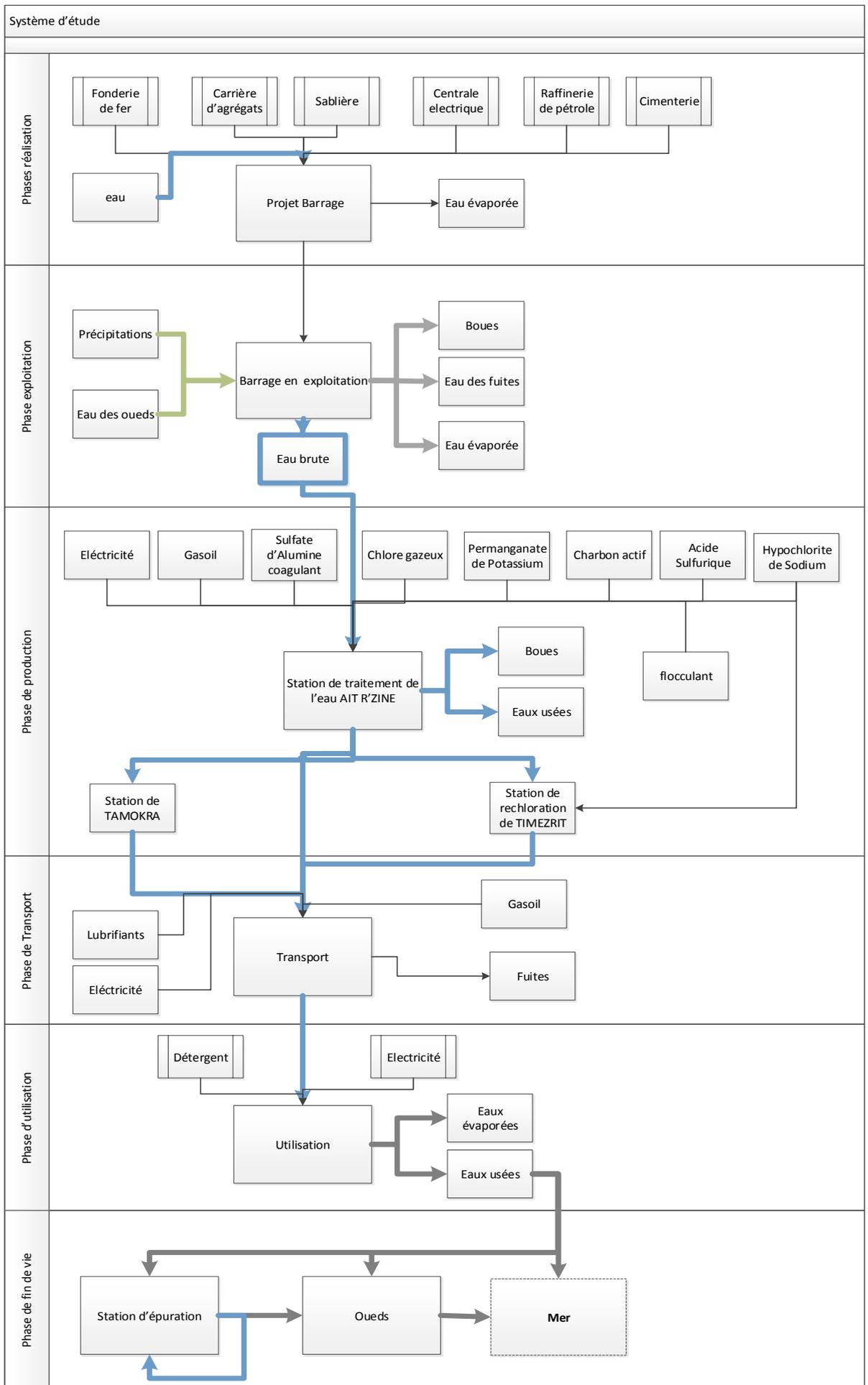


Figure 10 : Schéma du système d'étude

III. Matériels et méthodes

b. Les méthodes de calculs

Les données récoltées ont été converties en fonction du nombre d'habitants des vingt communes de la wilaya de Bejaia, alimentées à partir du barrage de Tichi Haf qui est de 554 365 habitants, par jour et par rapport à la dotation d'une personne qui est de 180 litres d'eau et les résultats sont exprimés par la formule d'**Anne Marie Boulay**, comme suit :

Impact de l'empreinte eau rareté = Facteur de caractérisation (Aware) . X

Impact d'eutrophisation = Facteur de caractérisation (Recipe) . X

Impact d'écotoxicité marine = Facteur de caractérisation (Usetox) . X

- X : c'est la quantité du produit en fonction du nombre d'habitant des 20 communes, par jour et par rapport à l'unité fonctionnelle (180 l d'eau/jour) ;
- Pour le facteur de caractérisation de l'empreinte eau rareté, nous avons utilisé la base de donnée **Aware** relatif à l'Algérie ;

Tableau V : le facteur de caractérisation de l'empreinte eau rareté relatif à l'Algérie selon la base de donnée Aware.

Le produit	Le facteur de caractérisation de l'indice rareté
le gasoil	64,45
l'eau	36,21
les détergents	36,21
l'électricité	64,45
les eaux usées	36,21

- Pour le facteur de caractérisation de l'impact d'eutrophisation, nous avons utilisé la base de donnée **Recipe** ;

Tableau VI : le facteur de caractérisation de l'impact d'eutrophisation selon la base de donnée Recipe.

Le produit	Le facteur de caractérisation de l'impact d'eutrophisation
le gasoil	4.42E-05
l'eau	1.59E-07
les détergents	0,5E-03
l'électricité	0,7E-03
les eaux usées	1,11 E-06

III. Matériels et méthodes

- Pour le facteur de caractérisation de l'impact d'écotoxicité marine, nous avons utilisé la base de donnée **Usetox** ;

Tableau VII : le facteur de caractérisation de l'impact d'écotoxicité marine selon la base de donnée Usetox.

Le produit	Le facteur de caractérisation de l'impact d'écotoxicité marine
le gasoil	5.78E-03
l'eau	1.07E-06
les détergents	0.0041
l'électricité	2.16
les eaux usées	1.84E-06
le permanganate de potassium	2,28 E-03

III.2. La phase d'inventaire

- Les phases du système

a- Phase de construction du barrage de Tichi Haf

Tableau VIII : les quantités de matériaux utilisés durant la phase de construction du barrage de Tichi Haf en fonction de l'unité fonctionnelle

	quantité en fonction UF* (H/J)	Unité
Inputs		
Eau	7,70E-05	m ³
Sable	7,70E-04	Kg
TVO	1,08E-03	Kg
Ferraille	3,87E-06	Kg
Ciment	1,54E-04	Kg
Electricité	8,13E-06	Kwh
Outputs		
Eaux évaporées	7,70E-05	m3

*UF : unité fonctionnelle

III. Matériels et méthodes

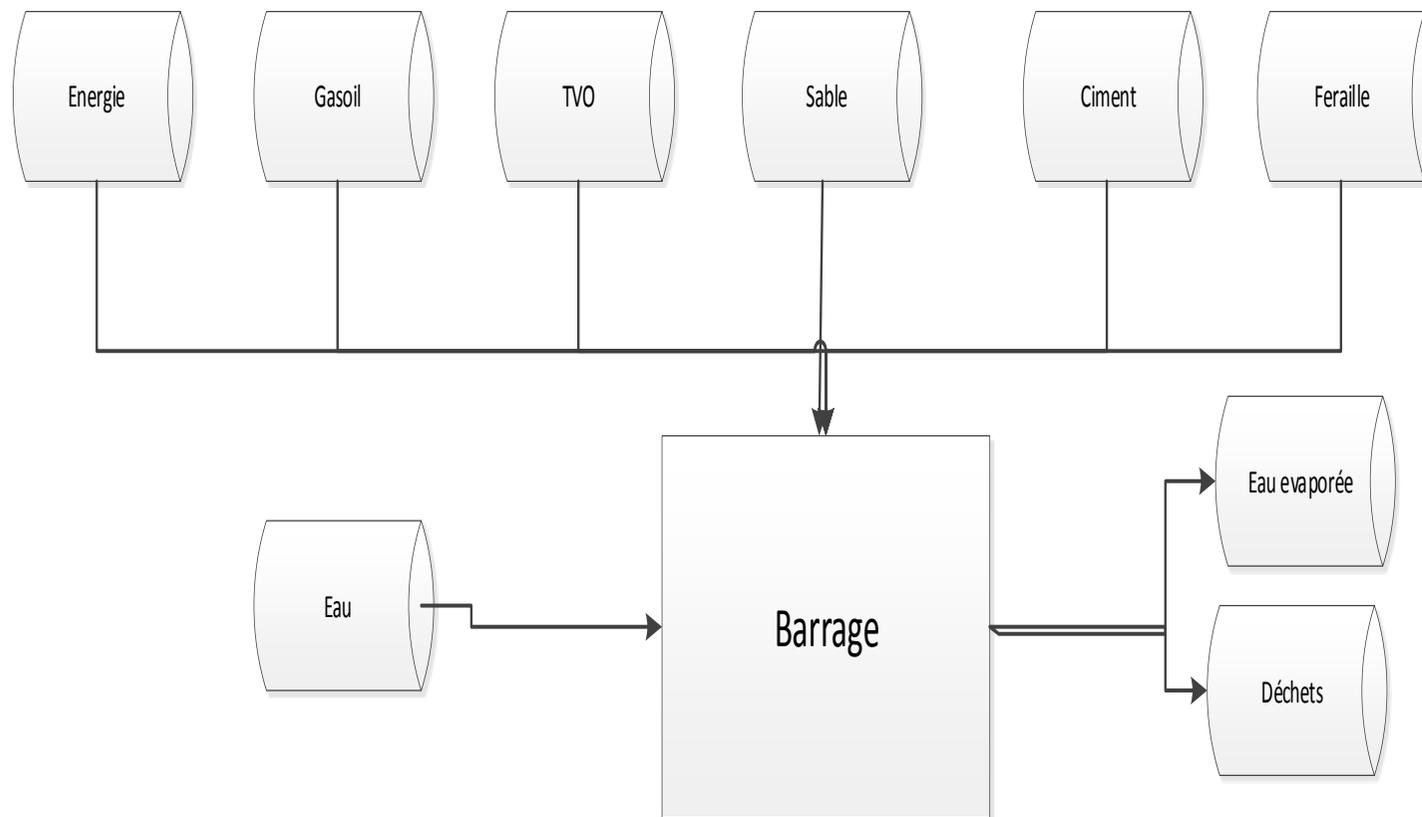


Figure 11 : Schéma du système phase de construction du barrage de Tichi Haf

III. Matériels et méthodes

b- Phase d'exploitation du barrage de Tichi Haf

Tableau IX : les quantités de produits durant la phase d'exploitation du barrage de Tichi Haf en fonction de l'unité fonctionnelle.

	1 ^{er} trimestre 2017		2 ^{ème} trimestre 2017		3 ^{ème} trimestre 2017		4 ^{ème} trimestre 2017	
	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J
Inputs								
Eau des oueds M3	3,22E+00	1,79E+01	3,18E+00	5,72E-01	2,58E+00	4,65E-01	1,75E+00	3,15E-01
Gasoil L	6,01E-06	3,34E-05	4,27E-06	7,68E-07	4,05E-06	7,29E-07	1,40E-06	2,53E-07
Electricité Kwh	4,82E-04	2,68E-03	3,57E-04	6,43E-05	4,08E-04	7,34E-05	4,33E-04	7,79E-05
Outputs								
Perte M3	7,58E-03	4,21E-02	2,81E-03	5,05E-04	7,80E-03	1,40E-03	4,71E-03	8,48E-04
Eau brute M3	3,21E+00	1,78E+01	3,17E+00	5,71E-01	2,58E+00	4,64E-01	1,75E+00	3,14E-01

III. Matériels et méthodes

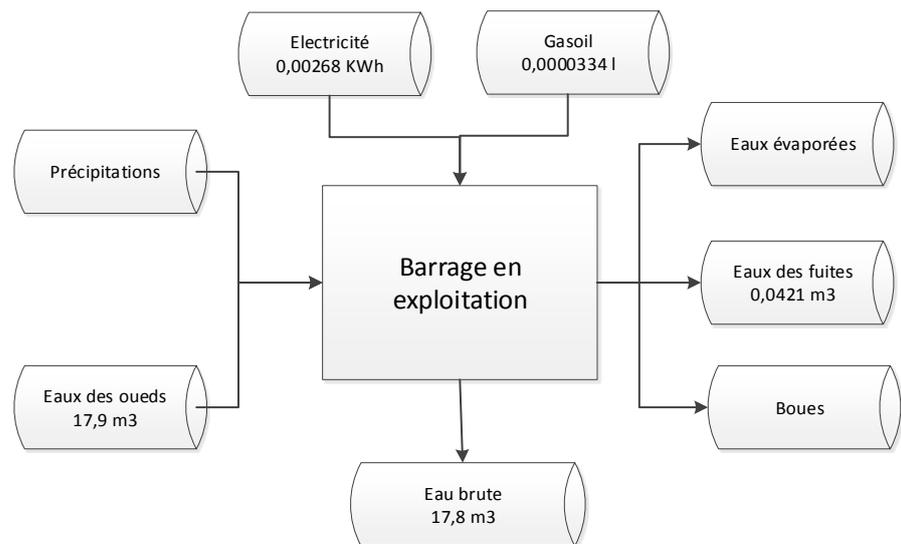


Figure 12 : Schéma du système phase d'exploitation du barrage de Tichi Haf (cas du 1^{er} trimestre).

III. Matériels et méthodes

c- Phase de production

Tableau X : les quantités de produits durant la phase de traitement de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle

	1er trimestre 2017		2ième trimestre 2017		3ième trimestre 2017		4ième trimestre 2017	
	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J
Inputs								
Eau brute M3	1,97E-01	1,09E+00	2,03E-01	1,13E+00	2,14E-01	1,19E+00	2,10E-01	1,16E+00
Gasoil L	1,60E-09	8,91E-09	1,60E-09	8,91E-09	1,60E-09	8,91E-09	1,60E-09	8,91E-09
Electricité Kwh	7,30E-03	4,05E-02	6,39E-03	3,55E-02	6,65E-03	3,70E-02	6,79E-03	3,77E-02
Sulfate d'Alumine Kg	1,20E-03	6,68E-03	8,30E-04	4,61E-03	1,82E-03	1,01E-02	4,45E-03	2,47E-02
Poly électrolyte Kg	8,02E-06	4,45E-05	8,42E-06	4,68E-05	1,64E-05	9,13E-05	2,51E-05	1,39E-04
Hypochlorite de Sodium Kg	4,07E-03	2,26E-02	2,71E-03	1,51E-02	4,43E-03	2,46E-02	1,43E-02	7,94E-02
Chlore gazeux Kg	6,01E-05	3,34E-04	2,51E-04	1,39E-03	4,97E-04	2,76E-03	4,01E-04	2,23E-03
Charbon actif Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,02E-05	4,45E-04	2,10E-04	1,17E-03
Acide sulfurique Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,01E-05	3,34E-04	2,51E-04	1,39E-03
Permanganate de potassium Kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,20E-05	1,22E-04	1,14E-04	6,35E-04
Outputs								
Eau traitée M3	1,90E-01	1,06E+00	1,98E-01	1,10E+00	2,07E-01	1,15E+00	2,01E-01	1,12E+00
Boues M3	6,53E-05	3,63E-04	5,65E-05	3,14E-04	6,80E-05	3,78E-04	8,49E-05	4,71E-04
Eaux usées M3	6,46E-03	3,59E-02	5,59E-03	3,11E-02	6,73E-03	3,74E-02	8,40E-03	4,67E-02

III. Matériels et méthodes

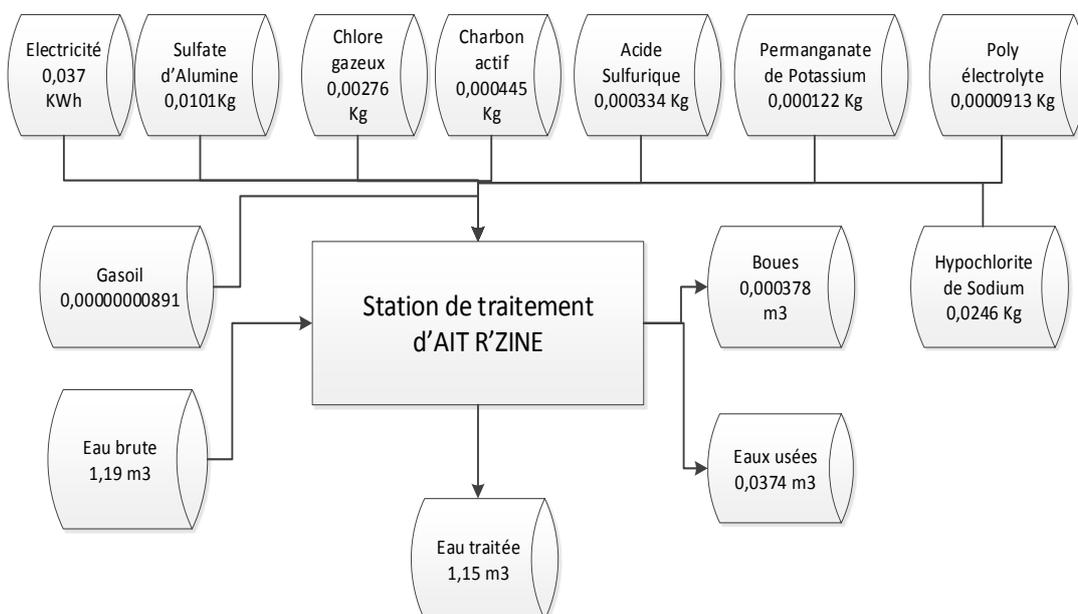


Figure 13 : Schéma du système phase de traitement de l'eau d'Ait R'zine (cas du 1^{ier} trimestre).

d- Phase de transport (distribution) de l'eau

Le transport de l'eau du Barrage de Tichi Haf jusqu'à l'utilisateur se fait par des tuyaux, de 13,1 Km du barrage de Tichi Haf et de 67 Km de la station de traitement d'Ait R'zine aux vingt (20) communes de la Wilaya de Bejaia.

Tableau XI : les quantités de produits durant la phase de transport de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle.

	1 ^{er} trimestre 2017		2 ^{ème} trimestre 2017		3 ^{ème} trimestre 2017		4 ^{ème} trimestre 2017	
	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J
Inputs								
Eau traitée M3	1,90E-01	1,06E+00	1,98E-01	1,10E+00	2,07E-01	1,15E+00	2,01E-01	1,12E+00
Gasoil L	1,13E+03	1,92E-03	1,13E+03	1,85E-03	1,13E+03	1,76E-03	1,01E+05	1,82E-03
Electricité KWh	1,46E-02	8,10E-02	1,28E-02	7,09E-02	1,33E-02	7,39E-02	1,36E-02	7,55E-02
Outputs								
Eau traitée M3	1,90E-01	1,06E+00	1,98E-01	1,10E+00	2,07E-01	1,15E+00	2,01E-01	1,12E+00

III. Matériels et méthodes

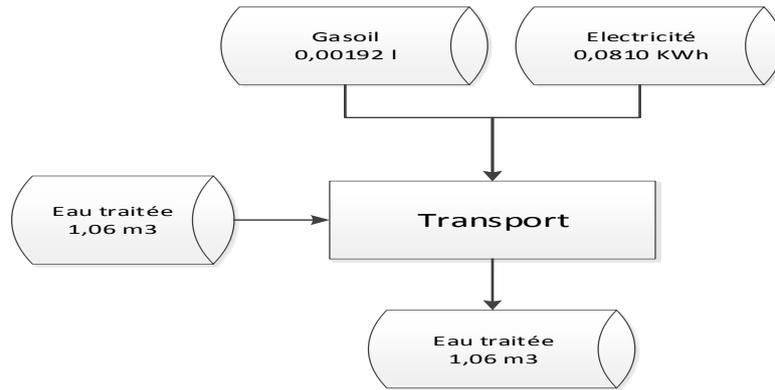


Figure 14 : Schéma du système phase de transport de l'eau

e- Phase d'utilisation de l'eau

Tableau XII : les quantités de produits durant la phase d'utilisation de l'eau en fonction de l'unité fonctionnelle.

	Par H/J
Inputs	
Eau traitée M3	1,80E-01
Détergent L	3,00E-01
Electricité Kwh	5,00E-01
Outputs	
Eau usée M3	1,75E-01

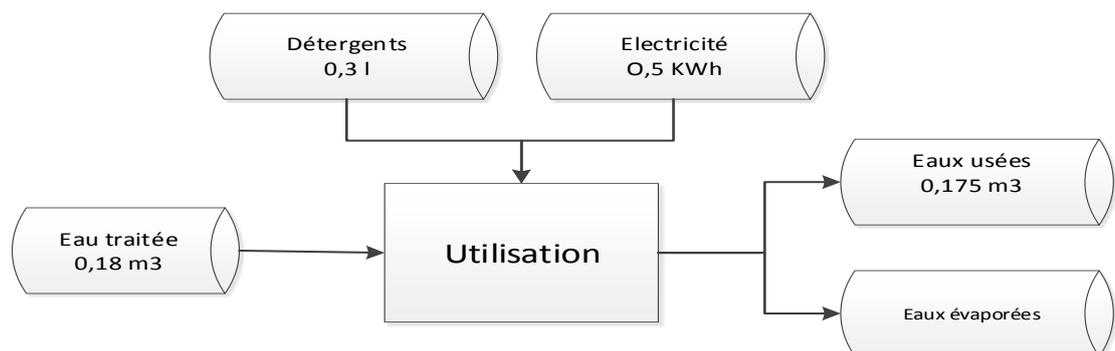


Figure 15 : Schéma du système phase d'utilisation de l'eau

a- Phase de fin de vie

En fin de vie, 20 % de l'eau de consommation du barrage de Tichi Haf est destinée à la station d'épuration (dont une partie est réutilisée au sein de la même station d'épuration pour l'entretien et le reste vers la mer) et 80 % est déversée à la mer (Tab. XI).

III. Matériels et méthodes

- **Premier cas** : les 20 % de l'eau utilisée destiné à la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar ;

Tableau XIII : les quantités de produits durant la phase de fin de vie en fonction de l'unité fonctionnelle.

	1ier trimestre 2017		2ième trimestre 2017		3ième trimestre 2017		4ième trimestre 2017	
	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J	Quantité par jour	Par H/J
Inputs								
Eau usée M3	2,86E-02	1,59E-01	2,61E-02	1,45E-01	2,48E-02	1,38E-01	3,76E-03	2,09E-02
Electricité Kwh	1,34E-03	7,46E-03	6,29E-04	3,50E-03	6,40E-04	3,55E-03	9,82E-04	5,46E-03
Gasoil L	0	0	0	0	0	0	0	0
Poly Electrolyte Kg	1,06E-05	5,91E-05	1,06E-05	5,91E-05	1,06E-05	5,91E-05	1,06E-05	5,91E-05
Outputs								
Eau épurée M3	3,04E-02	1,69E-01	2,42E-02	1,34E-01	2,28E-02	1,27E-01	3,23E-03	1,80E-02
Boues M3	1,59E-05	8,81E-05	2,48E-05	1,38E-04	8,01E-06	4,45E-05	3,00E-06	1,67E-05

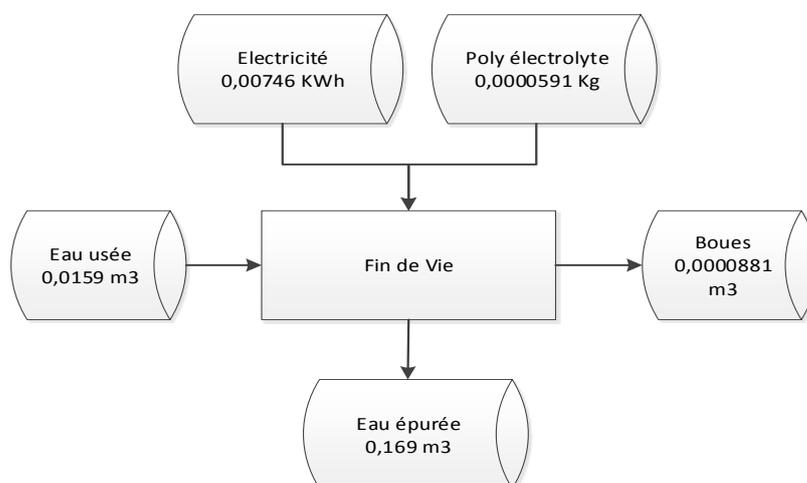


Figure 16 : Schéma du système phase fin de vie de l'utilisation de l'eau (cas du 1^{ier} trimestre)

- **Deuxième cas** : les 80 % restant de l'eau utilisée sont destinés à la mer.

IV. Résultats et interprétations

IV. Résultats et interprétations

IV.1 Evaluation d'impact et interprétation

IV.1.1 Evaluation d'impact et interprétation par impact par trimestre

a- L'empreinte eau rareté par trimestre

Tableau XIV : le total des valeurs de l'empreinte eau rareté par trimestre (année 2017)

	1 ^{er} trimestre 2017					2 ^{ème} trimestre 2017					3 ^{ème} trimestre 2017					4 ^{ème} trimestre 2017				
	EB*	P*	D*	U*	FV*	EB*	P*	D*	U*	FV*	EB*	P*	D*	U*	FV*	EB*	P*	D*	U*	FV*
Empreinte eau rareté m ³ H ₂ O	4,26E-03	3,95E-02	2,23E-01	3,45	0,00E+00	3,62E-03	4,09E-02	2,15E-01	3,45	0,00E+00	3,62E-03	4,31E-02	2,04E-02	3,45	0,00E+00	3,62E-02	4,20E-02	2,11E-02	3,45	0,00E+00

*EB : Exploitation du Barrage, *P : Production, *D : Distribution, *U : Utilisation, *FV : Fin de vie

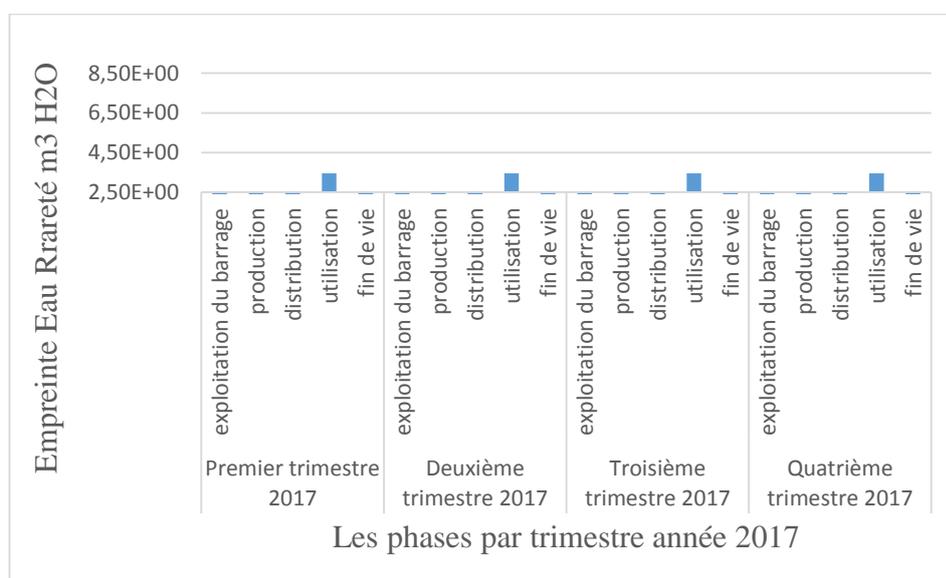


Figure 17 : Graphe de l'empreinte eau rareté par trimestre

IV. Résultats et interprétations

• L'interprétation de l'empreinte eau rareté

D'après la figure 17, l'empreinte eau rareté est insignifiante durant les quatre phases (exploitation du barrage, traitement, distribution et fin de vie), dans les quatre trimestres, par contre elle est moyennement remarquable durant la phase d'utilisation, car l'eau usée des ménages est chargée de polluants tel que les détergents, même si le volume rejeté est de 175 L/J/Habitant. Mais du fait que cette eau est de mauvaise qualité, elle influence sa disponibilité.

b- L'impact d'eutrophisation par trimestre

Tableau XV : le total des valeurs de l'impact d'eutrophisation par trimestre (année 2017)

	1 ^{er} trimestre 2017					2 ^{ième} trimestre 2017					3 ^{ième} trimestre 2017					4 ^{ième} trimestre 2017				
	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV
Impact d'Eutrophisation Kg P eq/unité	2,06E-06	3,75E-13	5,94E-05	2,19E-04	1,87E-05	4,74E-08	2,61E-06	5,20E-05	2,19E-04	1,58E-05	5,41E-08	2,72E-05	5,42E-05	2,19E-04	1,59E-05	5,72E-08	2,77E-05	5,54E-05	2,19E-04	1,73E-05

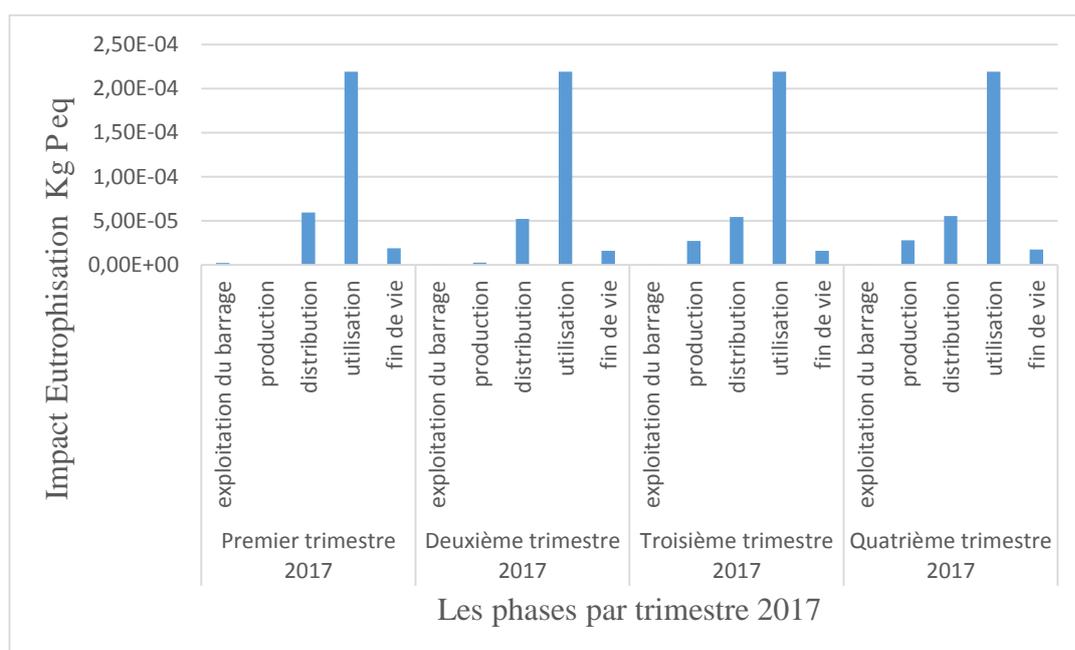


Figure 18 : Graphe de l'impact d'eutrophisation par trimestre

IV. Résultats et interprétations

• L'interprétation de l'impact d'eutrophisation

D'après la figure 18, l'impact d'eutrophisation varie d'une phase à une autre d'une saison à une autre avec un pic durant la phase d'utilisation (93 %). Ce qui s'explique par l'utilisation des détergents, avec en deuxième position la phase de distribution (entre 20% et 22%) qui est dû à l'utilisation du gasoil, qui dégage du CH₄ et NO_x (gaz atmosphérique), que nous retrouverions plus tard dans la mer.

L'impact d'eutrophisation est insignifiant dans la phase de production (de traitement) durant les deux premiers trimestres, mais il apparaît dans les deux derniers trimestres. C'est dû à l'utilisation des produits chimiques, le permanganate de potassium et l'acide sulfurique, car durant les deux premiers trimestres, l'eau brute venant du barrage n'était pas une eau chargée (à cause des précipitations). Après presque six mois d'absence de précipitations, l'eau brute devient une eau chargée des matières en suspension, d'où l'utilisation des produits chimiques sus cités.

Pour la phase de fin de vie (station d'épuration), le graphe nous montre l'existence de l'impact d'eutrophisation, même s'il paraît minime.

c- L'impact d'écotoxicité marine par trimestre

Tableau XVI : le total des valeurs de l'impact d'écotoxicité marine par trimestre (année 2017)

Impact d'écotoxicité marine	1 ^{er} trimestre 2017					2 ^{ème} trimestre 2017					3 ^{ème} trimestre 2017					4 ^{ème} trimestre 2017				
	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV
	2,49E-03	1,78E-05	4,68E-04	2,19E-04	3,27E-06	1,77E-04	1,59E-06	4,10E-04	2,19E-04	1,53E-06	1,69E-04	1,66E-05	4,27E-04	2,19E-04	1,56E-06	5,92E-05	1,84E-06	4,36E-04	2,19E-04	2,39E-06

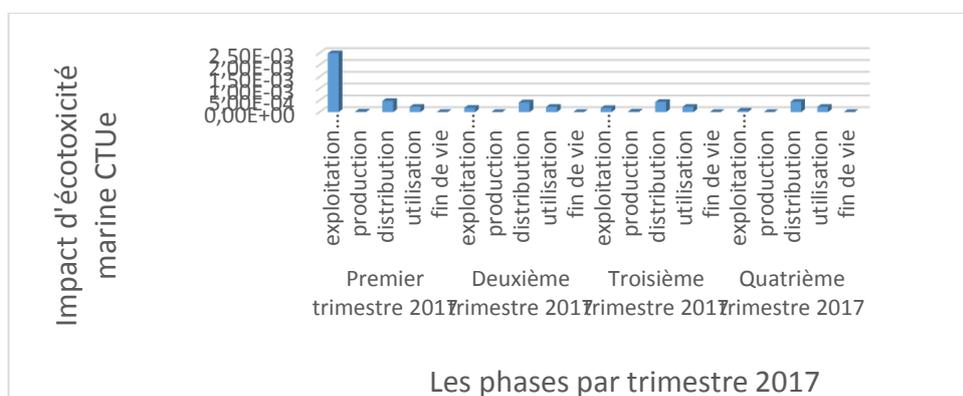


Figure 19 : Graphe de l'impact d'écotoxicité marine par trimestre

IV. Résultats et interprétations

• L'interprétation de l'impact d'écotoxicité marine

L'impact de l'écotoxicité marine : le graphe 19, démontre que l'impact écotoxicité marine est élevée dans la phase de l'exploitation du barrage de Tichi Haf et ce, durant le premier trimestre (98 %). Cela s'explique par le fait que durant ce trimestre de l'année 2017, le taux de précipitation était élevé par rapport à d'autre trimestre. Le barrage est alimenté par l'oued Boussellam qui est entouré de terrains agricoles. Les riverains utilisent tous types de pesticides, donc la précipitation a lessivé ces terrains, ainsi que tous les foyers et les petites unités industrielles implantées en amont du barrage, qui déversent leur rejets liquides dans les cours d'eau, tout en sachant qu'il n'y a pas de station d'épuration à ce niveau et l'eau des précipitations apporte avec elles tous leurs rejets liquides, car l'eau est considérée comme un diluant et un vecteur en même temps.

IV.1.2 Evaluation d'impact et interprétation par dominance de l'empreinte eau rareté et dégradation

Tableau XVII : Tableau de l'empreinte eau rareté et dégradation (année 2017)

	1 ^{er} trimestre 2017					2 ^{ème} trimestre 2017					3 ^{ème} trimestre 2017					4 ^{ème} trimestre 2017				
	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV	EB	P	D	U	FV
Impact d'Ecotoxicité marine	2,49E-03	1,78E-05	4,68E-04	2,19E-04	3,27E-06	1,77E-04	1,59E-06	4,10E-04	2,19E-04	1,53E-06	1,69E-04	1,66E-05	4,27E-04	2,19E-04	1,56E-06	5,92E-05	1,84E-06	4,36E-04	2,19E-04	2,39E-06
Impact d'Eutrophisation	2,06E-06	3,75E-13	5,94E-05	2,19E-04	1,87E-05	4,74E-08	2,61E-06	5,20E-05	2,19E-04	1,58E-05	5,41E-08	2,72E-05	5,42E-05	2,19E-04	1,59E-05	5,72E-08	2,77E-05	5,54E-05	2,19E-04	1,73E-05
Empreinte eau rareté	4,26E-03	3,95E-02	2,23E-01	3,45	0,00E+00	3,62E-03	4,09E-02	2,15E-01	3,45	0,00E+00	3,62E-03	4,31E-02	2,04E-02	3,45	0,00E+00	3,62E-02	4,20E-02	2,11E-02	3,45	0,00E+00

IV. Résultats et interprétations

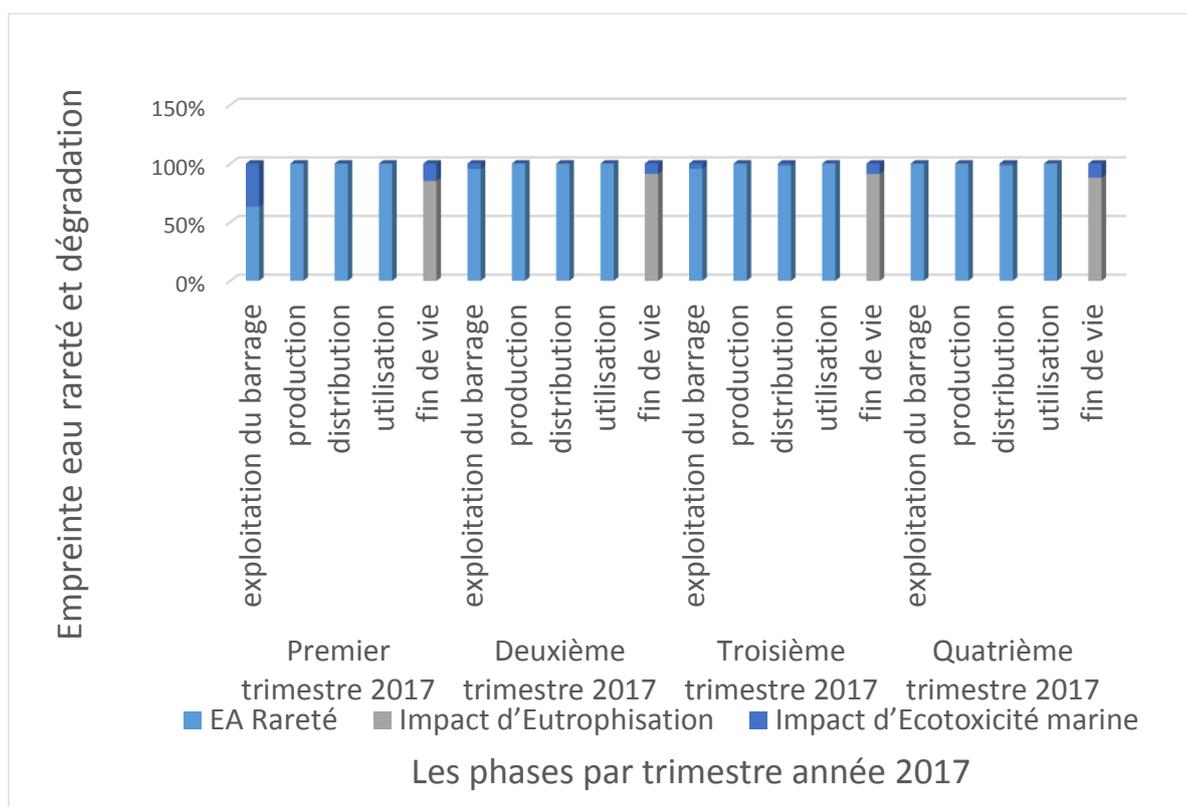


Figure 20 : Graphe de l’empreinte eau rareté et dégradation

• L’interprétation de l’empreinte eau rareté et dégradation

La figure 20, le graphe nous montre une prédominance de l’indice rareté dans les phases de production (ce qui s’explique par l’utilisation de produits chimiques qui génère des boues), d’utilisation (dû à l’utilisation de détergents) et de distribution (qui est dû à la consommation du gasoil), suivi de l’impact d’eutrophisation dans la phase de fin de vie qui est bien apparent dans ce graphe, ce qui s’explique par les produits chimiques utilisés d’où une majeure partie est retrouvée dans les boues, et d’après les bilans mensuels de la station d’épuration de Sidi Ali Lebhar (annexes 1 et 2), l’eau à la sortie de la station n’est pas complètement épurée.

L’impact d’écotoxicité marine, qui se manifeste dans la phase d’exploitation du barrage durant le premier trimestre et dans les phases de fin de vie (Fig. 20).

Conclusion

Conclusion

La situation actuelle en Algérie se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources en eau disponibles, les dégradations directes et indirectes des différents types d'eaux réduisent les volumes d'eaux susceptibles d'être consommées et utilisées.

Nous avons remarqué que le traitement de l'eau de surface du barrage de Tichi Haf, a généré une prédominance de l'indice rareté (99%) dans les phases de production, de distribution et d'utilisation, de tous les trimestres, et la phase d'exploitation du quatrième trimestre, de 98% dans la phase d'exploitation du deuxième et troisième trimestre, cet indice est de 60% à la phase d'exploitation du premier trimestre, suivi de l'impact d'eutrophisation dans la phase de fin de vie (98% pour le deuxième et troisième trimestre, 95% pour le premier et quatrième trimestre), en dernier lieu l'impact d'écotoxicité marine, qui se manifeste dans la phase d'exploitation du barrage durant le premier trimestre (40%) et dans les phases de fin de vie (5% pour le premier et le quatrième trimestre, 2% pour le deuxième et le troisième trimestre).

Les constructions des barrages se sont avérées insuffisante, dans la mesure où elle n'a pas permis une bonne satisfaction des besoins, malgré l'importance des investissements consentis.

La construction d'un barrage nuit au cycle de l'eau, d'où la nécessité d'envisager des nouvelles stratégies de planification et de gestion de nos ressources en eau, basée sur des outils modernes d'investigation, de prévention et de gestion rationnelle de cette ressource dans le cadre du développement durable.

Pour le traitement des boues, nous comptons dans le cadre de ce travail entreprendre un axe de recherche relatif à la phase de fin de vie qui consiste à approfondir les analyses sur les boues des stations d'épuration et voire même leur réutilisation.

Bibliographie

Bibliographie

- ✓ **Algérienne Des Eaux, (2018).** Rapport annuel de l'année 2017, ed 2018.
- ✓ **Agence National des Transfert et Barrages, (2018).** Rapport annuel de l'année 2017,
- ✓ **Barna L., Benetto E., (2006).** Approche méthodologique intégrée pour l'évaluation des impacts environnementaux des filières de valorisation des résidus minéraux. Etude prospective. P 211.
- ✓ **Belhadj, M.Z., (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de Doctorat en sciences Hydraulique. Université de Biskra Mohamed Khider. Faculté des Sciences et de la technologie, 153p.
- ✓ **Bouziani, N., (2015).** Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie. Thèse de Doctorat en sciences de gestion. Université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid. Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion, 246p.
- ✓ **Coyne et Bellier., (1996).** Rapport d'étude sur le bassin versant de l'oued Boussellam.
- ✓ **Dahinden, M., (2012).** Etude de l'empreinte hydrique suisse. Illustration de la dépendance de la Suisse à l'égard de l'eau, page 4.
- ✓ **Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432** correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine, JO n° 18 du 18 Rabie Ethani 1432 du 23 mars 2011, page 9.
- ✓ **Direction de la Planification et de Suivi des Budgets. (2018),** Fascicule de la Wilaya de Bejaia 2017, ed 2018.
- ✓ **International Standard Organisation, (2006).** Management environnemental- Analyse du cycle de vie- Exigences et lignes directrices, Normes Internationale ISO 14044, IANOR, Alger, 2006, p. 49.
- ✓ **International Standard Organisation, (2014).** Management environnemental- Empreinte eau- Principes, exigences et lignes directrices, Normes Internationale ISO 14046, IANOR, Alger, p. 36.
- ✓ **Lacaze. C., (1996).** L'eutrophisation des eaux marines et continentales, causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Paris. Edition Marketings. A.10-110.

Bibliographie

- ✓ **Lambardi, (1984).** Bureau d'étude Locano (suisse) Barrage de Tichi Haf avant-projet détaillé. Rapport hydrologique.4p.
- ✓ **Office National de la Météorologie, (2018).** Bulletin météorologique, station de Bejaia,
- ✓ **Station de traitement d'Ait R'zine, (2018).** Rapport annuel de l'année 2017 .ed 2018.
- ✓ **Seltzer, P., (1946).** Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie. ed Typo-Litho et J.Carbonel. p 219 .
- ✓ **Touati, B., (2010).** Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Thèse de Doctorat en Aménagement du Territoire. Université de Constantine Mentouri. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire, 290- 291p.
- ✓ **Dubreuil, P., (1974).** Initiation à l'analyse hydrologique. Masson & C^{ie} éditeurs ORSTOM. P 224.
- ✓ **Sersoub, D., (2012).** Aménagement et Sauvegarde de la Biodiversité de la Vallée d'Oued Boussellem-Sétif. Mémoire de magister, université Ferhat Abbas-Sétif. p197.

Référence électronique

- ✓ <https://www.iso.org/fr/about-us.html>
- ✓ http://www.luciademedrano.es/Comenius/Materiales/eau_1_niveau.pdf

Annexe

	1 ^{er} trimestre	2 ^{ème} trimestre	3 ^{ème} trimestre	4 ^{ème} trimestre	
	Valeurs entrée	Valeurs entrée	Valeurs entrée	Valeurs entrée	Unités
Matière en suspension	736	475	644	240	mg / l
DBO ₅	705	425	545	295	mg / l
DCO	1271,7	809	1043	518	mg / l
NH ₄	84,21	56,73	75,76	63,07	mg / l
NO ₂	0,177	0,043	0,033	0,025	mg / l
NO ₃	7,65	7,45	12,9	16,8	mg / l
NT	125,85	96,05	106,7	74,9	mg / l
PO ₄	22,6	/	/	/	mg / l

Annexe 01 : Tableau des paramètres d'analyse des eaux usées à l'entrée de la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar pour l'année 2017

	1 ^{er} trimestre	2 ^{ème} trimestre	3 ^{ème} trimestre	4 ^{ème} trimestre	
	Valeurs sortie	Valeurs sortie	Valeurs sortie	Valeurs sortie	Unités
Matière en suspension	46	89	279	19,5	mg / l
DBO ₅	37	37	279	9,5	mg / l
DCO	125,8	111,8	212,4	59,7	mg / l
NH ₄	29,26	33,927	38,23	5,46	mg / l
NO ₂	0,309	0,024	0,032	0,042	mg / l
NO ₃	2,8	2,1	4,3	2,2	mg / l
NT	47,2	56,93	49,3	10,29	mg / l
PO ₄	5,6	/	/	/	mg / l

Annexe 02 : Tableau des paramètres d'analyse de l'eau épurée à la sortie de la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar pour l'année 2017

Résumé :

Les prélèvements excessifs d'eau, certaines pratiques agricoles et la pollution de la biosphère ont disqualifié un certain nombre de réserves d'eau.

Face à l'épuisement des ressources naturelles et à la menace des changements climatiques, les acteurs souhaitant évaluer la pression exercée sur les ressources naturelles par nos modes de vie, ont besoin d'outils pertinents. L'Empreinte Eau pourrait être l'un de ces outils. Elle permet d'évaluer la consommation des ressources naturelles régénératives et les besoins d'absorption des déchets d'une population humaine.

Dans la présente étude, nous travaillerons sur l'eau de surface issue du barrage de Tichi Haf situé à Bouhamza (Sud-est du chef-lieu Bejaia-Algérie), destinée à l'utilisation humaine en essayant de montrer l'effet de l'activité anthropique. Le calcul de l'empreinte eau de l'utilisation de l'eau du barrage est basé sur la traduction des consommations par rapport à une unité fonctionnelle d'eau biologiquement productives utilisées pour produire les ressources consommées.

Nous avons remarqué que le traitement de l'eau de surface du barrage de Tichi Haf, a généré une prédominance de l'indice rareté (99%) dans les phases de production, de distribution et d'utilisation, de tous les trimestres, et la phase d'exploitation du quatrième trimestre, de 98% dans la phase d'exploitation du deuxième et troisième trimestre, cet indice est de 60% à la phase d'exploitation du premier trimestre, suivi de l'impact d'eutrophisation dans la phase de fin de vie (98% pour le deuxième et troisième trimestre, 95% pour le premier et quatrième trimestre), en dernier lieu l'impact d'écotoxicité marine, qui se manifeste dans la phase d'exploitation du barrage durant le premier trimestre (40%) et dans les phases de fin de vie (5% pour le premier et le quatrième trimestre, 2% pour le deuxième et le troisième trimestre).

Les constructions des barrages se sont avérées insuffisante, dans la mesure où elle n'a pas permis une bonne satisfaction des besoins, malgré l'importance des investissements consentis.

Mots clés : Barrage de Tichi Haf, empreinte eau, eutrophisation, écotoxicité marine, rareté.

Abstract:

Excessive water withdrawal, some farming practices and biosphere pollution have disqualified a number of water supplies. In the face of the depletion of natural resources and the threat of climate change, actors wishing to assess the pressure exerted on natural resources by our lifestyles, need relevant tools. The Water Footprint could be one of these tools. It assesses the consumption of regenerative natural resources and the waste absorption needs of a human population.

In this study, we will work on the surface water from the Tichi Haf dam located in Bouhamza (southeast of the capital Bejaia-Algeria), intended for human use while trying to show the effect of the human activity. The calculation of the water footprint of the water use of the dam is based on the translation of consumptions with respect to a functional unit of biologically productive water used to produce the resources consumed.

We noted that the treatment of surface water from the Tichi Haf dam, generated a predominance of the scarcity index (99%) in the production, distribution and utilization phases, of all quarters, and the fourth quarter operating phase, 98% in the second and third quarter operating phase, this index is 60% in the first quarter operating phase, followed by the eutrophication impact in the end-of-life phase (98% for the second and third quarters, 95% for the first and fourth quarters), and lastly the impact of marine ecotoxicity, which is manifested in the dam operation phase during the first quarter (40%) and in the end-of-life phases (5% for the first and fourth quarters, 2% for the second and third quarters).

The construction of the dams proved to be insufficient, insofar as it did not allow a good satisfaction of the needs, in spite of the importance of the investments made.

Key words: Tichi Haf dam, water footprint, eutrophication, marine ecotoxicity, rarity.