



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Larbi Tébessi –Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie
Département de Biologie des êtres vivants

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Eco-physiologie végétale

Thème:

Etude physiologiques de deux plantes (*Typha latifolia* et *Phragmites australis*) utilisées dans l'épuration des eaux usées

Présente par:

BEGHIL chaima

SMAAL karima

Devant le jury

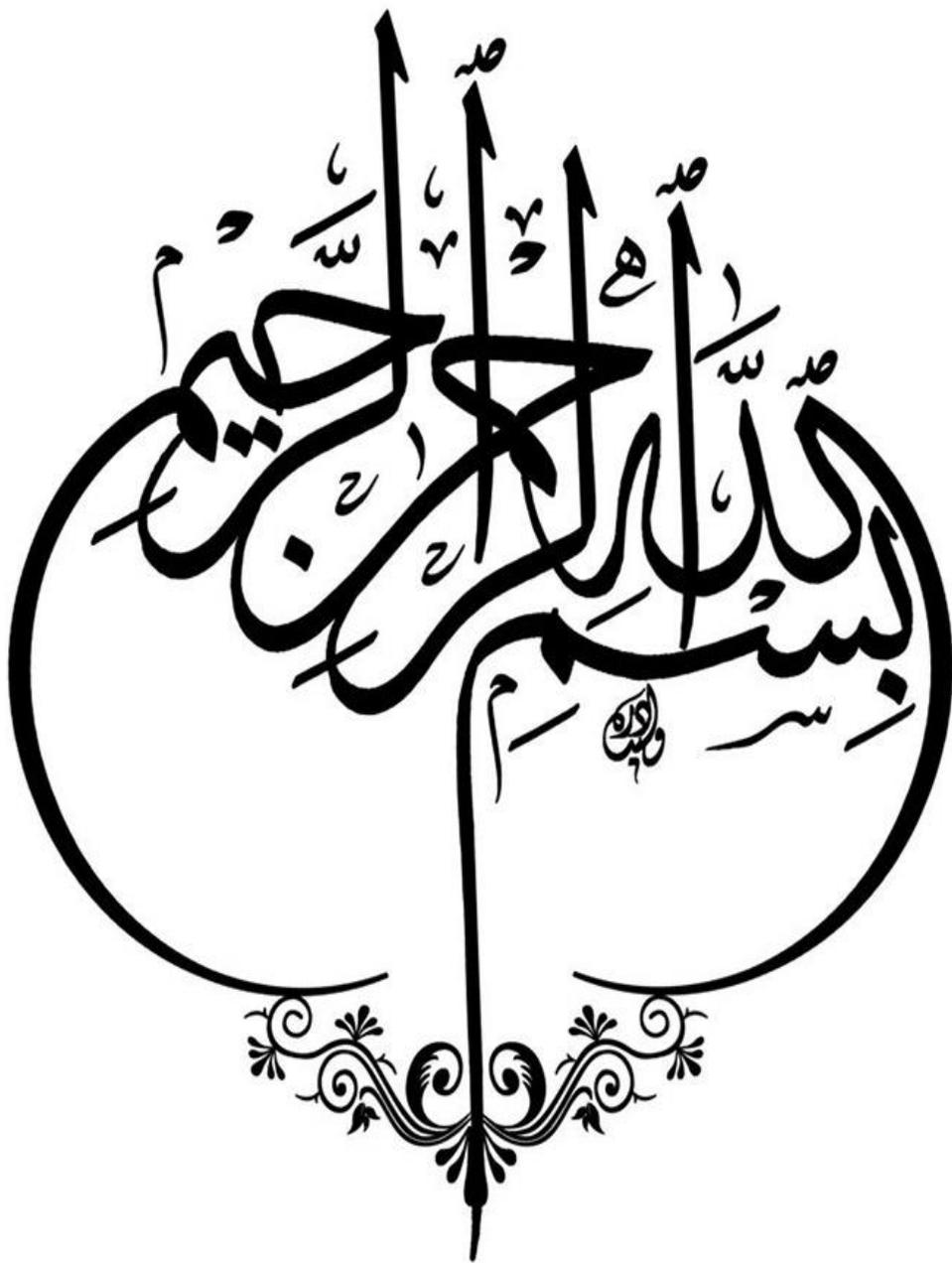
Dr . Hioun S .	M.A.A	Université de Tébessa	Président
Dr . Boudjabi S .	M.A.A	Université de Tébessa	Rapporteur
Dr. Ghedhabnia K .	M.A.A	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : **13/06/2022**

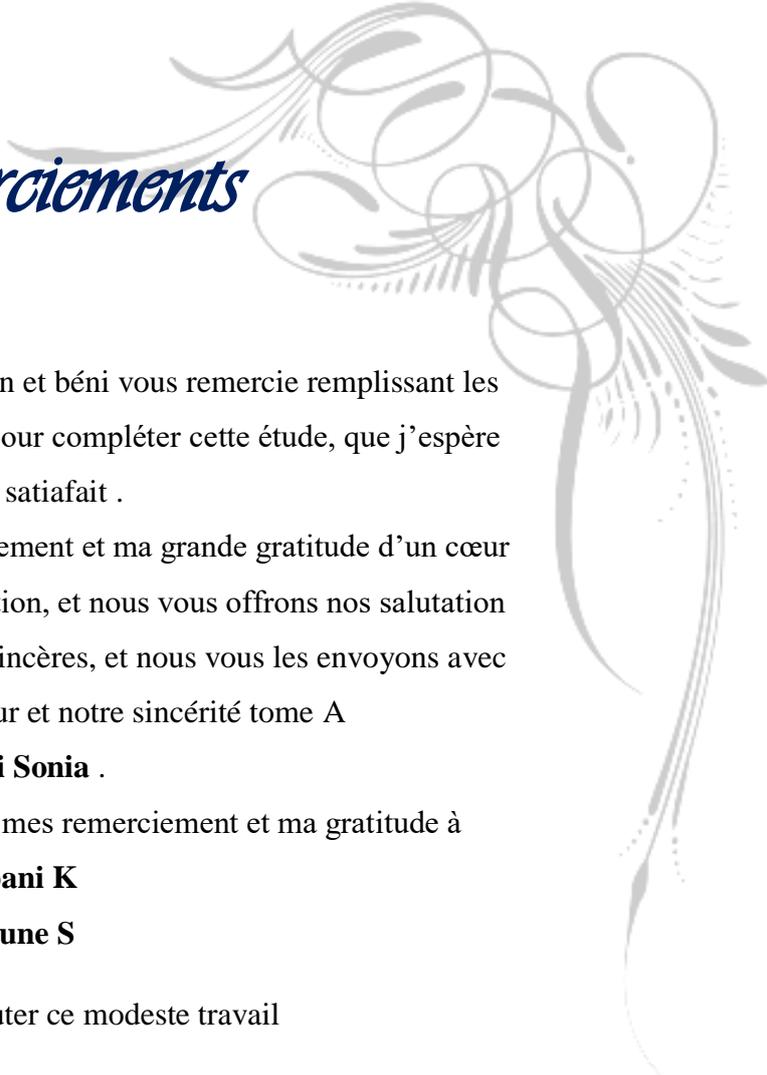
Note :

Mention :

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciements



Je remercie Dieu tout puissant, un grand, bon et béni vous remercie remplissant les cieux et la terre, pour ce qu'il m'a accordé pour compléter cette étude, que j'espère que vous serez satisfait .

Ensuite, je leur adresse mes sincères remerciement et ma grande gratitude d'un cœur débordant d'amour, de respect et d'appréciation, et nous vous offrons nos salutation les plus aimables, les plus belles et les plus sincères, et nous vous les envoyons avec toute notre affection, notre amour et notre sincérité tome A

Dr. Boudjabi Sonia .

Aux phares de la connaissance, j'adresse mes remerciement et ma gratitude à

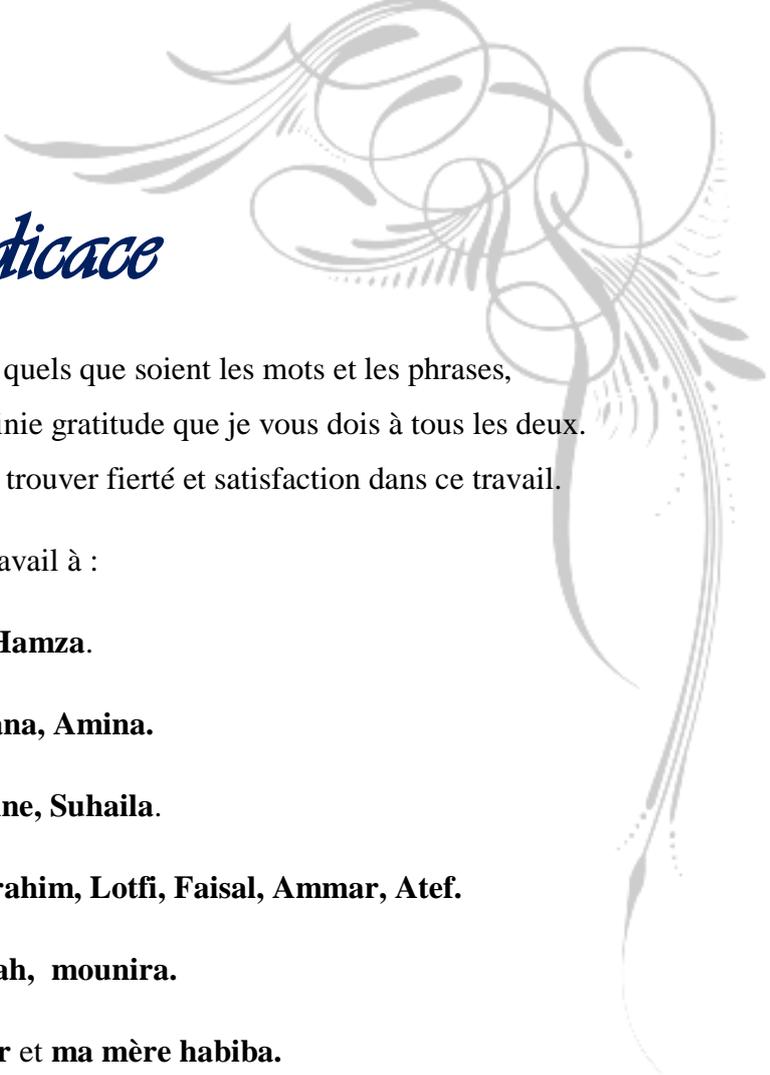
Dr. Ghadbani K

Et Dr. Hioune S

Pour avoir accepté de discuter ce modeste travail



Dédicace



Je dédie ce travail à **ma mère** et à **mon père**, quels que soient les mots et les phrases, aucun mot ou dédicace ne peut exprimer l'infinie gratitude que je vous dois à tous les deux.

Tu es à moi et je te dois tout. Puissiez-vous trouver fierté et satisfaction dans ce travail.

Je dédie ce travail à :

Mon frère : **Hamza**.

Mes jumelles : **hana, Amina**.

Mes sœurs : **Nesrine, Suhaila**.

Mes cousins : **Djamel, Abdul Ghani, Ibrahim, Lotfi, Faisal, Ammar, Atef**.

Et mes tantes: **samah, mounira**.

et surtout a **mon père samir** et **ma mère habiba**.

À mes amis : **Nassima, Assia, Moufida, Jumana, Razan, Anfel, Souzen, Khadidja, Messouada, Ahlam, Hadjar, Sadjida et Amal** pour leur soutien continu et leur sympathie.

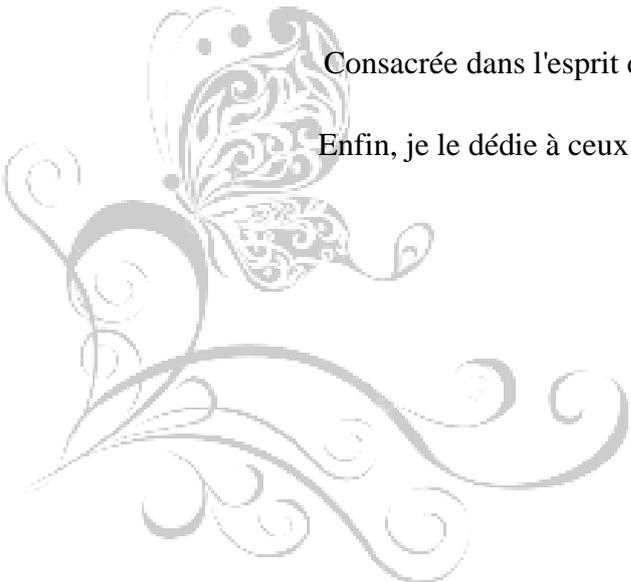
À ma collègue : **Karima** pour sa diligence et son enthousiasme à mener à bien ce travail.

Je voudrais également le dédier à ceux qui m'ont inspiré dans ma carrière scientifique : mon professeur **Ziad Touaytia**, mon oncle **le Dr aissa djab El-khir** et mon **oncle journaliste Madani Beghil**.

Consacrée dans l'esprit de ma grand-mère **Zina djab el-khir**.

Enfin, je le dédie à ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Chaima



Dédicace

D'abord, vous louez mon Seigneur s'il vous plait beaucoup de belles Attaik que vous êtes Dieu merci, mon Seigneur et tout ce que vous ne remercierez pas Nstofi Hamdk, la prière et la paix soient sur le Prophète.

Ainsi, le caractère infini de l'amour et la tendresse à cette aile, nourri et la chaleur ahtmit et sa lumière a guidé la vue, Aguetdat et à droite ce que porté à la langue prononcez voltigeant de , Craves œil de sa part , qui ne Maatmnt me voir avec vue et je me rends compte de ce succès et, Dieu prêt à venir ce jour-là dédier ce travail à **ma mère** .

Au prestige et à la dignité du Dieu Allah à ceux qui m'ont appris tendre sans attendre à qui je porte fièrement son nom à mon bras avec lequel, Ahtmit et dans la vie par aguetdat au bruté hmoah pour éclairer notre chemin de succès pilier de ma vie et a été libéré amani et la fierté et ma dignité, **mon père**, que Dieu prolong l'ancien .

Pour leur rappeler le cœur avant qu'il écrit la plume à la douceur de vivre, et son amertume sous un meme toit à ceux qui les aconquis le don des frères prédestination et leur épouses .(Mourad,A ; Hicham,N ; Djamel,H ; Monawer , Naseem , Isaam) .

A mes sœurs et leurs maris (Fozia, Lazahr ; Radia, Kamel) .

Aux fleurs et poussins de la famille (Hadil, Afef, Yassine, Moataz, Djalal, Maram, Tasnim, Aya, Taqwa, Youssef, Ranim, Jauri) .

Un dédicace spécial à ma collègue dans cette recherche Shaima et sa généreuse famille .

A mes chers amis : Somaya, Afef, Ghada, Hasna, Layla,

A tous ceux qui m'ont réuni avec le destin et l'étude .

A tous les membres de la Faculté des sciences exactes, de la nature de la vie, en particulier la Spécialté Ecophysiologie végétales, promo 2022 .

Karima Smaal



RESUME

Le traitement des eaux usées est devenu le centre d'un grand débat. Un débat qui porte sur les différentes méthodes de traitement technologiques et chimiques qui permettent la bonne épuration. En réalité la question se pose sur le bon choix des techniques recouvrant plusieurs volets, le cout, le rendement épuratoire et la durabilité.

Récemment, le traitement phytobiologique qui dépend des plantes (lagunage), a fait l'objet de nombreuses études et expérimentations dans le monde, au (Sénégal, Maroc, en Italie, Canada). L'adoption de cette technique a montré une grande efficacité en comparaison avec le traitement conventionnelle classique qui repose sur les boues actives. Il faut souligner aussi que la réussite du lagunage est en relation étroite avec le bon choix des plantes phyto-épurations. Dans cet objectif que nous avons choisi une station de lagunage située dans la région de Sétif, (dans la ville de Beni Fouda) situé dans l'Est Algérien.

Deux types de plantes aquatiques sont utilisées dans l'épuration des eaux usées, qui arrivent dans cette station : les roseaux (*Phragmites australis*) et massette (*Typha latifolia*). Nous avons voulu mettre en relief la différence du comportement physiologique de ces deux espèces plantées dans un milieu pollué, pour ce faire, nous nous sommes intéressés à suivre l'évolution de deux osmotiques (proline) et les sucres réducteurs totaux dans les deux plantes, un suivi qui a été établi sur trois saisons hiver, automne et printemps. Dans cette étude on a comparé l'accumulation de ces deux osmotocums dans les différents parties végétales (tige , racine et feuilles). Les résultats montrent une accumulation de ces deux osmotocums qui varie en fonction des saisons et aussi en fonction des deux plantes et ceci dans les différents organes tiges, racines et feuilles.

Mots clés : proline, sucres, massette, roseau, lagunage, eau usées

ABSTRACT

Sewage water treatment is a big issue that focus on diverse technological and chemical treatment which gets to the best result of water purification, taking in consideration the cost the efficacy of purification and durability .

Recently photobiology treatment that depends on plants is a focus of many studies around the world. That method showed better result, the old one. Ales we have to say that the success of this method is related in first hand in the right selection of purification plants because of that we choose a station situated in Sétif .

Two types of aquatic plants are used in purification of sewage water that arrive. To that station ; Reeds and cattail .We tried to show the difference in physiological manners between the two plants in a pillowing environment. We were interested in following the evolution of the tow osmotic proline and the reducing sugar in the two plants in winter, spring and also, we compared the accumulation of the osmoticums in the different parts of the plants. The results showed that accumulation of osmoticums differs from seasons to season and in both plants.

Key words; proline, sugar, cattail, reeds, sewage water

ملخص:

أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي محور نقاش كبير. مناقشة تركز على طرق المعالجة التكنولوجية والكيميائية المختلفة، التي تسمح بالتنقية الجيدة في الواقع بطرح السؤال حول الاختيار الصحيح للتقنيات التي تغطي عدة جوانب؛ التكلفة، كفاءة التنقية والمتانة.

في الآونة الأخيرة كان العلاج النباتي الذي يعتمد على النباتات (البحيرة) موضوع العديد من الدراسات والتجارب في العالم (السنغال المغرب ايطاليا كندا). ولقد اظهر اعتماد هذه التقنية كفاءة كبيرة مقارنة بالمعالجة التقليدية التي تعتمد على الحماة النشطة، يجب ايضا التأكيد على ان نجاح البحيرات الشاطئية يرتبط ارتباط وثيقا بالاختيار الصحيح لنباتات التنقية . لهذا الغرض اخترنا محطة بحيرة تقع في منطقة سطيف (في مدينة بني فودة) الواقعة في شرق الجزائر.

يتم استخدام نوعين من النباتات المائية في تنقية مياه الصرف الصحي التي تصل الى هذي المحطة، «القصب والكاتيل». أردنا إبراز الاختلاف في السلوك الفيزيولوجي لهذين النوعين المزروعين في بيئة ملوثة، للقيام بذلك كنا مهتمين بمتابعة تطور نوعين من السكريات التناضحية (البرولين)؛ السكريات المختزلة الكلية في النباتين وهي متابعة تم انشاؤها على مدار ثلاثة مواسم الشتاء الخريف الربيع، وقد تمت مقارنة تراكم هذين التناضحيين في اجزاء النبات المختلفة (الجزر الساق والاوراق). اظهرت النتائج تراكم هذين التناضحيين والذي يختلف باختلاف الفصول وكذلك حسب النباتين وهذا في الاعضاء المختلفة الجذور السيقان والأوراق.

الكلمات المفتاحية: سكر، برولين، كاتيل، قصب، بحيرة، مياه مستعملة

TABLES DES MATIERES

TABLES DES MATIERES

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Tables des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des symboles

Introduction	01
I Synthèse bibliographique	
I . Les eaux useés	04
I .1. Définition	04
I .2. L'origine des eaux useés	04
I .2.1. Les eaux useés domestique	04
I .2.2. Les eaux useés industrielles	05
I .2.3. Les eaux useés agricoles	05
I .2.4. L'eau pluviales	06
I .3. Les caractéristique des eaux useés	07
I .3.1. Les paramètres organoleptiques	07
I .3.1.1. La couleur	07
I .3.1.2. Le gout et odeur	07
I .3.2. Les paramètres physique	07
I .3.2.1. La température	07
I .3.2.2. Le potentiel d'hydrogène	08
I .3.2.3. Les matières en suspension (MES)	08
I .3. Les paramètre chimiques	09
I .3.3.1. La demande chimique en oxygène	09
I .3.3.2. La demande biologique en oxygène	09
I .3.3.3. Le carbone total organique (COT)	09
I .3.3.4. L'azote total (NT)	10

TABLES DES MATIERES

I.3.3.5. Le phosphore total (PT)	10
II.1. A propos des massette et roseaux	11
II.1.1. Le roseau (<i>Phragmites australis</i>)	11
II.1.2. La massette (<i>Typha latifolia</i>)	13
II.2. Utilisation de roseau (<i>phragmites australis</i>) et massette (<i>typha latifolia</i>)	16
II.2.1. Le roseau	16
II.2.2. La massette	16

II Matériel et méthodes

I. Site d'étude	18
I.1. Situation géographique	18
I.2. Etude climatique	19
II. La collecte d'échantillon	24
II.1. La teneur de la proline	24
II.2. La teneur du sucre	25
II.3. L'analyse statistique	26

III Résultats et discussion

I. La teneur des osmotocums en printemps	28
II. La teneur des osmotocums en hiver	35
III. La teneur des osmotocums en automne	40

IV. Discussion	46
-----------------------	----

V Conclusion	49
---------------------	----

Références bibliographique

Annexe

LISTE DES SYMBOLES

Abréviation	Signification
C°	Degré Celsius
Cm	Centimètre
COT	Carbone total organique
CO2	Dioxyde de carbone
Cu	Cuivre
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
L	Litre
MES	Matières en suspension
Mg	Milli gram
Mm	Millimeter
NT	Azote total
NO2-	Nitrite
NO3-	Nitrate
Fig.	Figures
PH	Potentiel d'hydrogène
PT	Phosphore total
PO4	Phosphate
STEP	Station d'épuration des eaux usées
T	Température
Tab	Tableaux
Zn	Zinc

LISTE DES FIGURES

N° de figure	Titre des figures	Page
01	Différentes sources de pollution de l'eau (Ifen,2007).	06
02	La roseau (<i>Phragmites australis</i>).	12
03	La massette (<i>Typha latifolia</i>).	14
04	Localisation de la STEP de la ville de Beni Fouda.	19
05	Diagramme Ombro-thermique de Sétif (2009-2019).	22
06	Etages bioclimatique d'Emberger. Situation de la région de Sétif dans le climatogramme d'Emberger.	23
07	La teneur de la proline dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	28
08	La teneur de la proline dans les deux plantes Massette et Roseaux en période de printemps.	29
09	La teneur de la proline dans les différents organes en période de printemps.	30
10	La teneur des sucres dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	31
11	La teneur des sucres dans les deux plantes Massette et Roseaux en période de printemps.	32
12	La teneur des sucres dans les différents organes en période de printemps.	33
13	La teneur de la proline dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	34
14	La teneur de la proline dans les deux plantes Massette et Roseaux en période d'hiver.	35
15	La teneur de la proline dans les différents organes en période d'hiver.	36
16	La teneur des sucres dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	37
17	La teneur des sucres dans les deux plantes Massette et Roseaux en période d'hiver.	38
18	La teneur des sucres dans les différents organes en période d'hiver.	39
19	La teneur de la proline dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	40
20	La teneur de la proline dans les deux plantes Massette et Roseaux en période d'automne.	41
21	La teneur de la proline dans les différents organes en période d'automne.	42
22	La teneur des sucres dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entrée et sortie d'eau usées).	43
23	La teneur des sucres dans les deux plantes Massette et Roseaux en période d'automne.	44
24	La teneur des sucres dans les différents organes en période d'automne.	45

LISTE DES TABLEAU

N° de tableau	Titre du tableau	Page
01	Classification botanique de <i>Phragmites australis</i> (Quezel et Santa,1963).	12
02	Classification botanique de <i>Typha latifolia</i> (Anonyme,2020).	15
03	Données météorologique de la station de Sétif (2009-2020) source.	50
04	Les caractéristique des eaux usées (Benyoucef et Kribaa, 2021)	25
05	Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de printemps.	58
06	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en printemps selon le lieu (Entrée , sortie , témoin).	58
07	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes de la proline en printemps dans les différentes parties des deux plantes.	58
08	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour la proline en printemps.	59
09	Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de printemps.	59
10	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en printemps selon le lieu (Entrée , sortie , témoin).	59
11	Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en printemps dans les différentes parties des deux plantes.	60
12	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en printemps.	60
13	Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de l'hiver.	60
14	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en hiver selon le lieu (Entrée , sortie , témoin).	61
15	Test Tukey HSD de comparaison des moyennes de la proline en hiver dans les différentes parties des deux plantes.	61
16	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes pour la proline en hiver entre roseau et massette.	61
17	Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de l'hiver.	62
18	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en hiver selon le lieu(Entrée , sortie , témoin).	62
19	Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en hiver dans les différentes parties des deux plantes.	62
20	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en hiver.	63
21	Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de l'automne.	63
22	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en automne selon le lieu (Entrée , sortie , témoin).	63
23	Test Tukey HSD de comparaison des moyennes de la proline en automne dans les différentes parties des deux plantes.	64

LISTE DES TABLEAU

24	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour la proline en automne.	64
25	Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de l'automne.	64
26	Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en automne selon le lieu (Entrée , sortie , témoin).	65
27	Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en automne dans les différentes parties des deux plantes.	65
28	Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en automne.	65

Introduction

Introduction

La dernière décennie, la mise en valeur des ressources en eau a pris une grande importance. Cette importance a mis en œuvre plusieurs études qui portent toutes, sur les différentes voies de renouvellement de l'eau comme ressource primordiale pour l'humanité. En réalité le changement de la qualité de l'eau est principalement dû aux activités anthropiques et par le non-respect de l'environnement, tel que l'évacuation des eaux usées dans le milieu naturel et aussi son utilisation dans l'irrigation des plantes. A rajouter aussi, la pénurie en eau douce est reliée à la sévérité du climat. En effet la plus grande superficie de notre pays (L'Algérie) est caractérisée par des climats semi arides à sec, dans ces régions il y a très peu eau. En raison de cette situation, les décideurs ont opté pour des solutions tangibles pour affronter ce problème. En effet, le ministère des ressources en eau, les chercheurs et les spécialistes en eau ont unis leurs efforts pour développer les procédés de traitement des eaux usées. Une attention particulière est accordée aux traitements des eaux usées urbaines pour leurs réutilisations, en s'intéressant aux différents types de traitements, à la gestion et l'optimisation de fonctionnement des installations de traitement et leurs réseaux d'assainissements.

En Algérie le procédé le plus utilisé pour l'épuration des eaux usées est le procédé des boues actives. Plusieurs stations d'épurations ont été placées et créées en différentes wilaya (Sétif, Alger, Oum El Bouaghui, Batna, Annaba etc.). Bien que ces procédés à boues activées aient des performances épuratrices et une fiabilité très importante, surtout vis à vis de la pollution organique, ils présentent cependant plusieurs insuffisances, telles que la maîtrise des techniques et surtout le coût élevé des charges de maintenance de ces stations sans oublier la forte charge de boues résiduaire qui pose un problème environnemental. Aujourd'hui de nouvelles techniques ont surgit dont la phyto-épuration. Une technique qui repose sur l'épuration des eaux usées par l'utilisation des plantes. Elle a pour intérêt positif de limiter la charge des résidus (boues résiduaires) en plus elle est non couteuse en comparaison avec le procédé des boues actives.

Depuis une dizaine d'année et face aux problèmes de pollution, certaines plantes paraissent très intéressantes par leur rôle potentiel dans l'accumulation des matières nocives qui se trouvent dans notre environnement. Dans ce contexte les roseaux et les massettes figurent parmi les plantes qui sont utilisées dans l'épuration des eaux usées. La plupart des études se sont focalisées sur le pouvoir épuratoire, ou aussi le pouvoir d'accumulation des matières non nocifs et non désirables. Cependant peu d'étude ont

INTRODUCTION

abordé le comportement physiologique de ces plantes. L'objectif de ce mémoire est de mettre en relief le comportement physiologique de deux plantes (Massettes et Roseaux) vis-à-vis le milieu pollué (eau usée) ou elles sont plantées pour accomplir leur rôle épuratoire. Ce mémoire comporte les volets suivants :

- Partie bibliographique,
- Matériels et méthodes
- Résultats et Discussion
- Conclusion

Bibliographique

Synthèse

I . Les eaux usées

I.1. Définition

Ce sont des liquides de composition hétérogène et non complémentaire (**Bachi, 2010**). Étrangères pénètrent et altèrent ses propriétés chimique et physiques ou changent de nature, la rendant in utilisable par (les humain, les animaux, les plantes. (**Sahib et al., 2016**). Elle est directement ou indirectement causée par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale. (**Dugniolle,1980, Glanic et al.,1989**). Selon **Rejsek (2002)**, sont des eaux chargées de polluants solubles ou insolubles, provenant principalement de l'activité humaine. En générale, il s'agit d'un mélange de polluantes dispersés ou dissoutes dans l'eau utilisée pour les besoin domestique ou industriels (**Grosclaude,1999**).

I.2. L'origine des eaux usées

D'après (**Rodier et al.,2005**). Les eaux usées peuvent être classées comme eaux, ce qui comprend les eaux de lavage du corps, du linge du nettoyage des chambres et de la cuisine. Selon la qualité des polluants d'origine, il existe quatre (04) catégories d'eaux usées.

I.2.1. Les eaux usées domestiques

En effet, notre vie quotidienne est source de pollution de l'eau via les eaux usées domestiques traitements médicaux (antibiotiques, hormones, anticancéreux, analgésique). Produit d'usage corporel (savons, crèmes...), produit d'entretien (détergents...). Composés utilisés dans le traitement des textiles (hydrofuges ...) ou dans la fabrication de revêtements antiadhésifs (poêle, emballages). Ces produit peuvent poser un problème dans le traitement des eaux usées domestique parce que

- d'une part, les procédés de traitement actuels ne permettent pas leur totale élimination.
- d'autre part, certaines molécules peuvent avoir un impact sur la biomasse utilisée en station d'épuration (toxique, non biodégradables (**Pasquini et al., 2011**)).

I.2.2. Les eaux usées industrielles

Avec le développement industriel, les problèmes de pollution de l'eau ont pris un tour. D'abord régional puis continental et désormais, maintenant, il est mondial. L'industrie utilise des grandes quantités d'eau mais le principal problème tient à ce que la majeure partie de cette eau retourne à la nature, polluée car chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds. Plus de 85% de l'eau consommée par l'industrie sont retournés à la nature sous forme d'eau usée (**Belhadj, 2017**). Les résidences privées ne sont pas les seuls bâtiments qui ont besoin d'eau : entreprises et usines ont besoin aussi pour leur activité. Provenant des usines, les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel. Selon l'activité industrielle, nous allons donc retrouver des pollutions aussi diverses que : des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires). Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports). Des métaux (traitement de surface, métallurgie). Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries). Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques). Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs). (**Assaad, 2014**).

I.2.3. Les eaux usées agricoles

L'aggravation constante de la pollution agricole due à l'utilisation d'engrais et des produits de traitements des végétaux rend, l'eau impropre à la consommation dans de nombreuses régions. Les causes des différentes formes de pollution agricole sont les engrais et autres matières fertilisantes épandues (boues de stations d'épuration, effluents d'élevage, cendres) sur les sols agricoles. Les déjections animales non récupérables pour les animaux en pâture. Les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (de 1 à 2mg/L par an, alors que la concentration maximale admissible est de 50mg/L). L'altération des nappes souterraines est moins réversible que la pollution des eaux superficielles du fait du lent renouvellement de ses ressources. Les produits phytosanitaires sont détectés dans les nappes souterraines les plus inquiétants sont les herbicides de la famille des triazines dont l'atrazine, pourtant interdite d'utilisation depuis octobre 2001. Des métaux (Cu et Zn essentiellement)

provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage, des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales. (Assaad,2014).

I.2.4. L'eau pluviale

Sont issus du ruissellement des toitures et terrasses, des parkings et des voies de circulation et out pour destination le milieu naturel (Herteman, 2010). Il est riche en oxygène gaz eaux et pauvre en gaz carbonique et peut contenir des traces de nitrite et d'ammoniac, en particulier ceux situés à proximité des communautés résidentielles qui contiennent des polluants biologique. (Degremont, 1989).

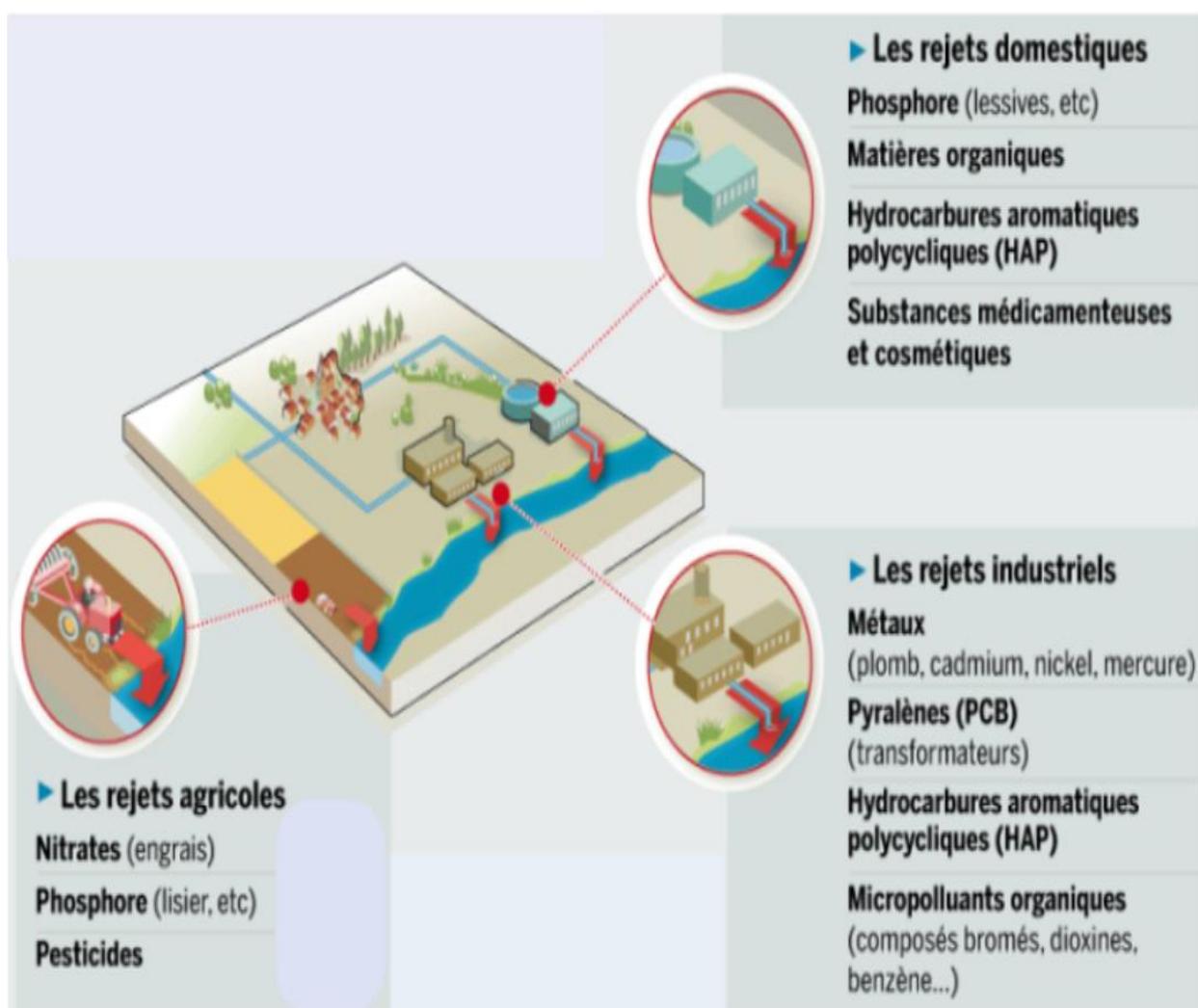


Figure 01 : Les différentes sources de pollution de l'eau (Ifen, 2007).

I.3. Les caractéristique des eaux usées

I.3.1. Les paramètres organoleptiques

Les qualités physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau de consommation peuvent affecter la santé et/ou nuire à sa qualité organoleptique. Cette dernière représente un critère important, car le consommateur juge une eau d'après ce qu'il sent, goûte et voit. **(Couillard, Lafrance, Lessard, 1992)**. Le goût, l'odeur et la couleur de l'eau peuvent être les premiers signes révéla l'existence d'un risque potentiel pour la santé. **(Oms, 2000)**.

I.3.1.1. La couleur

La couleur des eaux naturelles est généralement due à la présence de substances organiques en solution, principalement des acides humiques et fulviques. Provenant du sol de la décomposition de la végétation. En outre, certaines eaux souterraines ou de surface peuvent présenter une coloration rouge ou noire due respectivement à la présence de composés inorganiques de fer et de manganèse. La pollution par des eaux usées fortement colorées, notamment celles qui sont produites, par les industries de la pâte à papier, des colorants et du textile peuvent aussi être à l'origine de la coloration de l'eau de boisson. **(Oms, 2000)**.

I.3.1.2. Le goût et l'odeur

Le goût et l'odeur de l'eau de boisson peuvent être, dus à des micro-organismes, avoir une origine humaine, par exemple en cas de contamination des réseaux de distribution par des produits chimiques. Causés par certains procédés de traitement de l'eau, par le passage en solution de substances présentes dans les conduites ou dans le revêtement des parois des installations de stockage. **(Oms, 2000)**.

I.3.2. Les paramètres physiques

I.3.2.1. La température

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée, d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante. D'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). **(Benkaddour, 2018)**. La température est un paramètre très important pour la qualité de l'eau potable parce

qu'elle est à l'origine des réactions chimiques, biologiques et physiques (**Couillard, Lafrance, Lessard, 1992**). En effet l'activité biologique pour les microorganismes participant à l'épuration des eaux usées est optimale au voisinage de 20°C et faible à des températures de 10° ou 30°C. (**Doumbia, 2017**).

I.3.2.2. Le potentiel d'hydrogène

C'est un paramètre qui permet la mesure de la concentration des protons H⁺ dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide basique ou neutre) (**Benkaddour, 2018**). Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau (**Crepa, 2007**). Chacun des procédés dans le traitement de l'eau est fonction du pH (**Sante Canada, 2015**). Le pH est important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. (**Haidar, 2014**). Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique. Certains rejets industriels ou les rapports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être, un indice de pollution. Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité. (**Doumbia, 2017**).

I.3.2.3. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont des particules minérales et organiques de faibles taille et ou densité qui se déplacent dans les rivières avec la vitesse de l'écoulement de l'eau, sans contact avec fond (**Hayzoun, 2014**). Ce paramètre exprimé en l/mg correspond à la pollution insoluble particulaire (**Mekhalif, 2009**). La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc). Elles dépendent ; de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des rejets, du développement des microorganismes. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, ce qui engendre des conséquences graves sur l'état biologique des cours d'eau telles que la mort des végétaux. (**Benkaddour, 2018**).

I.3.3. Les paramètres chimiques

I.3.3.1. La demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des microorganismes (**Salghi, 2006**). Elles représentent la plus part des composés organique (détergents, matières fécales) (**Mekhalif,2009**), mais également représentatives de sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures,...) (**Hassoune, Bouzidi, Koulali, Hadarbach, 2006**), indiquent la présence d'une forte contamination liée à la présence de polluants réfractaires d'origine organique et minérale issus des activités anthropiques ou naturelles.(**Benkaddour,2018**).

I.3.3.2. La demande biologique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone tensioactifs, etc.) (**Ibge, 2005**). La détermination de la DBO sert à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. (**Crepa, 2007**). En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organique sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en l/mg) nécessaire aux microorganismes décomposeur pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée (**Ibge,2005**).

I.3.3.3. Le carbone total organique (COT)

Mesure permettant de déterminer la quantité de carbone organique contenu dans un échantillon d'eau (**Flip et al.,2018**). Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute de l'échantillon (**Mekhalif,2009**). La valeur du carbone organique total s'exprime milligramme de carbone par litre du milieu aqueux analysé l/mg (**Trgeon, 2001**).

I.3.3.4. L'azote total (NT)

L'azote peut se trouver dans les eaux de rejets sous forme minérale ou organique à différents niveaux d'oxydation (Crini,2017), c'est la somme d'azote des formes réduites organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDHAL et l'azote des formes oxydées (NO₂-(nitrite), NO₃-(nitrate)). (Mekhalif,2009). La somme de ces différentes formes, exprimée en 1mg-NL, constitue l'azote total (noté NT, TN ou NTOT) ou azote global (NGL). (Crini, 2017).

I.3.3.5. Le phosphore total (PT) :

Le phosphore est transféré vers les eaux de surface sous forme d'ions en solution (la seule forme directement assimilable par les végétaux algues comprises), de composés organiques dissous, et sous des formes associées à des particules (P particulaire).
Forme dissoute : le phosphore dissous (ou soluble) est présent dans l'eau et la solution du sol sous forme minérale ou organique. Les formes minérales : ce sont les ions ortho-phosphates (PO₄³⁻) libres ou associés à de la matière organique ou non sous forme de colloïdes, les différents anions de l'acide phosphorique H₂PO₄⁻ et HPO₄²⁻ et les poly phosphates. Les formes organiques : les trioses phosphates, acides nucléiques, phospholipides, acides phosphoriques de sucre et leurs formes dégradées sont les formes organiques du phosphore. Les formes particulières : le phosphore particulaire regroupe toutes les formes de phosphore liées aux minéraux, à des débris divers ou incorporées dans le organisme. (Guergueb, 2015).

II.1. A propos des massettes et roseaux

II.1.1. Le roseau (*Phragmites australis*) : Le roseau commun, *Phragmites australis* (**Tab.01**) nommé Aghanim dans la langue, est une plante macrophyte vivace herbacée de la famille des Gramineae (Poaceae).

Il existe deux types de génotypes pour *le phragmite*, soit celui indigène qui est d'origine américaine ainsi que celui exotique qui est plutôt d'origine européenne (**Brisson, 2014**). C'est à feuilles lisses lancéolées de 20 à 70 cm de long et de 1 à 5 cm de large, une inflorescence dense sous forme d'une grande panicule, souple plumeuse brun-rouge avec des épillets pédicellés longs de 10 à 15 mm étroitement aigus comprenant de 3 à 7 fleurs (**Durand et Lévêque,1980**). La floraison a lieu entre les mois de juillet et novembre (**Francis, 2004, Vymazal et al., 2007**) (**Fig.02**). Ses fruits sont des akènes appelés caryopses de couleur paille doré à brune, pourvus de poil soyeux blancs où la capsule contient une seule graine noire (**Martens, 1999, Krzakowa et al.,2003**). Ses rhizomes sont pérennes et ont deux composantes horizontales et verticales responsables de l'extension de la taille du clone et donnent lieu au prolongement des tiges. Ces rhizomes sont vivaces noueux, avec une peau beige pâle emplie de tissu parenchymateux qui achemine l'oxygène et une chair jaune pâle juteuse. Il devient de plus en plus fibreux avec l'âge, couvert de feuilles écailleuses et pourvu à sa partie inférieure de racines cylindriques (**Mal et Narine, 2004**) (**Fig, 02**).

C'est une espèce hydrophile qui se trouve naturellement dans les milieux humides ou les plaines inondables, comme les marais d'eau douce, les rives des fleuves, les rivières et les lacs (**Mal et Narine, 2004**).

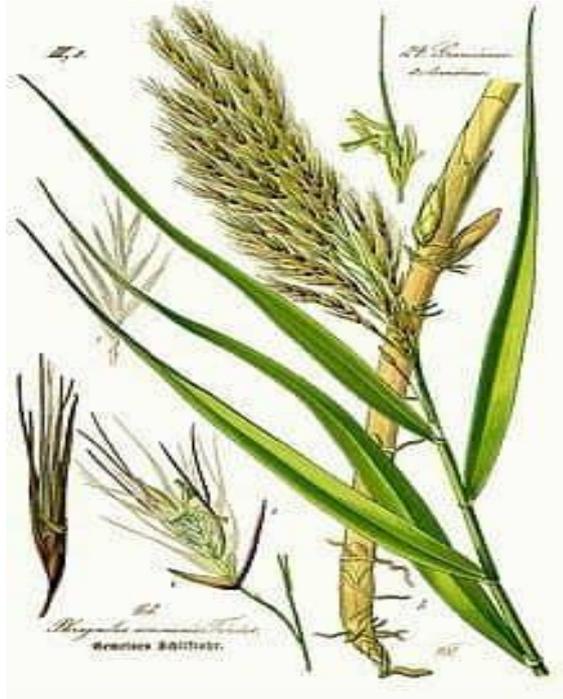


Figure 02 : Roseau (*Phragmites australis*) (www.pinterest.com)

Systematique : Nous avons opté pour la classification botanique

Tableau 01 : Classification botanique de *Phragmites australis* (Quezel et Santa,1963) .

Règne	Végétale
Embranchement	Spermaphytes
Sous/embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Cyperales
Famille	Poacées
Genre	<i>Phragmites.</i>
Espèces	<i>australis.</i>

II.1.2. La massette (*Typha latifolia*)

La massette (*Typha latifolia*), aussi appelée roseau à massette, rauche (ou quenouille), elle aussi fait partie des angiospermes monocotylédones, elle appartient à de l'ordre des poêles, famille des typhaceae (**Tab, 02**), c'est la plus commune du genre *Typha*; Cette plante herbacée pérenne pousse dans les régions tempérées et tropicales de l'hémisphère nord, elle n'est présente que près des étendues d'eau douce ou des cours d'eau, la plante peut mesurer entre 1,5 et 3 m de haut, elle possède des feuilles larges de 2 à 4 cm (**Mimeche,2014**) (**Fig, 03**).

La massette retrouve particulièrement en Europe, en Asie et en Amérique, elles colonisent les marais et les rivages saturés en eau douce, ces plantes produisent beaucoup de biomasse et leurs longues tiges assurent l'oxygénation du substrat, elles forment un réseau qui retient les débris et construit le sol, diminuant ainsi l'érosion, leurs feuilles sont construites de façon à réduire le vent et, par conséquent, l'évapotranspiration (**Mimeche, 2014**).

Les massettes se trouvent généralement dans les régions où il y a un stock d'eau, les marais, les rivières et les lacs, et aussi dans les terres incultes, cette plante vivace, pérenne et renouvelable, est utile dans certains cas, comme le cas des eaux usées provenant de l'industrie chimique où elle purifie l'eau nocive, ces plantes sont typiquement de 1 à 7 m de long avec des feuilles spongieuses d'environ un pouce de largeur (**El Omari,2016**).

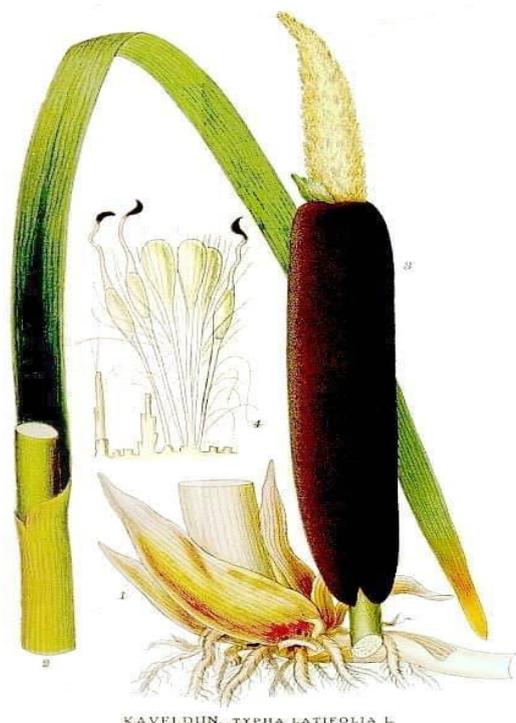


Figure 03 : La massette (*typha latifolia*) (www.pinterest.com).

Typha latifolia est une plante vivace dressée à rhizome dont les fleurs sont portées en épis cylindriques sur une tige robuste de 1 à 3 m de haut ; feuilles longues, linéaires, largement plates, généralement de 8 à 15 mm de large, mais jusqu'à 25 mm, vert clair gainage à la base, gaines généralement effilées dans le limbe, parfois tronquées ; feuilles égales ou parfois légèrement épis floraux débordants; racines fibreuses, adventices à partir de rhizomes ; rhizomes latéraux produits à la base des feuilles, atteignant 70 cm de long, robustes, 0,5-3 cm de diamètre ; fleurs unisexuées , l'épi pistil porté sous l'épi staminé et généralement contigu à celui-ci, ou rarement jusqu'à 40 mm en dessous ; épi vert à l'anthèse ; épi femelle mature de 12-35 mm de diamètre, brun très foncé, devenant brun chamois ou blanchâtre lorsque les stigmates s'estompent ; fleurs pistillées sans bractéoles, stigmates aplatis, lancéolées à ovales-lancéolées, bien charnues, généralement longues et persistantes, avec de nombreux poils blanchâtres attachés à la base du pistil ; axe de l'épi dénudé portant des pédicelles composés filiformes de 1-2 mm de long ; fleurs staminées à bractéoles entières ressemblant à des cheveux, incolores ; grains de pollen en tétrades (Hotchkiss et Dozier 1949, Fassett 1957 , Gleason et Cronquist 1963, Dugle et Copps 1972).

Bibliographique Synthèse

Systematique : Nous avons opté pour la classification botanique

Tableau 02 : Classification botanique de *Typha latifolia* (Anonyme,2020).

Règne	Végétale
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Commelinidae
Order	Typhales
Famille	Typhaceae
Genre	<i>Typha L.</i>
Espèce	<i>Typha latifolia L.</i>

II.2. l'utilisation de roseau (*phragmite australis*) et la massette (*typha latifolia*) :

II.2.1. le roseau: Le roseau (*phragmite australis*) est un type de plante des zones humides utilisée par l'homme depuis l'Antiquité. Les roseaux ont été utilisés comme plante fourragère en été, et les tiges sont généralement récoltées en hiver comme matière première pour l'artisanat et les matériaux de construction, y compris la toiture. Il est devenu populaire dans la production de pâtes et papiers au milieu du XXe siècle et, ces dernières années, il a été utilisé dans le traitement des eaux usées et comme source d'énergie renouvelable peu susceptible de rivaliser avec la production alimentaire (**Köbbing, Thevs et Zerbe, 2013**).

II.2.2. la massette : Les massettes sont largement considérées comme de grandes ressources végétales inexploitées aux avantages potentiels énormes. Historiquement, toutes les espèces de *Typha* étaient utilisées comme plantes alimentaires par les peuples autochtones d'Amérique du Nord. Le développement de cultivars de *Typha* pour la production alimentaire pour les humains et le bétail a souvent été proposé (**Turner, 1981**). Toutes les parties de la quenouille peuvent être utilisées comme nourriture. Ses rhizomes peuvent être séchés et broyés en fleur ou consommés comme légume cuit ; son pollen peut également être utilisé comme farine riche en protéines. Des parties de la tige peuvent être transformées en cornichons. Les discussions détaillées sur les utilisations alimentaires de *Typha* sont nombreuses) sont (**Fernand et al.,1958 et Turner,1981**)des sources d'information utiles. Outre son utilité comme plante alimentaire, la quenouille a été utilisée dans différentes parties du monde comme toiture, litière, vannerie,cordonnerie,fabrication de cordes et de papier, et comme ingrédient dans divers remèdes à base de plantes (**Ramey,1981**). l'importance des peuplements de quenouilles comme nourriture et abri pour une variété d'espèces sauvages est reconnue depuis longtemps (**Martin et al.,1957**). Ces dernières années, il a été proposé que les quenouilles pourraient être utilisées comme culture de biomasse pour l'énergie renouvelable (**Andrews et Pratt 1978, Pratt et al., 1980**). D'autres utilisations proposées pour les quenouilles comprennent la purification de l'eau polluée (**Boyd, 1970**), comme bioindicateurs de la pollution par les métaux lourds (**Morozov et Torpishcheva,1911**) et dans la production de divers produits chimiques et industriels (**Staba,1973**).

Matériel et méthode

I. Site d'étude

I.1. Situation géographiques :

La station étudiée est située 1 km à l'Est du chef-lieu de la commune de Beni Fouada, Wilaya de Sétif (36° 17'98"N et 5° 36'56"E et 833 m d'altitude), elle est distante de la capitale Alger de 300 Km. La station lagunaire a été créée en 2006. Sa capacité d'épuration des eaux usées urbaines est de 11200 Eq/hab et le débit quotidien de traitement est de 1341 m³/j (**Chennafi et al., 2018**). Ce système comprend 06 bassins de lagunage en série à trois étages en gradins, les deux premiers sont des bassins de décantation, les seconds sont optionnels et les deux derniers sont des bassins de maturation. Le traitement des eaux usées par procédé biologique ; utilise des plantes phyto-épurations de type roseaux (*Phragmites australis*) et massette (*Typha latifolia*) en aval pour le traitement de finition. Elle est prévue pour protéger l'Oued Dheb qui converge vers le Barrage Beni Haroun (**Ona,2011**) (**Fig.04**). Le processus de traitement par lagunage repose principalement sur l'activité photosynthétique des végétaux ; les conditions environnementales (essentiellement la quantité et la qualité de la lumière disponible, ainsi que la température du milieu) ont une influence déterminante sur l'efficacité du traitement. Une bonne connaissance de l'évolution des variables climatiques du site expérimental est nécessaire à la compréhension de l'évolution de la qualité de l'eau traitée (**Laabassi,2016**)

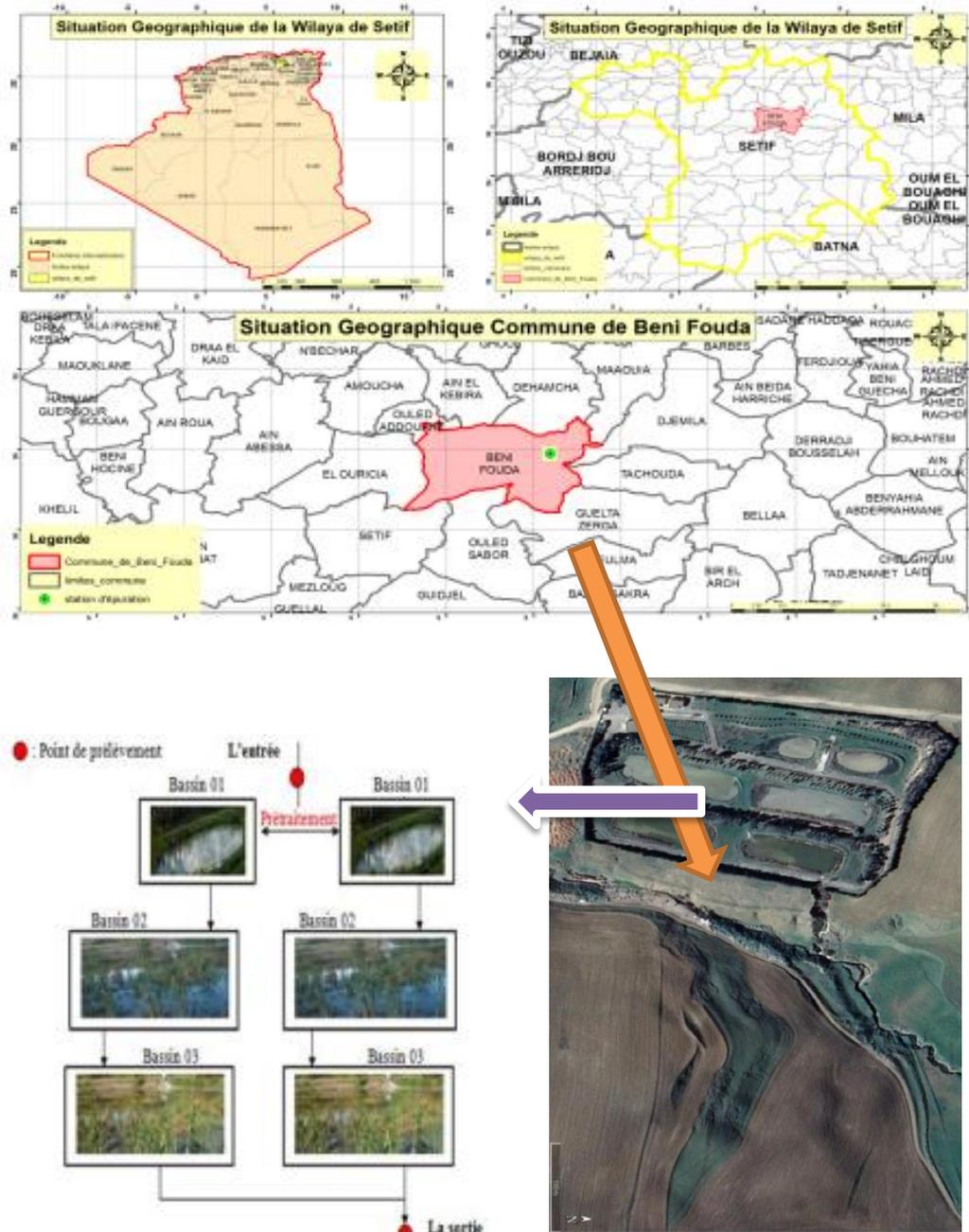


Figure 04 : Localisation de la STEP de la ville de Beni Foua.

I.2. Etude climatique

Le climat de la wilaya de Sétif est de type Méditerranéen continental semi-aride caractérisé par une saison hivernale pluvieuse et fraîche et une saison estivale, sèche et chaude. En se basant sur les données météorologiques récoltées sur dix années (2009-2019) de la région de Sétif (**Tab 03**), le tracé du graphique (le diagramme ombrothermique), et d'après (**Bagnouls et Gaussen, 1957**) qui considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimées en mm est égale ou inférieur au double de la

Matériel et méthode

température exprimée en degrés Celsius ($P \leq 2T$). Ceci fait ressortir une période sèche qui s'étale sur six mois allant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre (**Fig.05**).

Tableau 03 : Données météorologiques de la station de Sétif (2009-2020) Source

Paramètres Mois	Température moyenne mensuelle (°C)	Précipitation moyenne mensuelle (mm)	Moyenne mensuelle des températures maximales (°C)	Moyenne mensuelle des températures minimales (°C)
Janvier	5,00	39,68	10,4	0,42
Février	5,22	36,59	10,68	0,14
Mars	8,70	44,53	14,70	2,84
Avril	13,08	48,00	33,9	5,86
Mai	15,45	39,09	23,53	9
Juin	22,31	20,08	30,30	14,10
Juillet	26,79	4,98	35,06	18,25
Août	25,68	32,09	33,72	17,82
Septembre	20,85	27,77	28,04	14,29
Octobre	15,60	31,40	22,63	9,81
Novembre	9,66	39,05	15,37	4,58
Décembre	6,21	29,17	11,8	1,2
Moyenne annuelle de précipitation 359,79 mm				

□ □ La précipitation

Les précipitations représentent la source principale d'eau dans le monde, selon les données météorologique, la région de Sétif a été caractérisée par des précipitations très faibles et irrégulières (**Tab.03**), surtout aux mois de juillet (4,98 mm).

□ □ La température

La température représente un facteur limitant de première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques (**Ramade,1984**).

D'après les données météorologiques, nous constatons que la température la plus haute du mois le plus chaud et avec une forte sécheresse durant le mois de juillet ($M = 35,06^{\circ}\text{C}$) et que la température la plus basse du mois le plus froid est enregistrée durant le mois de février ($m = 0,14^{\circ}\text{C}$).

Le diagramme ombrothémique (**Fig.05**) nous montre un allongement de la période sèche qui s'étale du mois de mai au mois d'octobre alors que le climat méditerranéen est caractérisé par une période sèche essentiellement estivale.

De ces données et à un $Q_2 = 35,45$ et $m = 0,14^{\circ}\text{C}$, la région de Sétif prend une place dans le climagramme emberger dans l'étage biochimique à végétation, semi-aride (**Fig.06**).

L'apport global d'eau, lié aux précipitations à la surface du lagunage dans des conditions de fortes températures, de forts rayonnements et de faibles précipitations, représente 1 à 2% du volume total d'effluent (**Redfield, 1985**).

Matériel et méthode

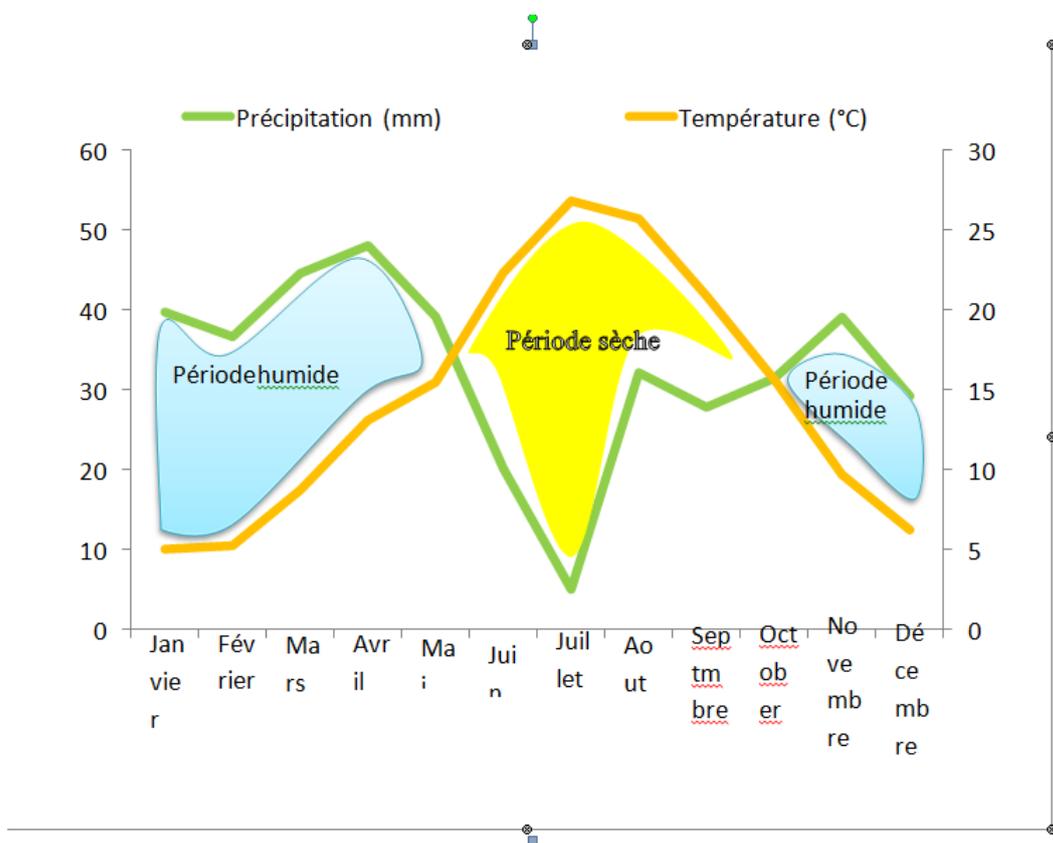


Figure 05 : Diagramme Ombro-thermique de Sétif (2009-2019).

Figure 05 : Diagramme Ombro-thermique de Sétif (2009-2019).

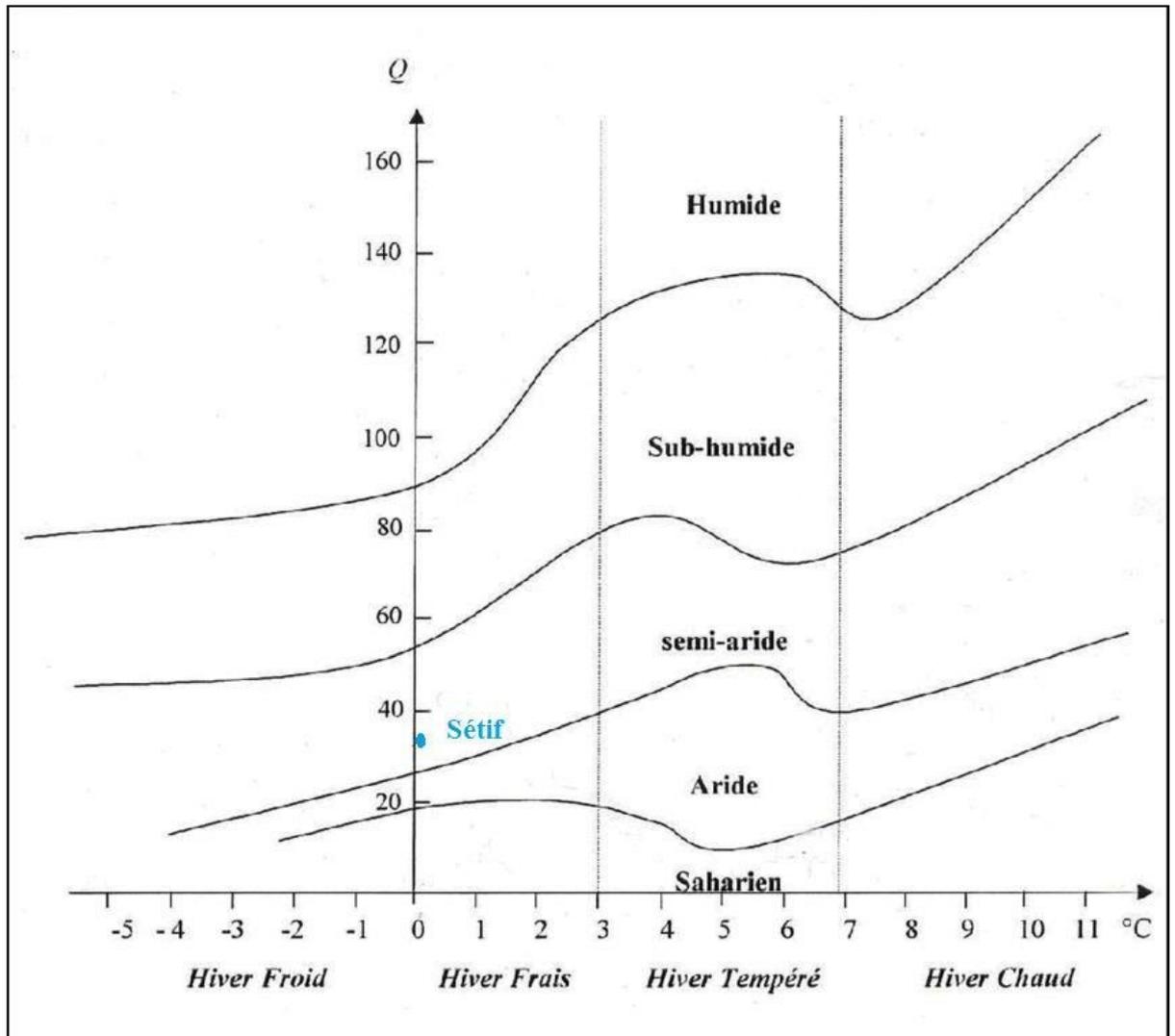


Figure 06 : Etages bioclimatiques d'Emberger. Situation de la région de Sétif dans le climatogramme d'Emberger.

II. La collecte d'échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans la station de Beni Fouada, le premier prélèvement qui correspond aux échantillons de l'entrée est fait dans le bassin 3 et 4 (deux plantes par bassin pour chaque type de plante). Les échantillons de sortie sont prélevés dans les bassins 5 et 6 (deux plantes par bassin pour chaque type de plante). Pour les échantillons témoins le prélèvement a été établie à partie de L'Oued mais à une distance de 900 m loin de la station.

Les plantes sont prélevées sur 3 saisons dont, l'automne (17 octobre 2021), l'hiver (Janvier 2022), et enfin le printemps (2 avril 2022). Mis dans des sacs plastiques, puis lavés en laboratoire à l'eau du robinet. Ensuite, les différentes parties de chaque plantes (feuilles/tiges/racines) ont été coupés en très petits morceaux dans des boites pour établir l'analyse de la proline et sucre. Six répétitions ont été établies sur chacun des organes et pour chaque plante.

II.1. La teneur de la proline

- la méthode utilisée est celle de Trolls et Lindsley (1955) simplifiée par (**Rasio *et al.*, 1987**).
- On place 100mg de matière fraîche dans tubes à essai contenant 3ml de méthanol (40%). Les tubes sont mis dans un bain Marie à 80 °C pour une durée d'une heure.
- Après refroidissement, à 1ml prélevé de la solution obtenue, est ajouté 25 mg ninhydrine et 1ml d'acide acétique et 1ml du mélange (120 ml d'eau distillée + 300 ml acide acétique + 80 ml d'acide ortho-phosphorique de densité 1.7).
- Les tubes sont mis dans le bain Marie jusqu'à ébullition pendant 30mn.
- Une fois refroidis, on ajoute 5 ml de toluène.
- Deux phases se séparent, la phase supérieure organique qui contient la proline est récupérée.
- La lecture de son absorbance est faite au spectro UV-VIS-1205 à une longueur d'onde 528nm. La concentration de la proline est déduite à partir de la courbe d'étalonnage ($y = 0,91x + 0,0043$, $R^2 = 0,98$).

II.2. La teneur du sucre

- Pour le dosage des sucres solubles, nous avons utilisé la méthode de **(Dubois *et al.* 1956)**.
- 100mg de matière fraîche, placés dans des tubes à essai, auxquels sont ajoutés 3ml d'éthanol (80%) pour l'extraction des sucres.
- Les tubes sont laissés à température ambiante pendant 48 heures. Ensuite ils sont placés dans un bain Marie à 100 °C pour faire évaporer l'alcool.
- Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillé. On introduit 1ml de la solution dans des tubes à essai, auquel est ajoutée 1ml de phénol (5%) et 5 ml d'acide sulfurique.
- Après refroidissement, une lecture de la densité optique des échantillons est faite à une longueur d'onde 496nm. La teneur des sucres est déduite à partir de la courbe d'étalonnage.

Tableau 04 : Les caractéristique des eaux usées (Benyoucef et Kribaa, 2021)

Paramètres calculés	Valeurs
TC°	15, 47
pH	7 ,99
EC Ms/cm	1, 81
TSS mg/L	418, 52
COD mg/L	761 ,93
BOD5 mg/L	317, 71
N-NH4 mg/L	38, 39
NT mg/L	83, 57
N-NO2 mg/L	1, 10
N-NO3 mg/L	13, 41
MVS mg/L	270, 85
PT mg/L	8, 84
P-PO4 mg/L	4, 49

II.3. L'analyse statistique

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de la proline et sucres sont soumis à une Anova à trois facteurs ; le premier facteur est le type de pollution (eau avant phyto-épurations et après phyto-épuration), le deuxième facteur représente l'effet génotype et enfin le troisième effet organe. Pour les paramètres qui ont montré un effet significatif un test de comparaison des moyennes est effectué en se basant sur le test de Tukey HSD.

Résultat et Discussion

III. Résultats

I. La teneur des osmotocums en printemps

Les résultats obtenus pour la période du printemps indiquent que, la proline forée dans les plantes dans les eaux usées (plante de lagunages PL) accumule plus de proline par rapport aux plantes l'Oued (PO). L'analyse de la variance indique un effet très hautement significatif ($F=23,77$; $P < 0.000001$) (**Tab, 06 ; Annexe**). La teneur de la proline dans les plantes de lagunages est de $1,61 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour l'entrée et de $1,54 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ à la sortie, les plantes témoins de l'Oued la valeur obtenue est de $1,14 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.07**).

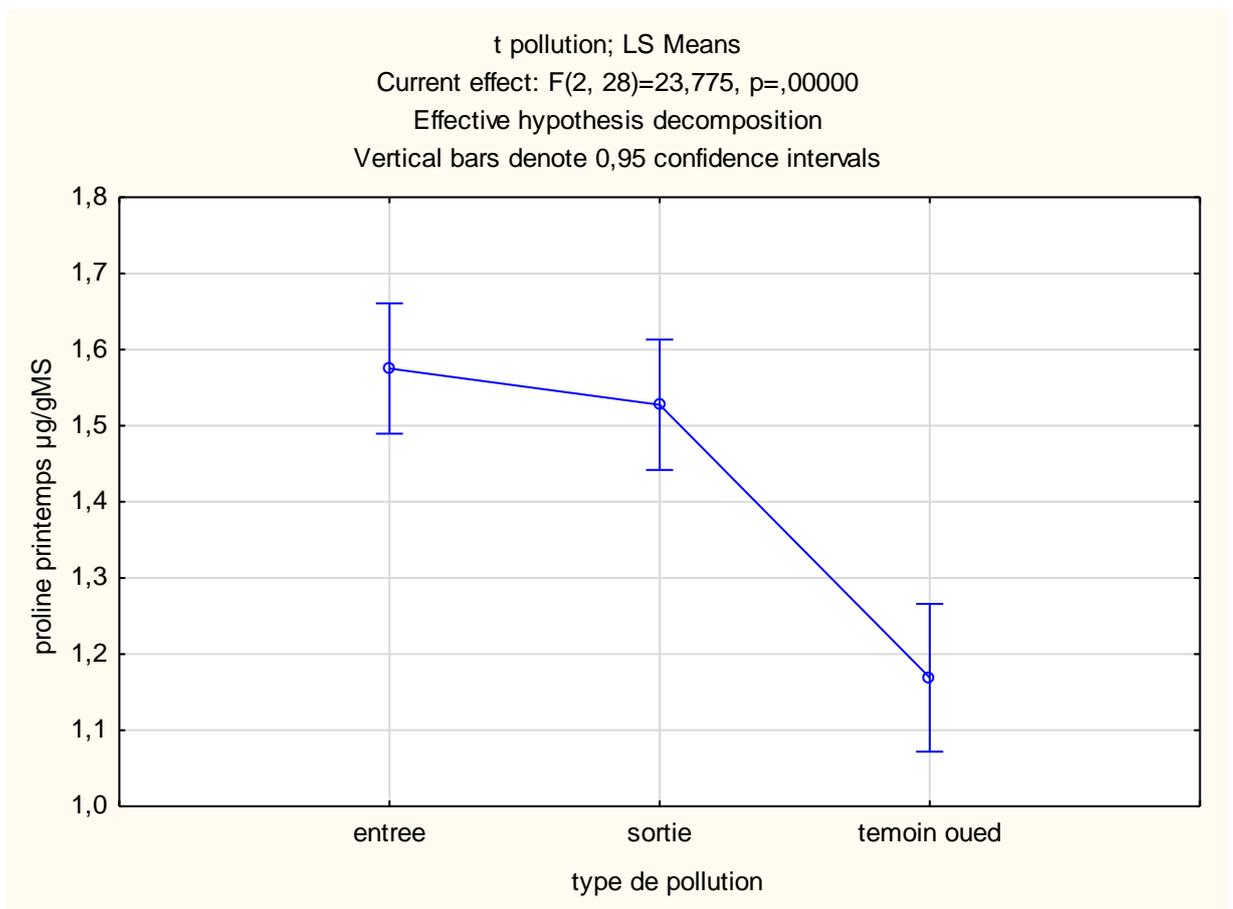


Figure 07 : La teneur de la proline dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entré et sortie d' eau usées Oued).

Résultat et Discussion

Pour la saison du printemps l'accumulation de cet acide aminée est très déterminante pour la plante massette ($F= 64,48$; $P<0,00001$) (**Tab, 08; Annexe**), la teneur observée est de $1,66\mu\text{g}/\text{mg MS}$, cette valeur est supérieure à celle du roseau $1,24\mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.08**).

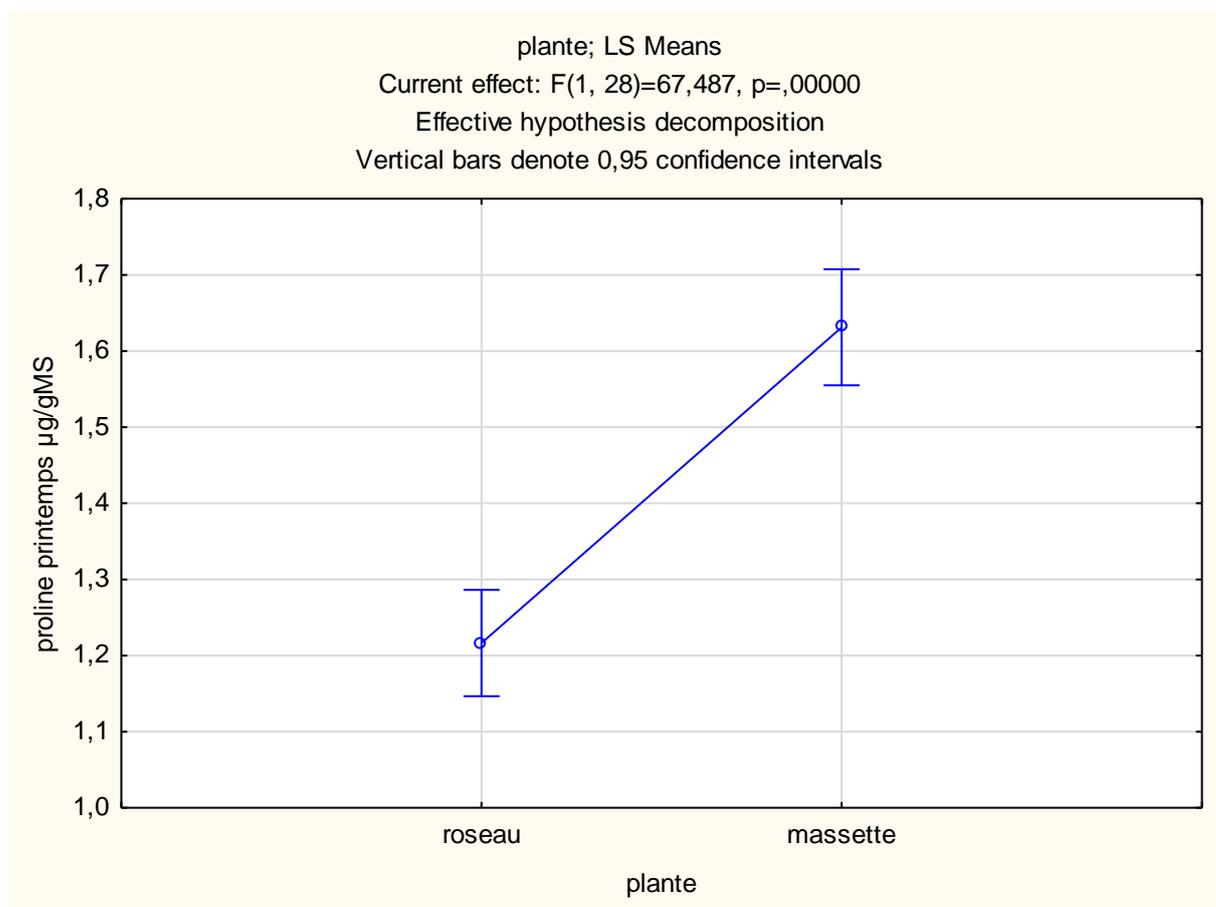


Figure 08 : La teneur de la proline dans les deux plantes Massettes et Roseaux en période du printemps.

Résultat et Discussion

Il ressort aussi de cette étude que la proline s'accumule plus dans les racines 1,57 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS contrairement aux feuilles 1,31 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS et aussi aux tiges 1,41 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS (Fig.09) (Tab,07 ; Annexe).

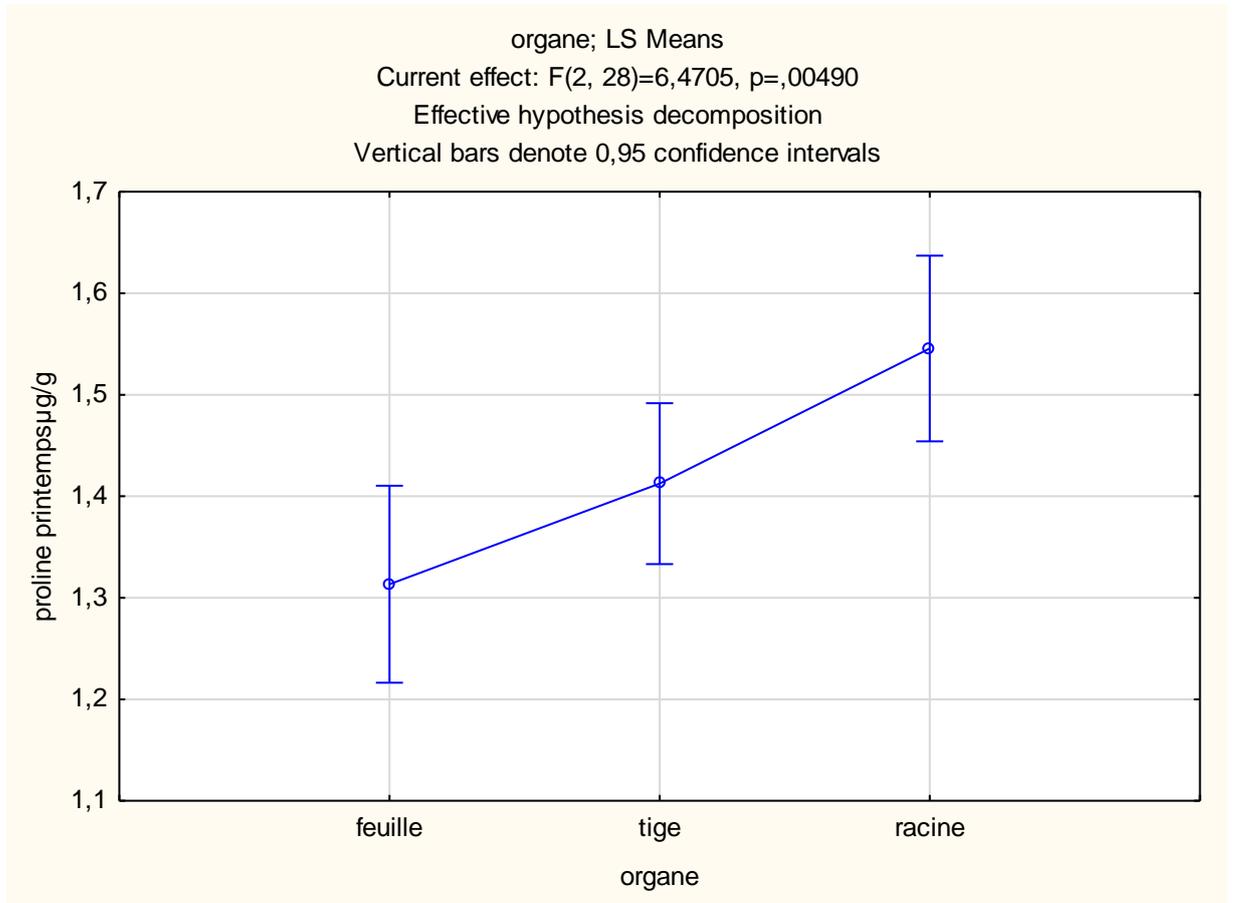


Figure 09 : La teneur de la proline dans les différents organes en période du printemps.

Résultat et Discussion

Concernant les sucres, il apparaît que l'accumulation des sucres dans les plantes de l'Oued ou celles du lagunage est non significative ($F=0,43$; $P=0,64$) (**Tab,10 ;Annexe**), les teneurs obtenues sont très proches, elles varient entre $0,27 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les plantes témoins de l'Oued et $0,20 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les plantes de lagunage (**Fig.10**).

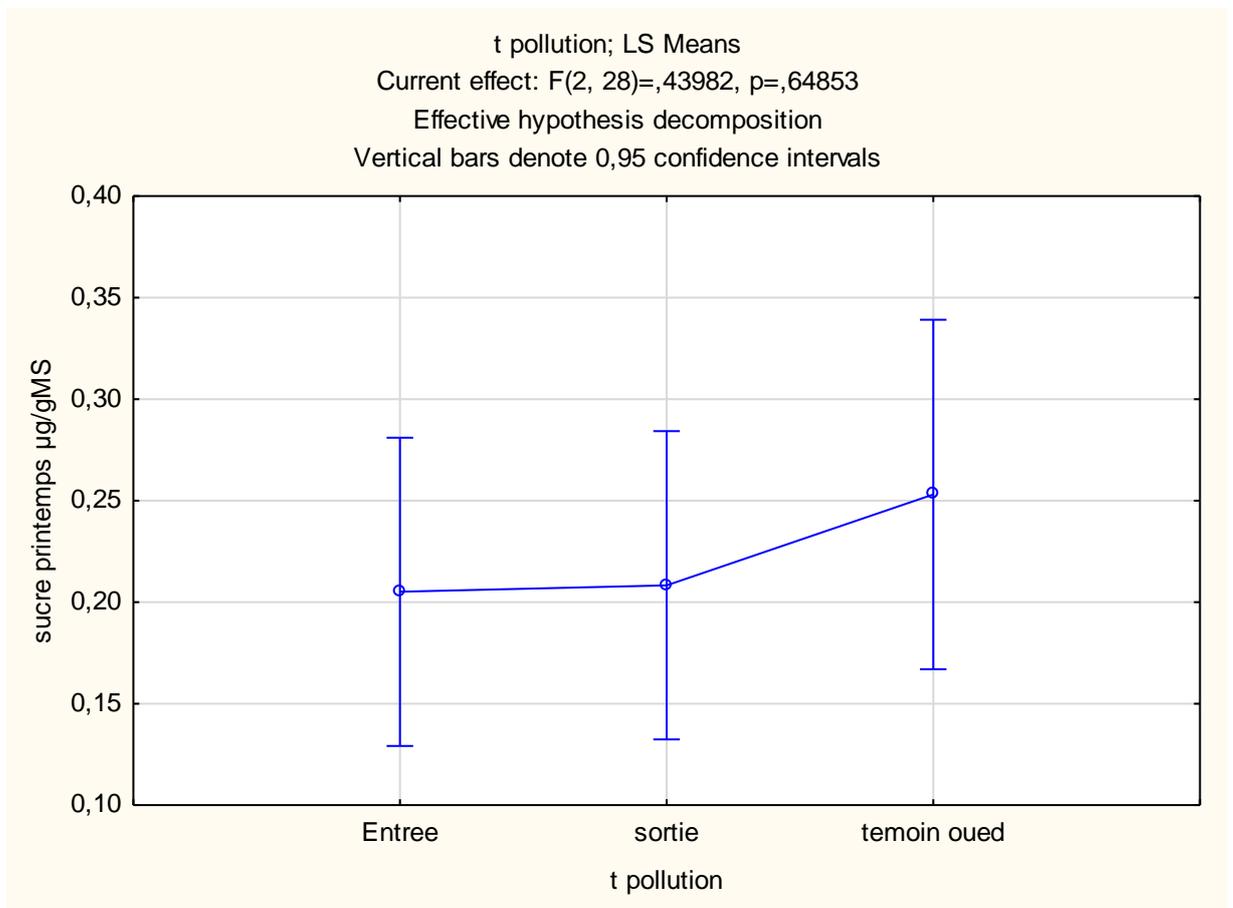


Figure 10 : La teneur des sucres dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entré et sortie d'eau usées et Oued).

Résultat et Discussion

Cependant, il apparaît que la synthèse des sucres dans les roseaux est significativement supérieure à celle des massettes ($F= 11,92$, $P< 0.001$) (**Tab,12 ;Annexe**). La teneur allouée aux roseaux est de $0.30 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ deux fois supérieure à celle de la massette $0,14 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.11**).

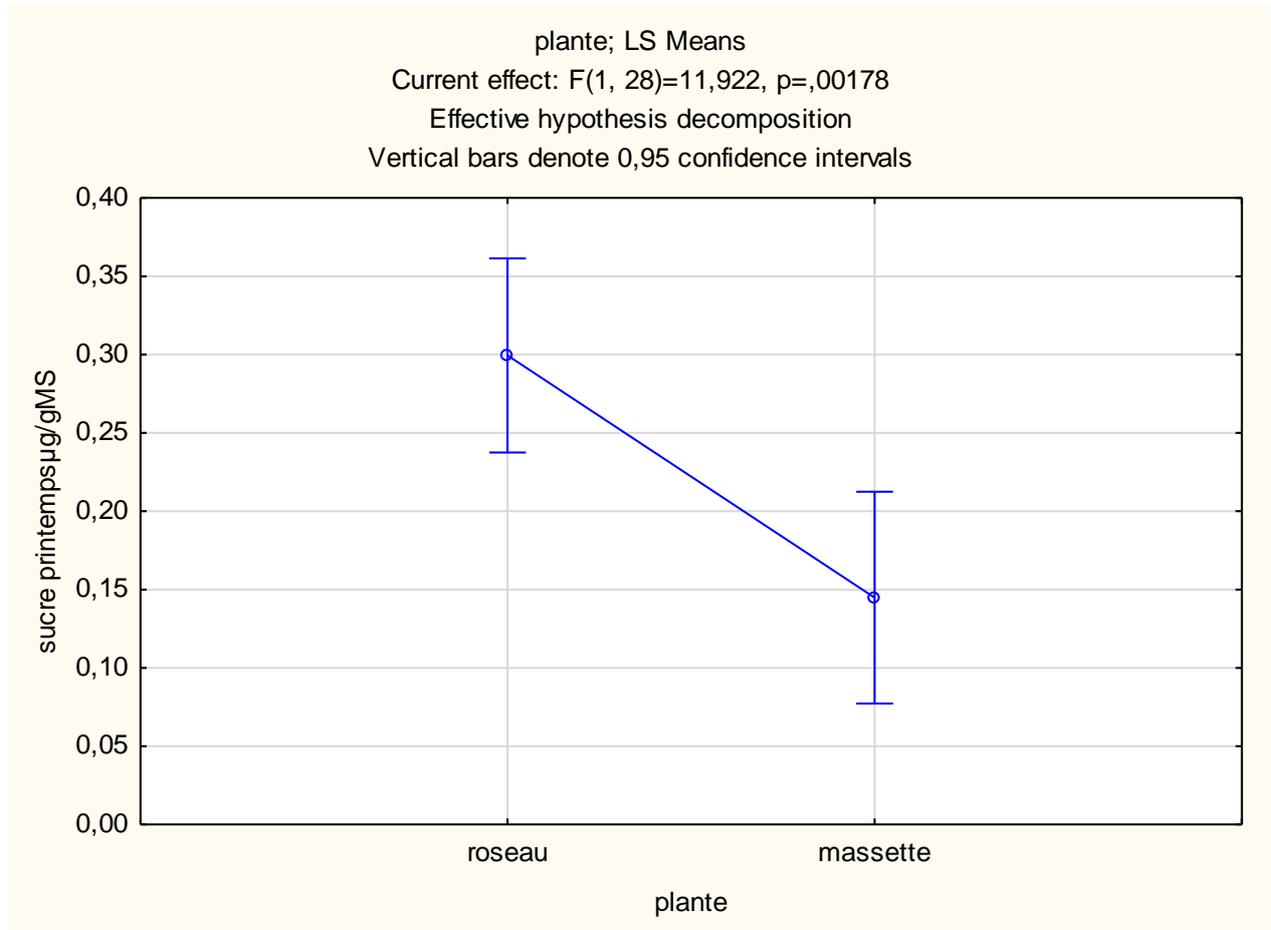


Figure 11 : La teneur des sucres dans les deux plantes Massettes et Roseaux en période du printemps.

Résultat et Discussion

Les résultats montrent que la teneur des sucres dans les différents organes des plantes sont proches, l'analyse de la variance montre un effet non significatif ($F= 2,30$; $P= 0,11$) (**Tab,11** ; **Annexe**). On obtient la teneur de 0,30 dans les racines et 0,21 $\mu\text{g}/\text{mg MS}$, 0,16 $\mu\text{g}/\text{mg Ms}$ respectivement dans les feuilles et les tiges (**Fig.12**).

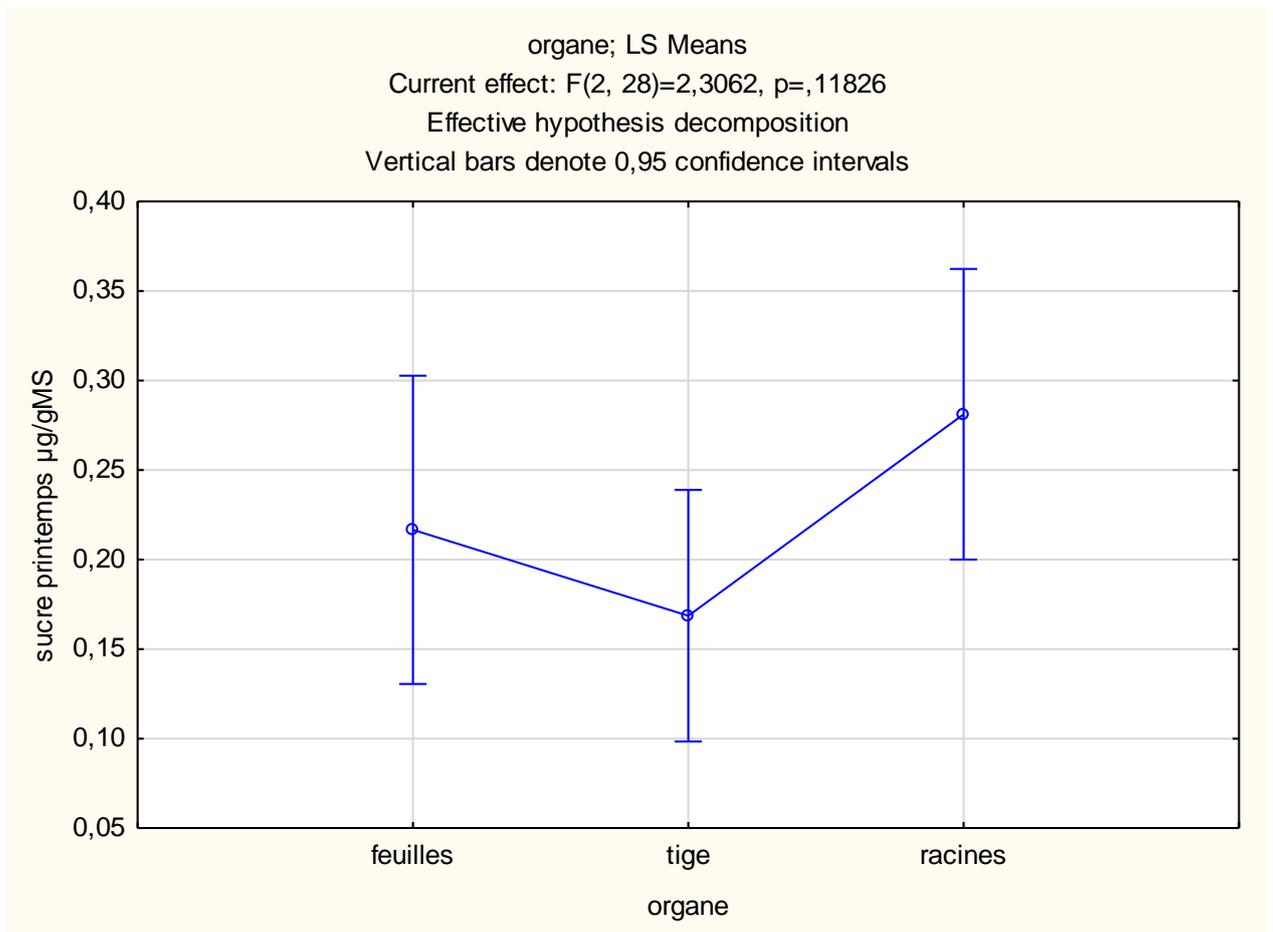


Figure 12 : La teneur des sucres dans les différents organes en période du printemps.

Résultat et Discussion

Pour la saison de l'hiver, il apparaît que l'accumulation de la proline dans les plantes de l'Oued est significativement supérieure aux plantes de lagunages ($F=2227,96$; $P<0.00001$) (**Tab,14 ; Annexe**). La teneur obtenue pour les plantes témoins est de $1,765 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les plantes de l'entrée elle est de $0,47 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ et avec les plantes de sortie on obtient $0,39 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.13**).

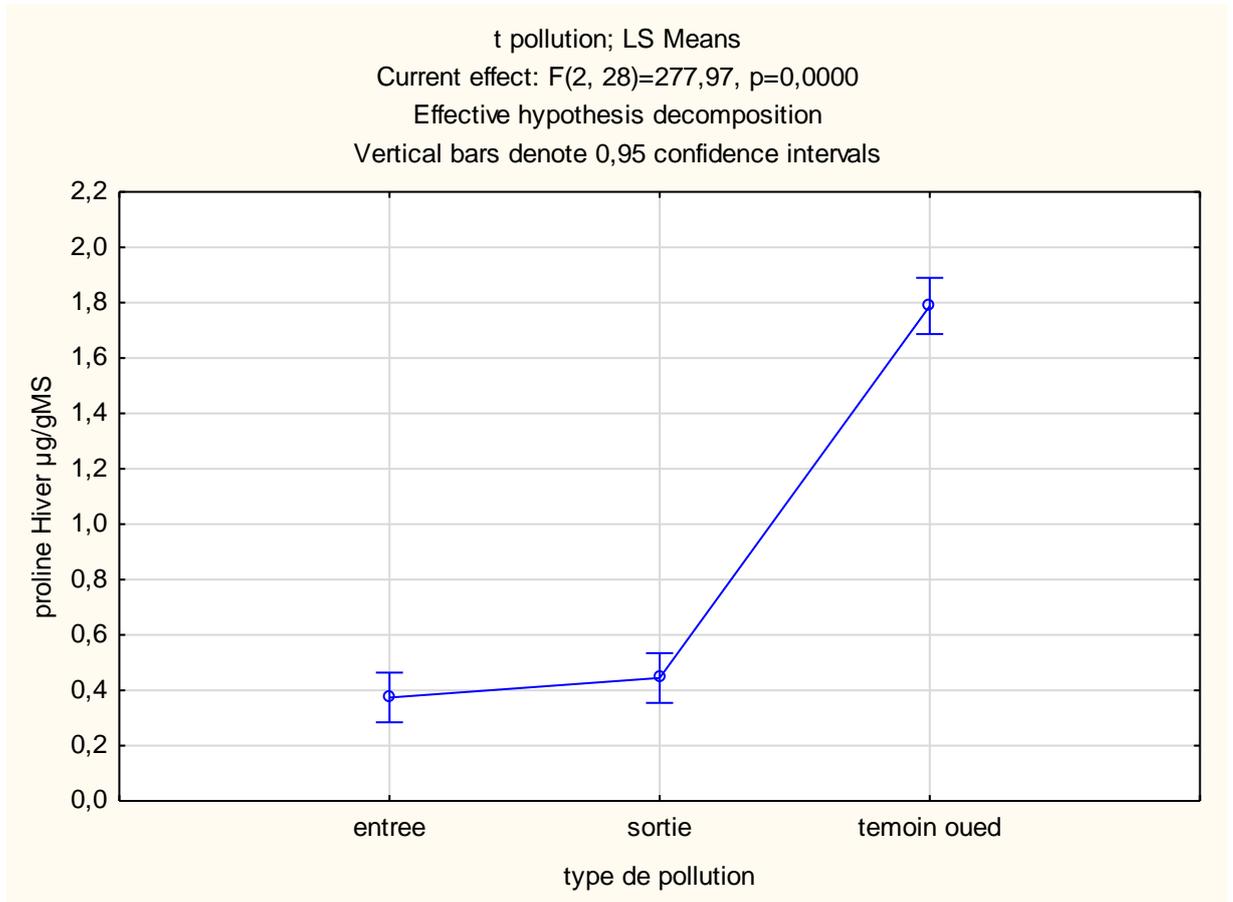


Figure 13 : La teneur de la proline dans les plantes témoins et la plantes de lagunage (entré et sortie d'eau usées Oued).

II. La teneur des osmotocums en hiver

A cette issue le test de comparaison des moyennes Tukey, indique deux groupes Témoins > sortie, entrée. L'analyse statistique note qu'il n'y a pas de différence entre la plante de massette et roseau en ce qui concerne l'accumulation de la proline ($F=0,32$, $P=0.572$) (**Tab,16 ; Annexe**). La teneur allouée au roseau est de $0,90 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ et celle de la massette $0,77 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.14**).

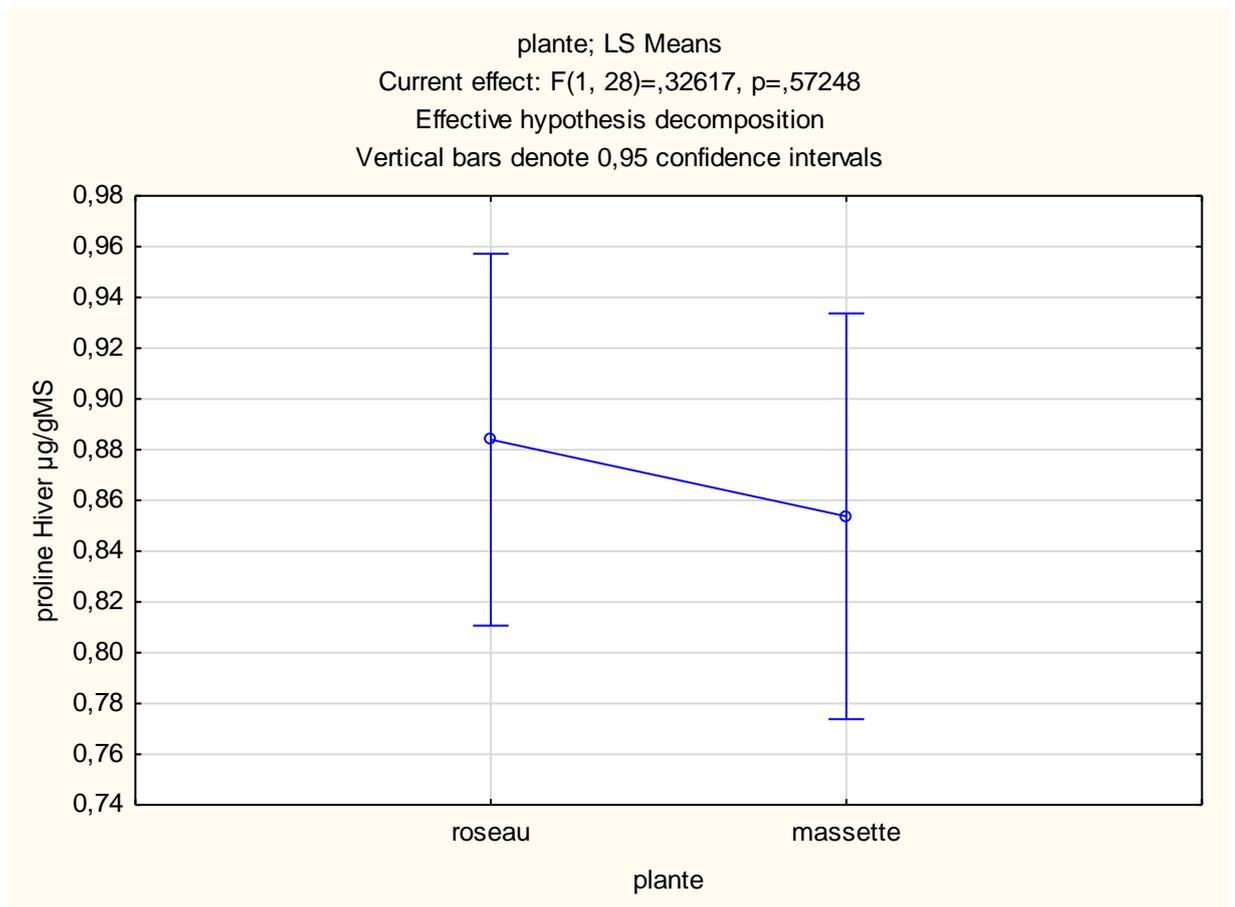


Figure 14 : La teneur de la proline dans les deux plantes Massettes et Roseaux en période d'hiver.

Résultat et Discussion

Il apparait aussi à travers cette étude que la formation et l'accumulation de la proline est très accentuée et significativement ($F= 31,97$, $P<0.00001$) (**Tab, 15 ; Annexe**), supérieure dans les racines contrairement aux feuilles et tiges. Les valeurs obtenues sont de 1,07 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS pour les racines et de 0,75, 0.68 $\mu\text{g} /\text{mg}$ MS respectivement pour les feuilles et les tiges (**Fig.15**).

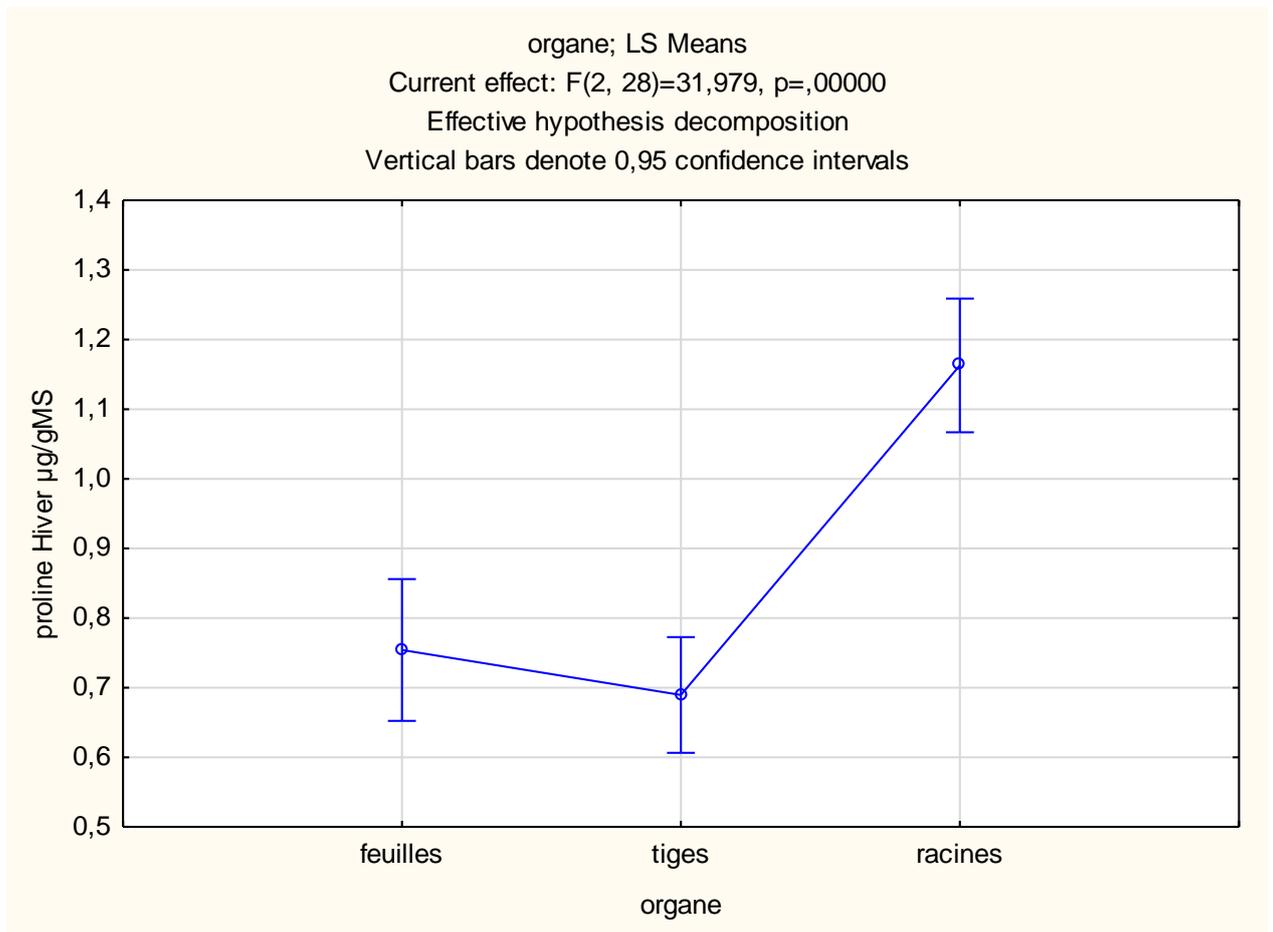


Figure 15 : La teneur de la proline dans les différents organes en période d'hiver.

Résultat et Discussion

Les résultats obtenus avec les sucres indiquent une accumulation significative dans les plantes témoins et aussi les plantes de lagunages ($F= 61,54$; $P< 0.0001$) (**Tab,18 ; Annexe**), il apparait que, l'accumulation dans les plantes témoins est supérieure $0.57 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ aux plantes de lagunage qui montrent respectivement les valeurs de $0,23$ et $0,20 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les plantes de l'entrée et de sortie (**Fig.16**).

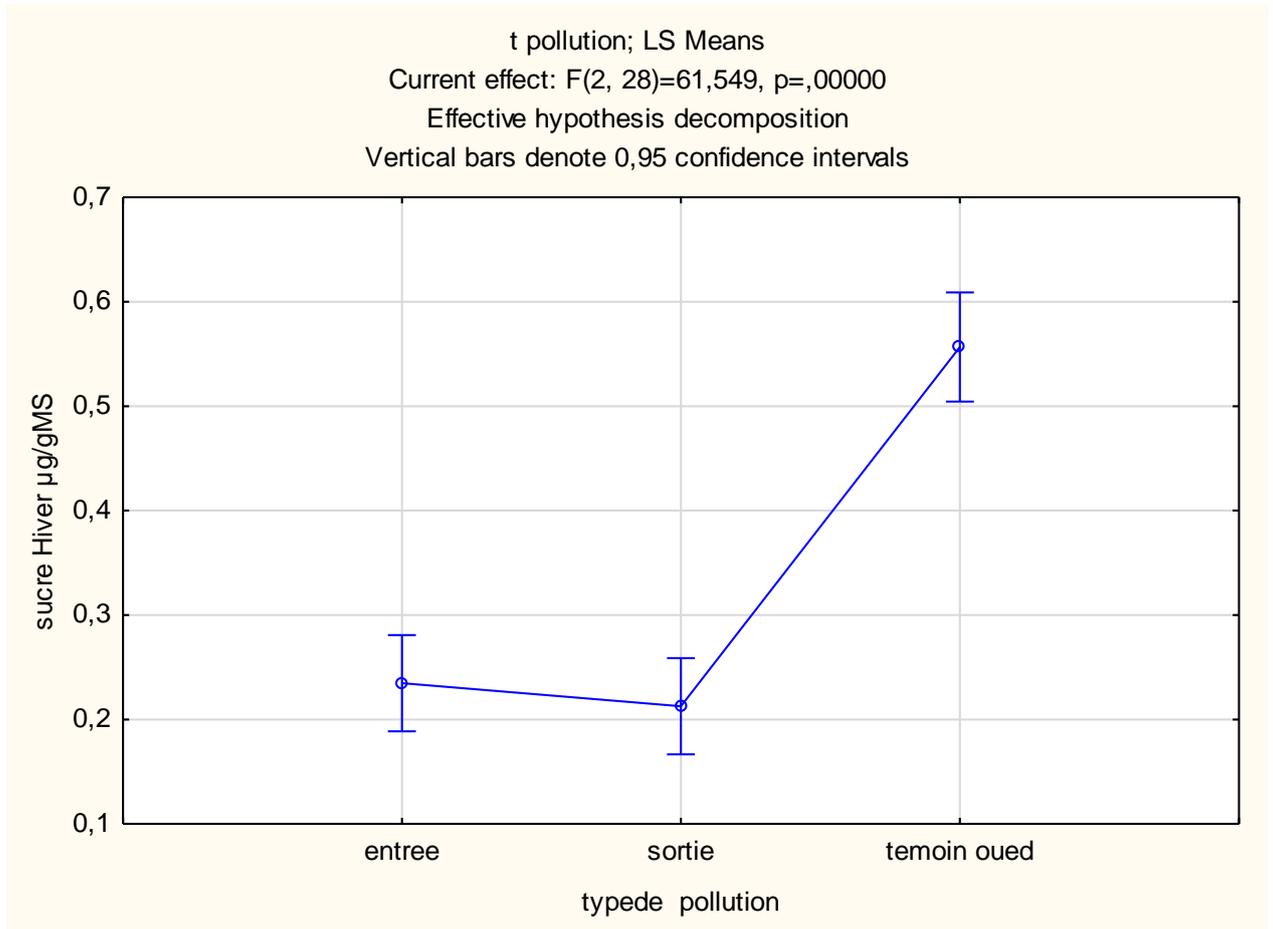


Figure 16 : La teneur des sucres dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entré et sortie d'eau usées Oued).

Résultat et Discussion

Dans ce contexte toujours les plantes de roseaux accumulent plus de sucre 0,38 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS en comparaison avec les massettes qui montrent une teneur inférieure 0,26 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS (**Tab, 20 ; Annexe**). A cet effet l'Anova indique une accumulation hautement significative ($F=19,49$; $P<0.00013$) (**Fig.17**).

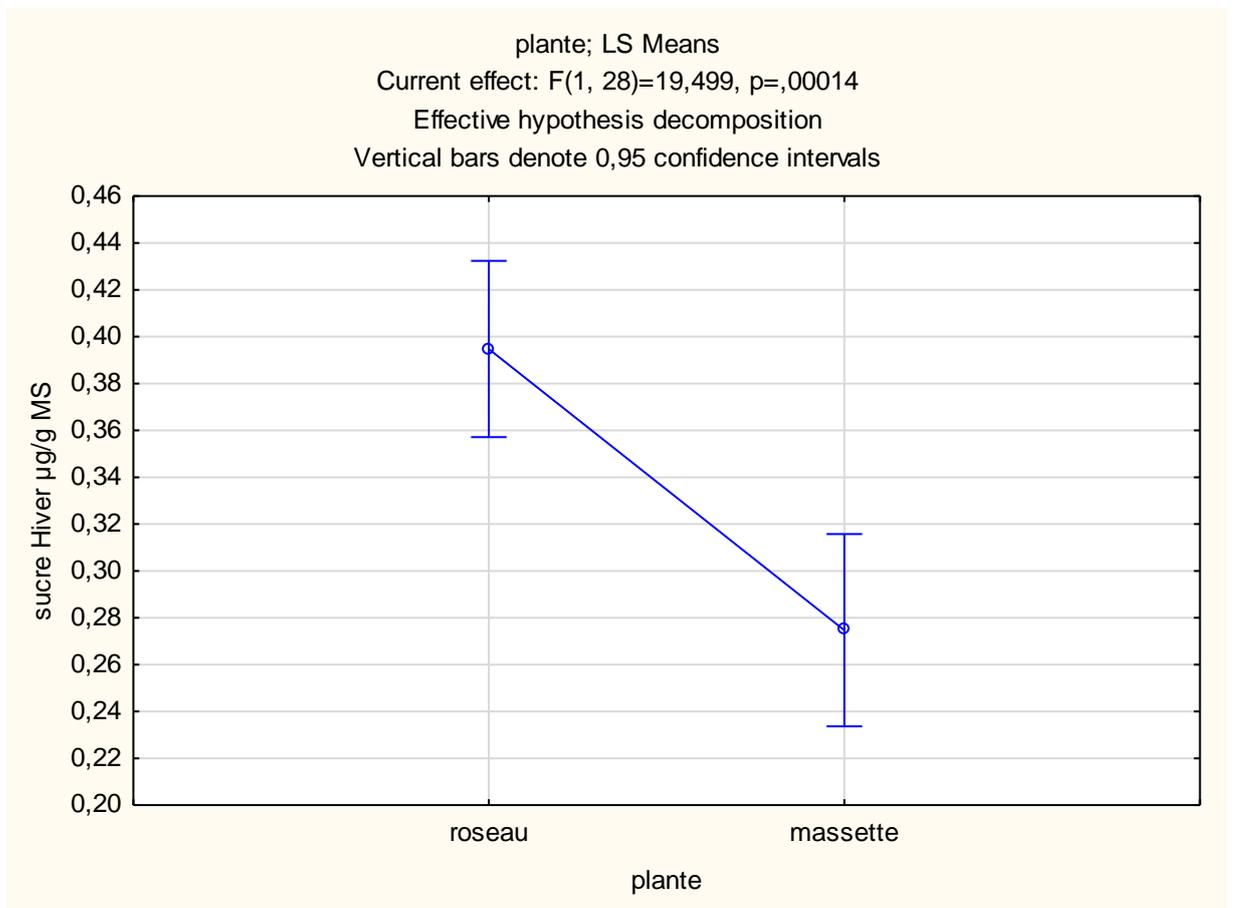


Figure 17 : La teneur des sucres dans les deux plantes Massettes et Roseaux en période d'hiver.

Résultat et Discussion

On détient pour l'hiver une accumulation significative ($F= 13,63$; $P < 0.00073$) (**Tab, 19 ; Annexe**). Dans les feuilles et les racines en comparaison avec les tiges, le test Tukey indique ces deux groupes : feuilles, racines $>$ tiges. La teneur moyenne décelée avec les feuilles est de $0,39 \mu\text{g}/\text{mg MS}$, suivi par $0,37 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les racines et enfin la plus faible valeur $0,24 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ pour les tiges (**Fig.18**).

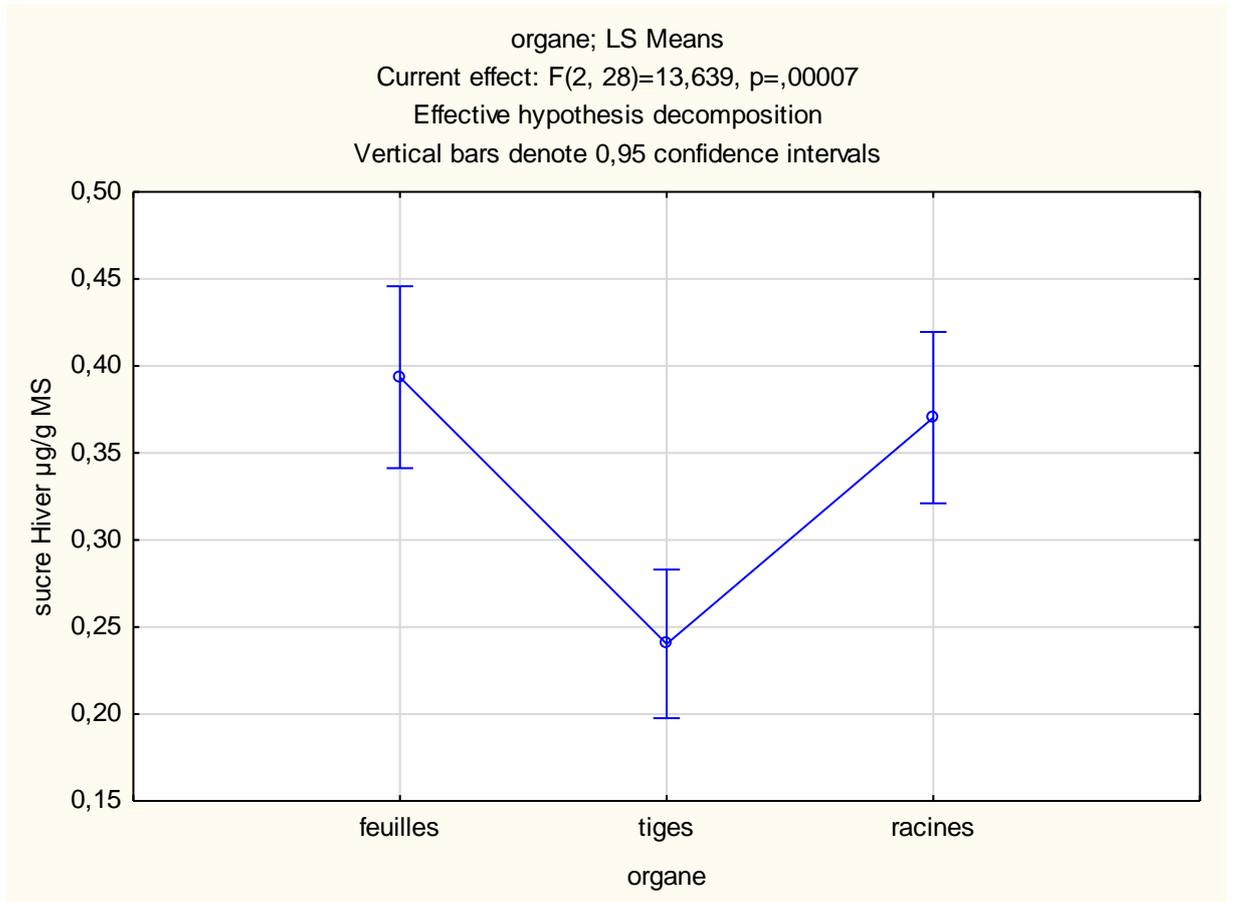


Figure 18 : La teneur des sucres dans les différents organes en période d'hiver.

III. La teneur des osmotocums en automne

L'Anova montre un effet non significatif pour l'accumulation de la proline dans les plantes ($F= 2,9$; $P= 0,06$) (**Tab, 22** ; **Annexe**), les teneurs obtenues pour les plantes de l'Oued 1,71 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS est proche à celle des plantes de lagunes qui notent 1,60 et 1,63 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS respectivement pour les plantes de l'entrée et celle de la sortie des eaux (**Fig.19**).

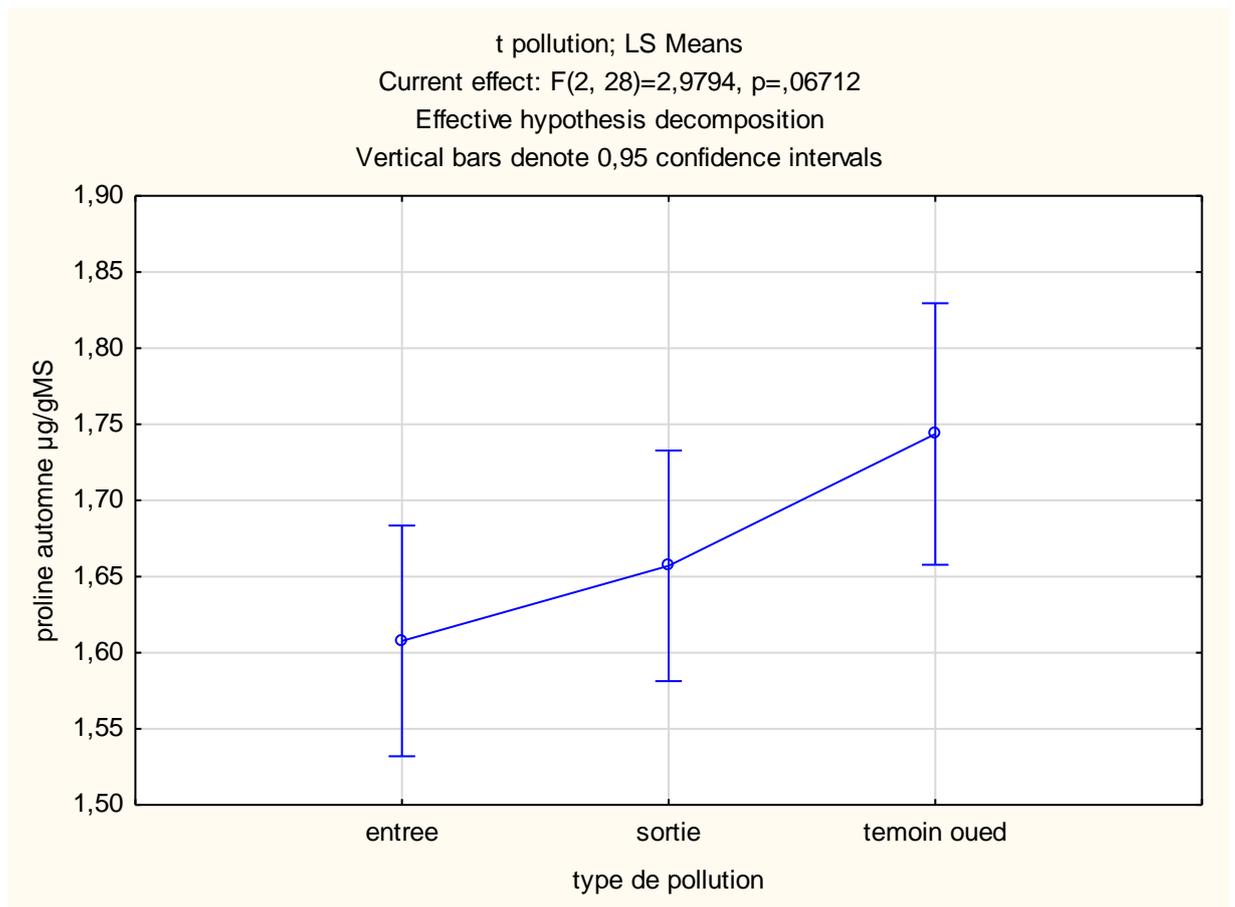


Figure 19 : La teneur de la proline dans les plantes témoins et les plantes de lagunage (entré et sortie d'eau usées Oued).

Résultat et Discussion

L'accumulation de la proline est significative ($F= 23,17$; $P< 0.0001$) (**Tab, 24 ; Annexe**) quant à l'effet plante. En effet, les plantes de roseau accumulent plus de proline contrairement aux massettes. Les roseaux notent la teneur de $1,76 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ et les massettes montrent la valeur de $1,51 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.20**).

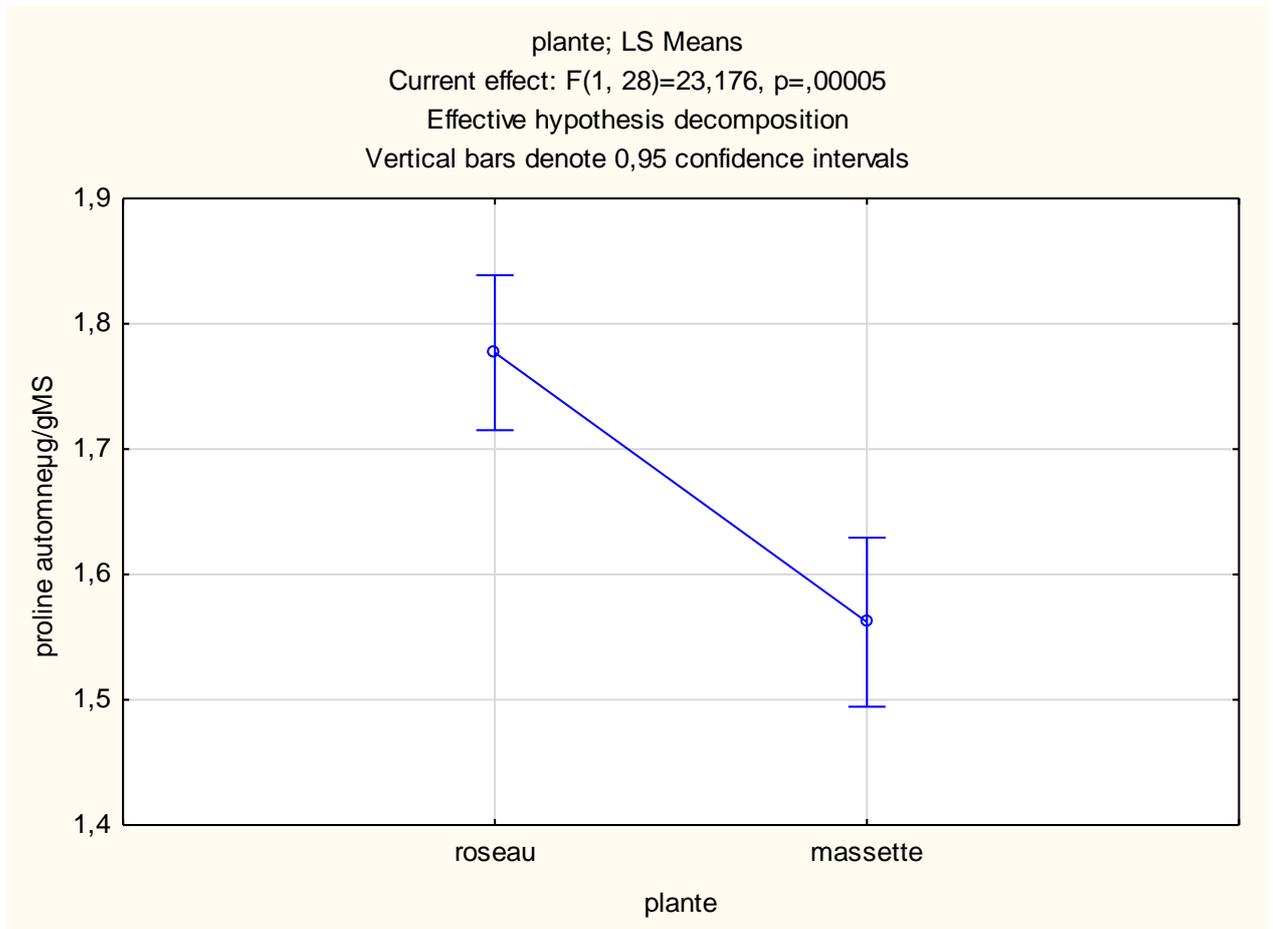


Figure 20 : La teneur de la proline dans les deux plantes Massettes et Roseaux période d'automne.

Résultat et Discussion

Il apparaît selon les valeurs obtenues aussi que, la teneur de la proline dans les feuilles est supérieure aux tiges et racines. L'étude statistique note un effet significatif ($F=5,68$; $P<0.008$) (**Tab, 23, Annexe**). Le test de Tukey indique deux groupes dont le premier. Correspond aux feuilles avec la teneur de $1,77 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ et le deuxième groupe les tiges avec la valeur de $1,63 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ suivi par les racines par la teneur de $1,55 \mu\text{g}/\text{mg MS}$ (**Fig.21**).

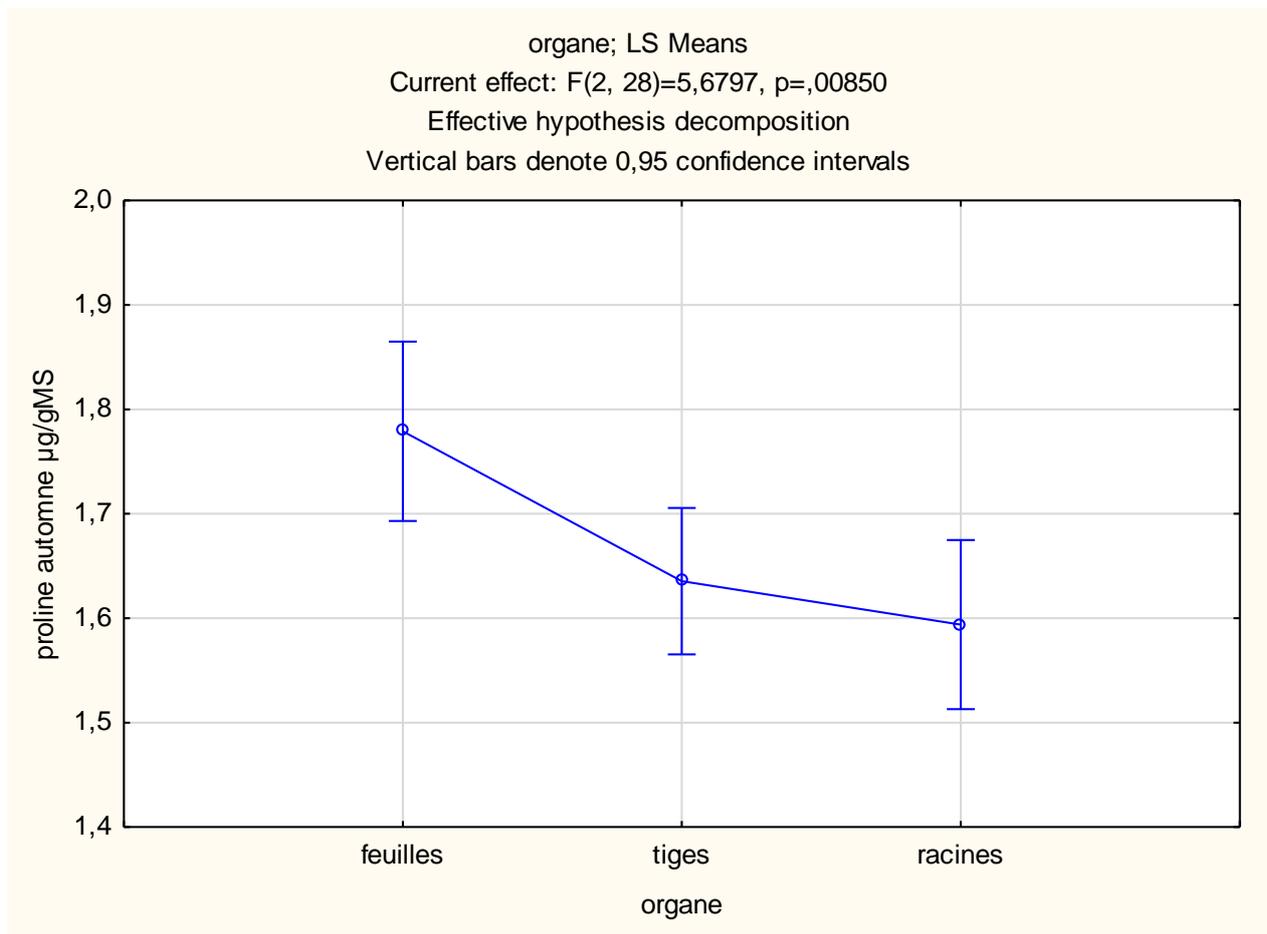


Figure 21 : La teneur de la proline dans les différents organes en période d'automne.

Résultat et Discussion

Concernant les sucres, l'analyse de la variance montre effet significatif pour les trois facteurs. Les plantes témoins et les plantes de lagunages de la sortie accumulent plus des sucres en comparaison avec les plantes d'entrée ($F= 6,44$; $P<0.004$) (**Tab, 26 ; Annexe**). Les résultats alloués aux plantes de l'oued est égale à $0,99 \mu\text{g}/\text{mg}$ MS suivi par les plantes de lagunage sortie $0,96 \mu\text{g}/\text{mg}$ MS. Avec les plantes de l'entrée on note la valeur de $0,74 \mu\text{g}/\text{mg}$ MS (**Fig.22**).

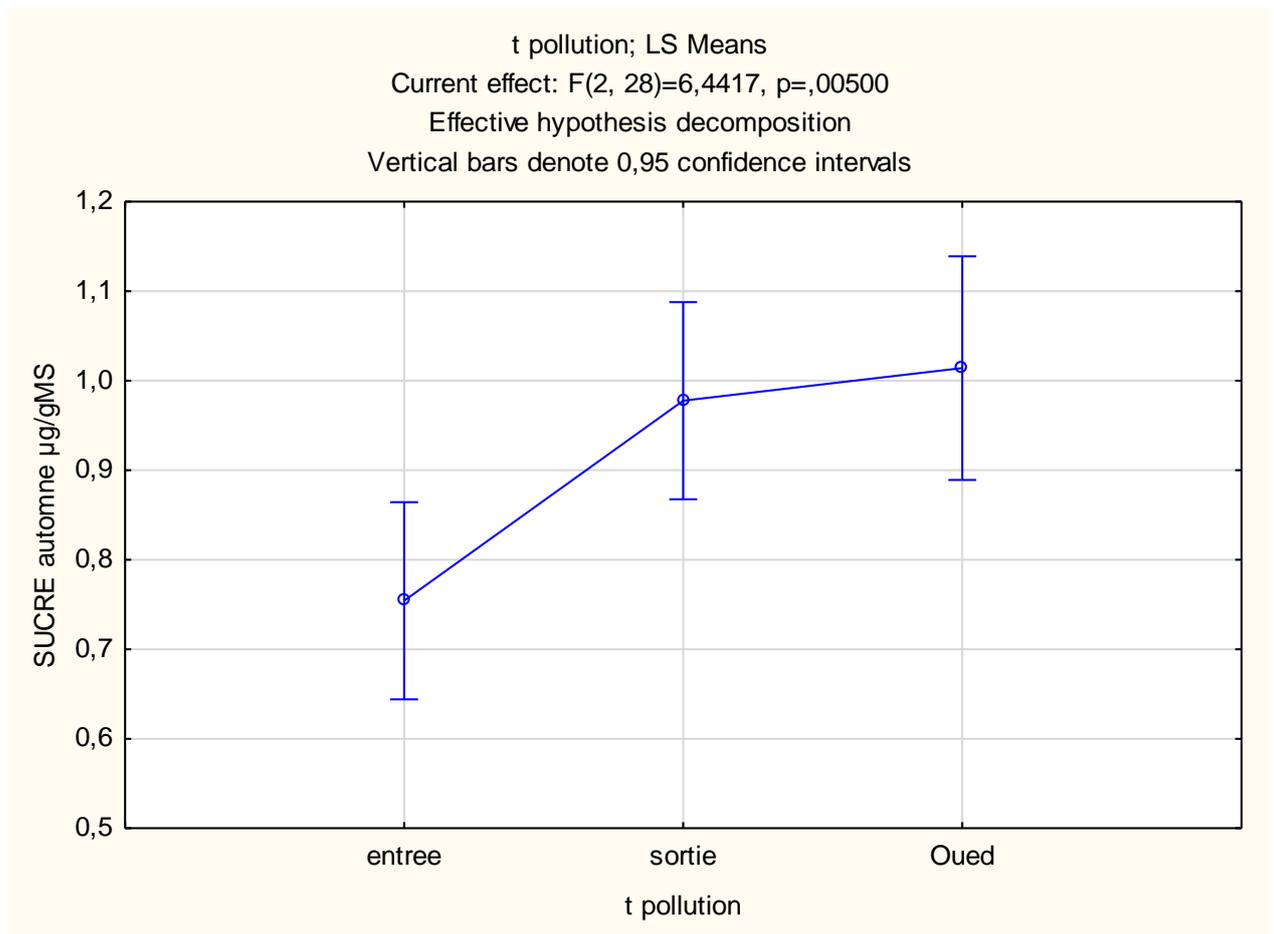


Figure 22 : La teneur des sucres dans les plantes témoin et les plantes de lagunage

(entrée et sortie d'eau usées Oued).

Résultat et Discussion

Aussi, les roseaux accumulent significativement ($F= 109,50$; $P<0.00001$) (**Tab, 28; Annexe**) plus de sucre par rapport aux plantes massettes. La teneur des sucres dans les massettes est de $0,53 \text{ ug/mg MS}$ celle du roseau est égale à $1,22 \text{ } \mu\text{g/mg MS}$ (**Fig.23**).

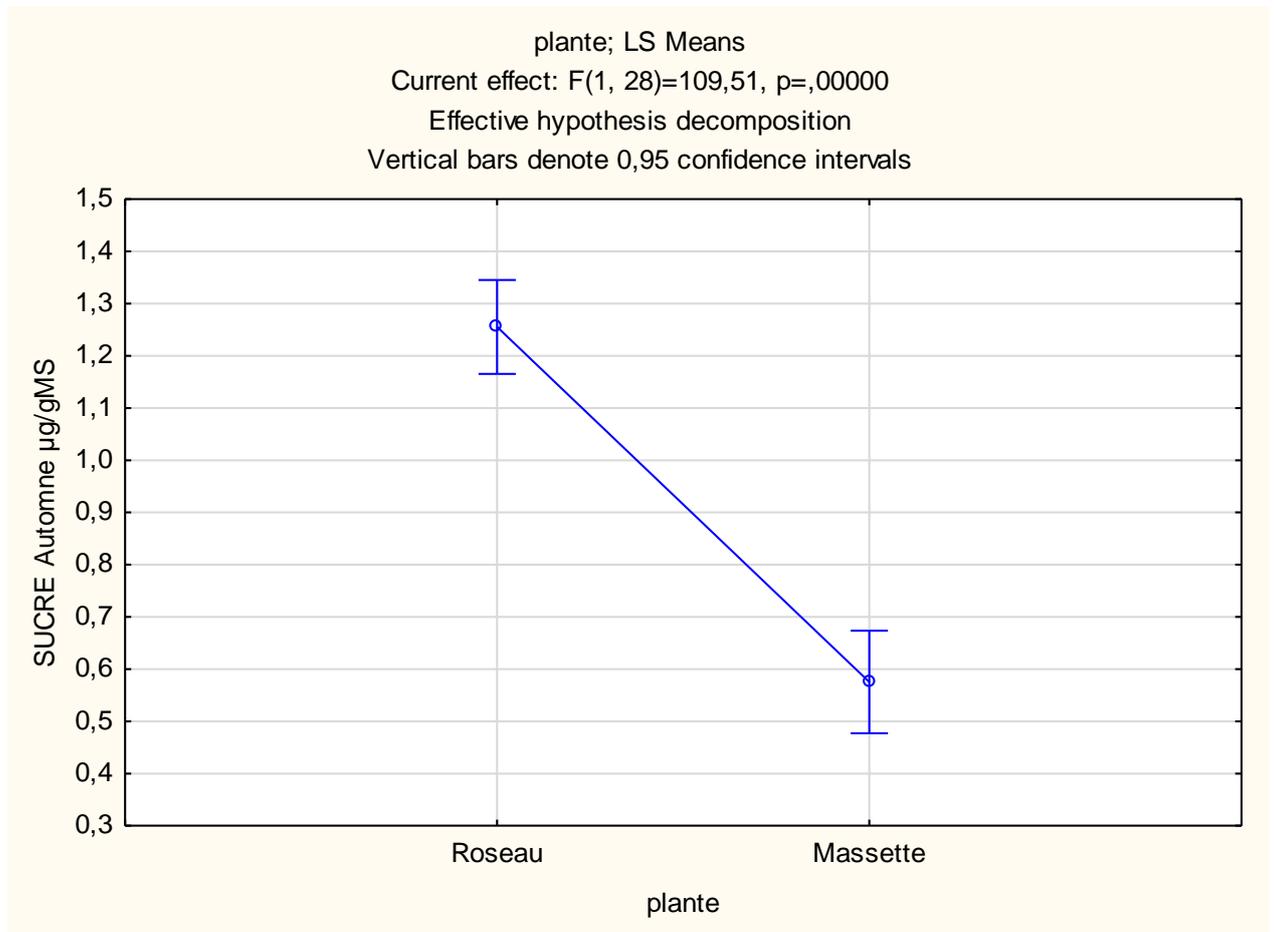


Figure 23 : La teneur des sucres dans les deux plantes Massettes et Roseaux en période d'automne.

Résultat et Discussion

Le test de Tukey montre deux groupes quant à la formation des sucres dans les différents organes des plantes, montrant ainsi l'existence d'une différence significative ($F=24,75$, $P<0,00001$) (**Tab,27 ;Annexe**), dans l'accumulation pour les différents organes. Les teneurs varient entre 1,06 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS pour les feuilles à 1,09 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS pour les racines ces valeurs sont supérieures aux tiges 0,60 $\mu\text{g}/\text{mg}$ MS (**Fig.24**).

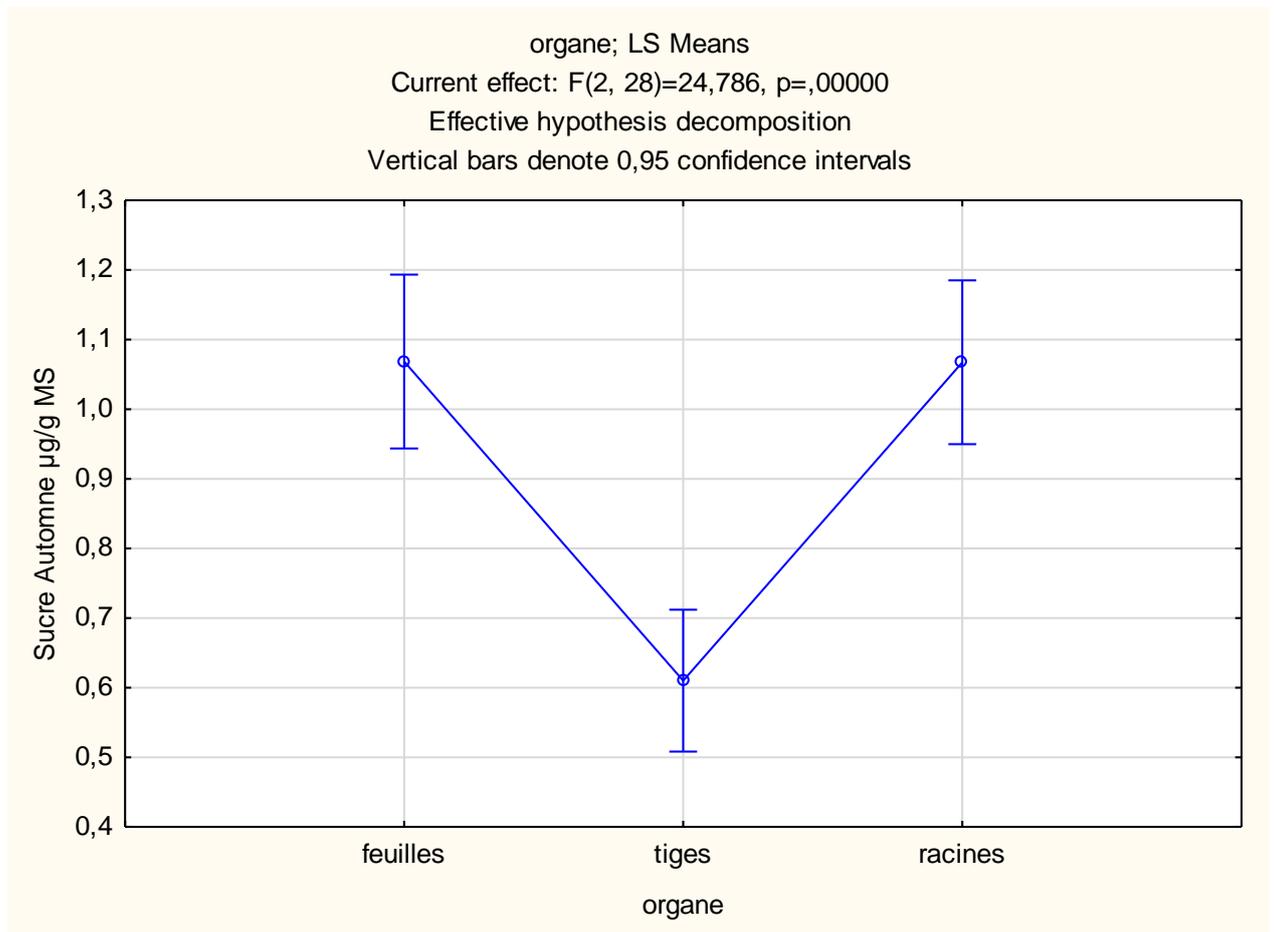


Figure 24 : La teneur des sucres dans les différents organes en période d'automne.

IV. Discussion

La formation de la proline est en relation avec la composition des matières azotées existantes dans le milieu environnant. En effet, les eaux usées sont riches en ces éléments (**Metahri ,2012**), en comparaison avec l'eau de l'oued. L'analyse des eaux usées du lagunage montre que ces derniers sont riches en nitrates et ions ammonies. En période de printemps, la transformation des ions ammoniums en nitrates favorisent la synthèse de la proline, cette formation, s'effectue dans les racines intensément, car ces organes immergés dans l'eau du lagunage sont en contact directe avec les ions azotés, qui se trouvent dans l'eau usées, cet effet favorise et facilite l'accumulation de cet osmoticum à ce niveau. Pour cette période du printemps la synthèse de la proline est très accentuée car les conditions de températures sont très favorables, permettent la transformation facile sous l'effet des bactéries nitrifiantes des ions ammoniums en nitrates (**Sellal,2018**), ces derniers sont facilement intégrés dans l'accumulation de la proline. Concernant les sucres il apparait que la plante roseau a accumulé plus de sucre en comparaison de la plante massette, cette accumulation a comblé la synthèse de proline qui était inférieure par rapport à la massette. Dans le même sens aussi, la plante massette a formé plus de proline que de sucre.

Pour la période de l'hiver il apparait que les plantes témoins sont plus stressées par rapport aux plantes de lagunages. Ainsi la teneur de la proline et aussi les sucres augmentent fortement et significativement dans les plantes de l'oued en comparaison avec les plantes de lagunages. Il est connu que lorsqu'une plante est soumise à de faible température, elle développe des stratégies de défense qui se résument en la synthèse de certaines molécules dont la proline et les sucres (**Chunyang, 2013,Marguery, 1992**).

Aussi, la faible température limite l'approvisionnement des plantes témoins (oued) en divers minéraux dont elles ont besoins, car la mobilité et la dissolution de ces derniers se trouve faible et limitée par les basses températures (**Dandurand, et Schott, 1980**). Cet effet est moins accentué pour les plantes de lagunes car ces dernières se trouvent dans un milieu très chargé en divers minéraux, ainsi cette charge minérale a favorisé les plantes de lagunages et a limité l'effet du stress thermique sur la nutrition de ces dernières. Il apparait aussi que pour le cas de proline et aussi les sucres la plante de roseau accumule plus de sucre et de proline en comparaison de la plante massette. On pense à cet effet que ce comportement est purement variétale (**Bouassaba, et Chougui, 2018**), la plante de roseau est plus sensible ainsi elle synthétise plus d'osmoticum pour contre carrer l'effet de stress.

Comme pour le cas du printemps, l'accumulation de la proline en hiver est accentuée surtout au niveau des racines, cet effet s'explique toujours par la disponibilité des matières de base carbone et azote dans le milieu des plantes. Cependant l'accumulation des sucres est très forte dans les feuilles, lieu de synthèse par le mécanisme de la photosynthèse, suite à cela les sucres vont migrer à travers les tiges pour s'accumuler aussi dans les racines induisant ainsi une accumulation aussi dans les racines en plus des feuilles (**Alaoui et al., 1994**). L'accumulation des sucres dans les racines permet d'approvisionner les mycorhizes des plantes, en effet les roseaux et massettes sont des plantes qui présentent des champignons symbiotiques dans leurs racines (**Dalpé, 2005**). Cette symbiose induit et oblige la migration des sucres comme matières énergétiques vers les racines des plantes (**Garbaye, 2013**).

En période d'automne la quantité de la proline dans les plantes de lagunages et les plantes témoins sont proches. Le test de Tukey indique que toutes les plantes appartiennent à un seul groupe. Selon certains auteurs (**Aubry, 2003**), la transformation des ions azotés ammoniums en nitrates diminuent en période d'automne, cette diminution affecte la formation de la proline et fait que la teneur de cet osmoticum ne s'accumule pas induisant un rapprochement et ressemblance dans sa teneur dans les plantes témoins et aussi plantes de lagunages. Cependant, pour la même saison, il apparaît que les plantes ont basé leurs réponses sur la synthèse des sucres. Il apparaît aussi dans ce cas que les plantes témoins de l'oued forment plus de sucres en comparaison avec les plantes de lagunes. Cette observation s'explique par le fait que les plantes témoins à cette saison ont été confrontées à un stress thermique associé à un stress hydrique. La saison de l'automne a connu un manque excessif en pluviométrie pour l'année 2021, qui a induit une diminution dans la réserve hydrique et a engendré une accumulation de sucres dans les plantes témoin, pour les plantes de lagunages l'effet est moins accentué car ces plantes se trouvent dans des bassins qui reçoivent les eaux usées de façon continue, ainsi le problème du stress hydrique ne se pose pas. Pour cette saison, comme pour le cas de l'hiver il apparaît que la synthèse des sucres et proline dans les plantes roseaux est toujours supérieur par rapport aux plantes massettes, cette observation conclut et confirme que cette synthèse est en relation avec le caractère variétale de la plante qui montre que la plante de roseau est plus sensible par rapport à la plante de massette.

Conclusion

V Conclusion

Les analyses effectuées dans ce modeste travail montrent que les plantes répondent au milieu pollué différemment. La plante roseau accumule plus de proline et de sucre en comparaison avec la massette, cependant l'accumulation de cet osmoticum varie d'un organe à un autre et en fonction des saisons. Il serait intéressant de reproduire cette étude avec plus de plantes phyto épuratrice et étudier en plus de paramètres physiologiques des paramètres biochimiques, morphologiques etc, pour mieux cerner ces réponses.

Références bibliographique

Références bibliographiques

A

Alaoui-Sossé , Ciele Parmentier, Pierre Dizengremel and Paul Barnola, (1994), Rhythmic growth and carbon allocation in *Quercus robur*. Starch and sucrose. *Plant physiol. Biochem.* 32 (3), 331-339.

Alexandre et al.,(1998) Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, Technique et documentation Lavoisier (FNDAE N22), Paris, France ,1998 , p 125

Alaoui-Sossé , Ciele Parmentier, Pierre Dizengremel and Paul Barnola, (1994)- Rhythmic growth and carbon allocation in *Quercus robur*. Starch and sucrose. *Plant physiol. Biochem.* 32 (3), 331-339.

Andrews, and Pratt, (1978), The potential of cattails (*Typha spp*) as an energy source: Productivity in managed stands. *J . Minn. Acad. Sci.* 44 (D:5-8.

Assaad,(2014) Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux, Université de Lorraine, 2014, p 42-43.

Aubry, C. (2003). *Synthèse, analyse structurale et activité biologique d'analogues rigides d'un antagoniste de l'octadécaneuropeptide ODN* (Doctoral dissertation, Rouen).

B

Bagnouls, et Gaussen,(1957) , Les climats biologiques et leur classification ,In *Annales de géographie* (Vol,66,No,355 ,pp,193-220) Armand Colin

Belhadj,(2017) Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda, Université Mohamed Khider Biskra, 2017, p 8

Benkaddour,(2018) Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie), Université de Perpignan, 2018, p 9-21

Berland, Boutin,(2001) Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, Office des publications des communautés européennes, Luxembourg, 2001, p 25-26.

Bouassaba, K., & Chougui, S. (2018). Effet Du Stress Salin Sur Le Comportement Biochimique Et Anatomique Chez Deux Variétés De Piment (*Capsicum Annum L.*) À Mila/Algérie. *European Scientific Journal*, 14(15), 159-174.

Boyd, (1971), Further studies on productivity, nutrient and pigment relationships in *Typha latifolia* populations. *Bull. Torrey Bot. Club* 98: 144-150.

Brisson, J. (2014), Roseau commun : le Dr Jekyll et Mr Hyde du monde végétal 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 71 p.

Bürger, Wendland,(2001) Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments, *Journal of Engineering Mathematics*, 2001, p 101-116.

Références bibliographiques

C

Chennafi, et al (2018), Préservation de l'environnement par lagunage naturel de gestion des eaux usées

Chunyang , (2013), Differences in drought reponses of three contrasting Eucalyptus microtheca F. Muell.populations. Uni of Helsinki. Finland . Forest Ecology and Management. 379, p 377-385.

Couillard,(1992) Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement, Université du Québec (INRS-Eau), 1992, p 1-31

(CREPA) CENTRE RÉGIONAL POUR L'EAU POTABLE ET L'ASSAINISSEMENT À FAIBLE COÛT(2007),Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées- Protocole de détermination des paramètres physique-chimiques et bactériologiques, CREPA, 2007, pp 2 28

Crini, Crini,(2017), Eaux industrielles contaminées, Presses universitaires de Franche-Comté, 2017

D

Dalpé, Y. (2005). Les mycorhizes: un outil de protection des plantes mais non une panacée. *Phytoprotection*, 86(1), 53-59.

Dandurand, J. L., & Schott, J. (1980). Remarques sur les conditions d'application de la loi d'action de masse à la détermination des paramètres thermodynamiques des minéraux à basse température. *Bulletin de Minéralogie*, 103(3), 307-316.

Doumbia,(2017), Etude évolutive des dérives de l'azote sur l'eau du fleuve Niger au point de rejets liquides du Marigot de Magnabougou, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), 2017, p 16

Dugle, and Cops, (1972). Pollen characteristics of Manitoba cattails. *Can. Field Nat.* 86: 33-40.

Dugniolle,(1980), L'assainissement des eau résiduaires domestiques, CSTC, revue n°3,septembre

E

EL Omari, (2016). Matériaux lignocellulosiques fonctionnels à partir de plantes vivaces marocaines et de pâtes commerciales, thèse doctorat, université Cadi Ayyad et université Québec à Trois-Rivières, 191P.

Références bibliographiques

F

Fassett, (1957). A manual of aquatic plants. University of Wisconsin Press, Madison, Wisc. 405 pp.

Fernald, Kinsey, and Rollins' ,(1958). Edible wild plants of eastern North America. Harper and Row Publishers, New York. 452 pp.

Flipo et al,(2018) Les effets de la crue de juin 2016 sur la qualité de l'eau du bassin de la Seine, ARCEAU-IdF, 2018, p 66

Francis JK (2001). Wildland Shrubs of the United States and Its Territories: Thamnium Descriptions. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-26. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, and Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 1, 830 .

G

Guergueb,(2015), Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf), UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA, 2015, pp 17-

Gleason, and Cronquist, (1963) . Manual of vascular plants of Northeastern United Can. J. Plant Sci. Downloaded from cdnsciencepub.com by 197.116.221.42 on 05/28/22 For personal use only. States and adjacent Canada. D. van Nostrand. Princeton, New Jersey. 810 pp.

Grosclaude,(1999), L'eau tome 1 :Milieu naturel et maitrise et tome 2 :Usages et polluants, Versailles, Institut National de la recherche Agronomique.

H

Haidar,(2014), Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban: Approche hydrogéochimique, Université de Lorraine, 2014, pp 3- 72

Hayzoun,(2014), Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou, Ecole doctorale mer et sciences-Toulon(France), 2014, pp 27-4

Hassoune, Bouzidi, Koulali, Hadarbach,(2006), Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat, 2006, p 68

Hotchkiss, and Dozier, (1949), Taxonomy and distribution of North American cattails. Am. Midl. Nat. 41:237-254.

Références bibliographiques

I

Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE),(2005), Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: Cadre général, Observatoire des Données de l'Environnement, 2005, p 4

Ifen (2007), Les pesticides dans les eaux, Document technique, Institut Français de L' Environnement

K

Krazakowa , Kolodziejczak , Drapikowska , Jakubiak (2003). The variability of reed (*Phragmites australis* (CAV) TRIN. EX steud (POACEAE) populations expressed in morphological traits of panicles. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 72 (2), 157-160.

Köbbing, Thevs, Zerbe, (2013), The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires & Peat*, 13.

L

Laabassi,(2016), L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes, Thèse de doctorat, université Ferhat Abbas Sétif 1, 107

Lafrance, Lessard,(1992), Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement, Université du Québec (INRS-Eau), 1992, pp 1-31

Lindberg,(1997), Control and estimation strategies applied to the activated sludge process, thèse: Department of Materials Science Systems and Control Group, Uppsala University, Sweden, 1997, p 35

M

Mal TK, Narine (2004), The biology of Canadian weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *Can J Plant sci*. 365-396.

Marguery , (1992), Contribution à l'étude et à l'amélioration de la croissance du fruit chez le pommier (*Malus domestica* Dork. Cv Golden delicious). Thèse de doctorat. Université d'Amiens, 177p.

Martin, (1979), Le problème de l'azote dans les eaux. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.

Martens LK (1999), The plant food component of the diet at the late Mesolithic (Ertebolle) settlement at Tybrind Vig, Denmark. *Veget Hist Archaeobot*. 8, 117-127.

Références bibliographiques

Martin, A. C., Erickson, R. C. and Steenis' J. H. (1957), Improving duck marshes by weed control. Circular 19. Fish and Wildlife Service, U. S. Dept. of Interior, Washington, D. C. 60 pp.

Mekhalif,(2009), Réutilisation Des Eaux Résiduaire Industrielle Épurée Comme Eau D'appoint Dans Un Circuit De Refroidissement, Mémoire de Magister en Chimie Option : Pollution Chimique et Environnement, Université du 20 Août 1955, SKIKDA Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales, 2009, pp 3-23

Metahri, (2012), Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi

Mimeche, (2014), Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejets urbains par les filtres plantés en milieu aride -Application à la région de Biskra, thèse doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, 164.

Morozov, and Torpishcheva,(1977), Microorganisms that oxidize petroleum and petroleum products in the presence of higher aquatic plants. Hydrobiol' J. 9:54-59.

O

OMS,(2000), Directives de qualité pour l'eau de boisson, 2e édition, 2000, pp 4-279.

ONA ,(2014), Manuel d'exploitation de la station de lagunage naturel de la ville de Boughrara.

Q

Quezel, Santa,(1963), Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).

Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

P

Pasquini et al,(2011), Polluants émergents issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines. Le cas des composés perfluorés, Research Gate, 2011, p 26

Pratt, Bonnewell, Andrews, and Kim, (1980), The potential of cattails as an energy source: Report to the Minnesota Energy Agency. Bio-Energy Coordinating Office, University of Minnesota, St. Paul, Minn. 147 pp.

R

Ramey,(1981), Typha - not just another weed. Aquaphyte. Newsletter of the IPPC Aquatic Weed Program of the University of Florida. 1(1):1-2.

Redfield,(1958), The biological control of chemical factors in the environment, American scientist,46(3), 230A-221

Références bibliographiques

Rejsek,2002, Analyse des eaux, Aspects Réglementaire et Technique, Edition SCEBEM, p 360 ,remova l'usingaerobic activated sludge bath systems added with powdered activated carbon, Wat, SA, 33,pp 239-244

Rodier et al, (2005), L'analyse de l'eau: eaux naturelles , eau résiduaires, eau de mer,8ème Edition, Dunod, Paris

S

Salghi,(2006), Différentes filières de traitements des eaux. Cours, Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC, 2006, p 9

Sante Canada,(2015), Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015, p 5

Sellal, (2018), Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de Phragmites australis (roseau) (Doctoral dissertation).

Staba,(1973), Alleviation of lake pollution by utilization of aquatic plants for nutritional, medicinal or industrial purposes. University of Minnesota Water Resources Center. Minneaoolis. Minn. 30 pp.

T

Troll, W., & Lindsley, J. (1955). A photometric method for the determination of proline. *Journal of biological chemistry*, 215(2), 655-660.

Turner, (1981), A gift for the taking: The untapped potential of some food plants of North American Native Peoples. *Can. J. Bot.* 59: 233r-2357

V

Vymazal ,švehla , Kro pfelova , Chrastny (2007), Trace metals in Phragmites australis and Phalaris arundinacea growing in constructed and natural wetlands. *Sci. Total Environ.* 380, 154-162.

W

Wendland,(2001), Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments, *Journal of Engineering Mathematics*, 2001, p p101-116.

Annexes

Annexes

Tableau 05 : Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de printemps

Effect	Univariate Tests of Significance for proline print Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85,67752	1	85,67752	3181,367	0,000000
t pollution	1,28058	2	0,64029	23,775	0,000001
plante	1,81748	1	1,81748	67,487	0,000000
organe	0,34851	2	0,17426	6,470	0,004898
t pollution*plante	0,06749	2	0,03374	1,253	0,301192
t pollution*organe	0,78300	4	0,19575	7,269	0,000380
plante*organe	0,22229	2	0,11114	4,127	0,026868
t pollution*plante*organe	0,24749	4	0,06187	2,297	0,083860
Error	0,75407	28	0,02693		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Tableau 06 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en printemps selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable proline print Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02693, df = 28,000				
Cell No.	t pollution	proline print Mean	1	2
3	3	1,140222		****
2	2	1,544195	****	
1	1	1,611632	****	

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Tableau 07 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes de la proline en printemps dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable proline print Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02693, df = 28,000				
Cell No.	organe	proline print Mean	1	2
1	1	1,313424	****	
2	2	1,412507	****	
3	3	1,579382		****

1 = feuilles , 2 = tiges , 3 = racines

Tableau 08 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour la proline en printemps

Tukey HSD test; variable proline print Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02693, df = 28,000				
Cell No.	plante	proline print Mean	1	2
1	1	1,243132	****	
2	2	1,664598		****

1= roseau 2= massette

Tableau 09 : Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de printemps

Univariate Tests of Significance for sucre print Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Effect					
Intercept	2,085528	1	2,085528	98,42773	0,000000
t pollution	0,018638	2	0,009319	0,43982	0,648529
plante	0,252618	1	0,252618	11,92245	0,001782
organe	0,097731	2	0,048865	2,30623	0,118261
t pollution*plante	0,083322	2	0,041661	1,96621	0,158843
t pollution*organe	0,063178	4	0,015795	0,74543	0,569267
plante*organe	0,064899	2	0,032450	1,53148	0,233784
t pollution*plante*organe	0,086138	4	0,021535	1,01634	0,415878
Error	0,593276	28	0,021188		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Tableau 10 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en printemps selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable sucre print (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02119, df = 28,000			
Cell No.	t pollution	sucre print Mean	1
1	1	0,202961	****
2	2	0,207711	****
3	3	0,278247	****

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Annexes

Tableau 11 : Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en printemps dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable sucre print (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02119, df = 28,000				
Cell No.	organe	sucre print Mean	1	2
2	2	0,168628	****	
1	1	0,216628	****	****
3	3	0,301961		****

1 = feuilles, 2 = tiges , 3 = racines

Tableau 12 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en printemps

Tukey HSD test; variable sucre print (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02119, df = 28,000				
Cell No.	plante	sucre print Mean	1	2
2	2	0,141916	****	
1	1	0,306003		****

1= roseau ; 2= massette

Tableau 13 : Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de l'hiver

Univariate Tests of Significance for proline H (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31,90274	1	31,90274	1076,976	0,000000
t pollution	16,46822	2	8,23411	277,968	0,000000
plante	0,00966	1	0,00966	0,326	0,572480
organe	1,89462	2	0,94731	31,979	0,000000
t pollution*plante	0,18013	2	0,09006	3,040	0,063840
t pollution*organe	0,64743	4	0,16186	5,464	0,002217
plante*organe	0,01970	2	0,00985	0,333	0,719879
t pollution*plante*organe	0,09113	4	0,02278	0,769	0,554430
Error	0,82943	28	0,02962		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Annexes

Tableau 14 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en Hiver selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable proline H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02962, df = 28,000				
Cell No.	t pollution	proline H Mean	1	2
1	1	0,393382	****	
2	2	0,474507	****	
3	3	1,765436		****

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Tableau 15 : Test Tukey HSD de comparaison des moyennes de la proline en Hiver dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable proline H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02962, df = 28,000				
Cell No.	organe	proline H Mean	1	2
2	2	0,689563	****	
1	1	0,754091	****	
3	3	1,071320		****

1 = feuilles, 2 = tiges , 3 = racines

Tableau 16 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes pour la proline en Hiver entre roseau et massette

Tukey HSD test; variable proline H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02962, df = 28,000				
Cell No.	plante	proline H Mean	1	2
2	2	0,771644	****	
1	1	0,901091		****

1= roseau, 2 = massette

Annexes

Tableau 17 : Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de l'hiver

Effect	Univariate Tests of Significance for sucre H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,734545	1	4,734545	606,2449	0,000000
t pollution	0,961354	2	0,480677	61,5493	0,000000
plante	0,152280	1	0,152280	19,4990	0,000137
organe	0,213038	2	0,106519	13,6395	0,000073
t pollution*plante	0,329005	2	0,164502	21,0641	0,000003
t pollution*organe	0,731889	4	0,182972	23,4291	0,000000
plante*organe	0,122880	2	0,061440	7,8672	0,001944
t pollution*plante*organe	0,341072	4	0,085268	10,9183	0,000018
Error	0,218670	28	0,007810		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Tableau 18 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en Hiver selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable sucre H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00781, df = 28,000				
Cell No.	t pollution	sucre H Mean	1	2
2	2	0,202523	****	
1	1	0,234648	****	
3	3	0,571318		****

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Tableau 19 : Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en Hiver dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable sucre H (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00781, df = 28,000				
Cell No.	organe	sucre H Mean	1	2
2	2	0,240294		****
3	3	0,371586	****	
1	1	0,393544	****	

1 = feuilles, 2 = tiges , 3 = racines

Annexes

Tableau 20 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en Hiver

Tukey HSD test; variable sucre H (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00781, df = 28,000				
	plante	sucre H Mean	1	2
Cell No.				
2	2	0,261325	****	
1	1	0,385169		****

1= roseau ; 2= massette

Tableau 21 : Etude ANOVA pour la proline dans les plantes massette et roseau en période de l'automne

Univariate Tests of Significance for SUCRE A (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Effect					
Intercept	35,40740	1	35,40740	793,7744	0,000000
t pollution	0,57468	2	0,28734	6,4417	0,004995
plante	4,88479	1	4,88479	109,5088	0,000000
organe	2,21123	2	1,10562	24,7861	0,000001
t pollution*plante	0,09128	2	0,04564	1,0232	0,372509
t pollution*organe	0,34976	4	0,08744	1,9603	0,128145
plante*organe	0,13516	2	0,06758	1,5151	0,237268
t pollution*plante*organe	0,47569	4	0,11892	2,6661	0,053045
Error	1,24898	28	0,04461		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Tableau 22 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes de la proline en automne

selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable proline A (stqt KARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02109, df = 28,000			
	t pollution	proline A Mean	1
Cell No.			
1	1	1,603132	****
2	2	1,631820	****
3	3	1,713222	****

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Annexes

Tableau 23 : Test Tukey HSD de comparaison des moyennes de la proline en automne dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable proline A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02109, df = 28,000				
Cell No.	organe	proline A Mean	1	2
3	3	1,559820	****	
2	2	1,635507	****	
1	1	1,779007		****

Tableau 24 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour la proline en automne

Tukey HSD test; variable proline A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02109, df = 28,000				
Cell No.	plante	proline A Mean	1	2
2	2	1,514280	****	
1	1	1,767924		****

1= roseau, 2 = massette

Tableau 25 : Etude ANOVA pour les sucres dans les plantes massette et roseau en période de l'automne

Univariate Tests of Significance for SUCRE A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	35,40740	1	35,40740	793,7744	0,000000
t pollution	0,57468	2	0,28734	6,4417	0,004995
plante	4,88479	1	4,88479	109,5088	0,000000
organe	2,21123	2	1,10562	24,7861	0,000001
t pollution*plante	0,09128	2	0,04564	1,0232	0,372509
t pollution*organe	0,34976	4	0,08744	1,9603	0,128145
plante*organe	0,13516	2	0,06758	1,5151	0,237268
t pollution*plante*organe	0,47569	4	0,11892	2,6661	0,053045
Error	1,24898	28	0,04461		

t pollution (lieu de pollution cad entrée , sortie , et témoin)

Annexes

Tableau 26 : Test Tukey HSD pour la comparaison des moyennes des sucres en automne selon le lieu (Entrée , sortie , témoin)

Tukey HSD test; variable SUCRE A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04461, df = 28,000				
Cell No.	t pollution	SUCRE A Mean	1	2
1	1	0,741086		****
2	2	0,966395	****	
3	3	0,994961	****	

1 = entrée des eaux usées, 2 = sortie des eaux , 3 = témoin (oued)

Tableau 27 : Test Tukey HSD de comparaison des moyennes des sucres en automne dans les différentes parties des deux plantes

Tukey HSD test; variable SUCRE A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04461, df = 28,000				
Cell No.	organe	SUCRE A Mean	1	2
2	2	0,610124		****
1	1	1,068461	****	
3	3	1,090336	****	

1 = feuilles, 2 = tiges , 3 = racines

Tableau 28 : Test Tukey HSD de la comparaison des moyennes entre roseau et massette pour les sucres en automne

Tukey HSD test; variable SUCRE A (stqt kARIMA et chAiMA 2022) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04461, df = 28,000				
Cell No.	plante	SUCRE A Mean	1	2
2	2	0,534370	****	
1	1	1,228875		****

1= roseau, 2 = massette

Dosages des paramètres :

Gamme d'étalonnage du proline:

20 g de proline + 100 ml de méthanol à 40% → solution mère 1

prélever 10 ml de la solution mère 1 et compléter à 100 ml avec du méthanol 40% → solution mère 2.

on prélève de 1 jusqu'à 10 ml de la solution mère 2 et on complète jusqu'à 10 ml avec du méthanol à 40% pour avoir les c % suivantes :

0.002, 0.004, 0.006, 0.008, 0.01, 0.012, 0.014, 0.016, 0.018, 0.02 mg de proline /

1ml de solution.

c-à-d 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20 microgramme de proline / ml de la solution.

- lecture la densité optique à 528nm avec témoin méthanol 40% .

Gamme d'étalonnage du sucre :

- solution mère 1 → 50 mg de glucose + 100ml d'éthanol à la concentration 80%.
- solution mère 2 → 10ml de la solution mère 1 on complète à 100ml avec éthanol 80%.
- On prélève de 1 → 10ml de la solution mère 2 dans les tubes à essais et on complète à 10 ml avec l'éthanol 80% pour obtenir les concentrations suivantes : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 microgramme de glucose / ml de la solution.

- 1

méthanol 99% → méthanol à 40% → 155,68 ml l'eau distillée + 100 ml de méthanol.

lecture l'absorption optique 496nm avec Témoin c-à-d éthanol 80%.

éthanol 96% → éthanol à 80% → 100ml l'eau distillée + 22.45 éthanol.

